

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN.

El cambio climático es uno de los mayores desafíos ambientales, sociales y económicos de nuestra época. Sus efectos se manifiestan en la intensificación de eventos extremos como inundaciones, sequías, heladas y granizadas, afectando de manera directa los recursos hídricos y, por ende, los sistemas de abastecimiento de agua potable. Estas alteraciones representan una amenaza significativa para la población beneficiaria que dependen de estos sistemas.

La cuenca del río La Victoria no solo enfrenta riesgos derivados de las variaciones climáticas, sino también una creciente vulnerabilidad debido al deterioro de la infraestructura hídrica, la limitada capacidad de adaptación de las comunidades locales, y la falta de estrategias efectivas para la gestión del agua. En particular, el sistema de agua potable de la región se encuentra expuesto a interrupciones que ponen en riesgo el acceso a este recurso esencial, comprometiendo la seguridad hídrica y el bienestar de la población.

Frente a esta problemática, la presente investigación tiene como objetivo proponer medidas de adaptación al cambio climático que reduzcan la vulnerabilidad y mejoren la resiliencia del sistema de agua potable que abastece a la ciudad de Tarija ubicada en la cuenca del río La Victoria. Para ello, se aplicará la metodología ARI (Análisis de Resiliencia en Inversiones), la cual permitirá identificar y analizar los principales factores de riesgo, evaluar la sensibilidad y capacidad adaptativa de los componentes del sistema de agua potable en relación a los fenómenos climáticos presentes en la cuenca, y diseñar estrategias sostenibles que fortalezcan la gestión hídrica frente a escenarios futuros estableciendo su viabilidad mediante un análisis de beneficio-costos de las medidas propuestas que permita establecer la más viable para su implementación.

Este trabajo busca no solo contribuir al conocimiento técnico y científico sobre la adaptación al cambio climático en contextos locales, sino también brindar herramientas prácticas que puedan ser implementadas por las autoridades locales, entidades privadas y las comunidades, promoviendo un manejo integrado y participativo del recurso hídrico. La investigación se enmarca en la urgente necesidad de adoptar medidas proactivas que mitiguen los impactos

del cambio climático y aseguren el acceso sostenible al agua potable para las generaciones presentes y futuras.

1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El impacto del cambio climático se hace evidente generando impactos significativos en los sistemas hídricos a nivel mundial y por tanto Bolivia no está exento de esto, especialmente en regiones vulnerables como el departamento de Tarija. Donde la cuenca del río La Victoria, una fuente principal de agua potable para la ciudad de Tarija, enfrenta una creciente presión debido a la intensificación de fenómenos climáticos extremos: inundaciones, sequías, incendios, heladas y granizadas. Estos eventos no solo alteran la disponibilidad y calidad del agua, sino que también afectan la infraestructura hídrica, aumentando el riesgo de interrupciones en el suministro.

A esta situación se suma la limitada capacidad adaptativa de las comunidades y las instituciones responsables de la gestión del recurso hídrico. La insuficiencia de planes de manejo, el deterioro de la infraestructura existente y la falta de recursos financieros y técnicos agravan la vulnerabilidad de este sistema y por tanto agravan la vulnerabilidad de la población beneficiaria del agua potable.

Pese a la gravedad del problema, las medidas de mitigación y adaptación implementadas en la región han sido escasas y poco efectivas. Ya que, los proyectos aprobados por varias instituciones ejecutoras tienen un vacío significativo en temas de incorporar la Gestión de Riesgos de Desastre y Adaptación al Cambio Climático en infraestructuras de agua y saneamiento básico, por lo cual, no todos llegan a ser proyectos Resilientes.

En este contexto, es indispensable identificar y evaluar las amenazas, vulnerabilidades y riesgos que afectan al sistema de agua potable que abastece agua a la ciudad de Tarija, con el fin de proponer estrategias de adaptación al cambio climático viables y sostenibles. Ya que sin una acción oportuna la población beneficiaria dependiente de este sistema se ve comprometido a seguir enfrentando inseguridad hídrica y complicaciones negativas en la calidad de vida y salud.

Es de esa manera que se identifica el problema central de esta investigación y se define como la vulnerabilidad del sistema de agua potable de la cuenca del río La Victoria frente al cambio climático, y la necesidad urgente de implementar medidas adaptativas que reduzcan los riesgos y fortalezcan la resiliencia del sistema.

1.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático pueden implementarse en el sistema de agua potable de la ciudad de Tarija, y cómo puede contribuir la metodología ARI en su implementación?

1.2.3 SISTEMACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cuáles son las principales amenazas climáticas que afectan al sistema de agua potable del río La Victoria?

¿Qué amenazas, vulnerabilidades y riesgos pueden ser identificados espacialmente en la cuenca mediante el uso de herramientas SIG?

¿Qué nivel de riesgo presenta cada componente del sistema de agua potable, y cómo influye esto en la selección de medidas de adaptación y mitigación?

¿Qué eficacia tendrían las medidas propuestas en distintos escenarios de riesgo actual y futuro, y cuáles son las más adecuadas para aumentar la resiliencia del sistema?

¿Qué componentes del sistema presentan mayor nivel de riesgo y requieren intervención prioritaria, considerando la recurrencia de las amenazas?

¿Qué medidas de adaptación y mitigación ofrecen un mejor balance costo-beneficio para garantizar la resiliencia del sistema de agua potable?

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 OBJETIVO GENERAL.

Elaborar una propuesta de implementación de medidas de adaptación y mitigación de riesgos frente al cambio climático para el sistema de agua potable de la ciudad de Tarija ubicada en la cuenca del río La Victoria, aplicando la metodología de “Análisis de Resiliencia en Inversiones” (ARI).

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Analizar los niveles de vulnerabilidad a la variabilidad del clima y los efectos del cambio climático en la cuenca del río La Victoria que permita la identificación de las principales amenazas y las capacidades del entorno.
- Crear escenarios de mapas de amenazas, vulnerabilidades y riesgos en la cuenca del río La Victoria con uso de herramientas de sistemas de Información geográfica SIG.
- Identificar el nivel de riesgo en cada componente del proyecto que permita seleccionar las medidas a implementar más favorables para elevar el nivel de resiliencia.
- Analizar la eficacia de las medidas implementadas mediante la construcción de escenarios de riesgo actual y futuro, para identificar las mejores medidas que requiere el proyecto para ser resiliente.
- Priorizar las intervenciones identificando aquellos componentes con mayor nivel de riesgo, considerando la recurrencia de las amenazas.
- Identificar las medidas que hacen resiliente al sistema para establecer el beneficio-costado más viable para la implementación.

1.4 JUSTIFICACIÓN.

1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.

La ciudad de Tarija y su entorno rural, dependen principalmente de la cuenca del río La Victoria, en virtud de que se constituye en la principal fuente de agua para los habitantes de

la ciudad de Tarija. De las 46.090 conexiones existentes en la época húmeda abastece el 70% de la demanda mientras que en la época de estiaje lo hace en un 30%.

La cuenca del río La Victoria es un sistema que se encuentra altamente expuesto a cambios en los patrones de precipitación y a eventos climáticos extremos, lo que pone en peligro tanto los ecosistemas locales como los servicios hídricos que dependen de ellos, principalmente el sistema de agua potable que abastece a la ciudad de Tarija. La identificación junto una planificación adecuada para la implementación de medidas de adaptación específicos pueden mitigar y ayudar a sobrellevar estos desafíos.

1.4.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.

La metodología que se empleará para este estudio está basado en el “Manual para la toma de decisiones en proyectos de agua potable y saneamiento básico con infraestructura resiliente (ARI)” aprobado por el MMyA con resolución ministerial N°592/2018, el cual aporta con el análisis de Reducción de riesgos de desastres (RRD) y Adaptación al Cambio Climático (ACC) al desarrollo de los Informe técnico de Condiciones Previas (ITCP), a la formulación de los Terminos de Referencia (TdR) y al Estudio de Diseño Técnico de Preinversión (EDTP) en el diseño y planificación de los proyectos de infraestructura de agua potable y saneamiento.

En este contexto, al aplicar esta metodología, la investigación contribuye no solo a resolver un problema concreto en el sistema de agua potable que se encuentra en el río La Victoria, sino también a generar un modelo replicable de análisis y planificación que puede ser utilizado por gestores de recursos hídricos, tomadores de decisiones y comunidades para enfrentar los retos del cambio climático en otras regiones con problemas similares. En vista que su uso es obligatorio en la planificación de proyectos públicos.

1.4.3 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.

Los resultados de este trabajo ofrecerán herramientas y estrategias para mejorar la resiliencia del sistema de agua potable de la ciudad de Tarija, que se ubica en la cuenca del río La Victoria. Estas medidas podrán ser utilizadas por autoridades locales, gestores de recursos hídricos y comunidades para enfrentar los desafíos del cambio climático, promoviendo una

gestión eficiente y sostenible del agua. Por lo que no solo buscará responder a una problemática urgente, sino también aportará soluciones que beneficien a las generaciones presentes y futuras.

1.5 LIMITACIÓN DEL ESTUDIO.

Considerando que este trabajo se está realizando con énfasis en el sistema de agua potable existente en la comunidad del rincón de la Victoria que se constituye la fuente de abastecimiento de agua hacia la ciudad de Tarija, su área de estudio de los componentes del sistema de agua potable estará comprendido dentro del área perimetral de la cuenca del río La Victoria no logrando sobrepasar al área urbana de la ciudad ni tampoco a otras fuentes de abastecimiento de agua. Esto a razón de que todo el análisis climatológico de eventos extremos se realizará a nivel de la cuenca del río La Victoria, por lo que los componentes pertenecientes al sistema de agua potable que atraviesen el límite de la cuenca, no estará comprendido en este estudio.

Es importante señalar que parte de la información requerida se obtendrá de estudios realizados a nivel de cuenca que incluyan a La Victoria como microcuenca, como es el caso de la cuenca del río Guadalquivir. Esto se debe a la falta de datos específicos disponibles para ciertos análisis dentro del área de estudio.

CAPITULO II: MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO TEÓRICO.

2.1.1 ANTECEDENTES.

El agua, considerada por todos como elemento básico para la vida, puede terminar siendo una de las principales limitaciones y preocupaciones después de un desastre. La disponibilidad de agua en cantidad y calidad suficiente es crítica en las etapas inmediatas a la ocurrencia de un evento adverso para brindar atención a los enfermos, el consumo humano y el mantenimiento de las condiciones mínimas de higiene, apoyo a las labores de búsqueda y rescate, y la reactivación de las actividades productivas y comerciales.

Este elemento vital es un derecho humano básico que supone una responsabilidad que va más allá de la protección a las inversiones y es sobre todo una responsabilidad de salud pública y ética. (Domínguez, 2013).

Cada año, más de 200 millones de personas son afectadas por sequías, inundaciones, tormentas tropicales, terremotos, incendios forestales y otras amenazas. Los últimos años nos han demostrado que las amenazas naturales pueden afectar a cualquiera y en cualquier lugar. Desde el tsunami en el Océano Índico al terremoto en el sur de Asia, desde la devastación causada por los huracanes y ciclones en los Estados Unidos, el Caribe y el Pacífico, a las intensas lluvias a lo largo de Europa y Asia, cientos de miles de personas han perdido sus vidas y millones sus medios de trabajo, a causa de desastres desencadenados por amenazas naturales. El impacto de eventos de magnitudes catastróficas sobre la economía y el desarrollo ha sido evidente, en particular para los países en desarrollo. En especial sobre los sistemas de agua y saneamiento, dicho impacto ha ocasionado, solo en América Latina y el Caribe, daños por casi 650 millones de dólares en el período entre 1994 y 2003. (UNICEF et al., 2006)

2.1.2 CAMBIO CLIMÁTICO.

El cambio climático, según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático-IPCC, se refiere a un cambio sustantivo en los patrones y parámetros del clima como resultado de

variaciones en factores naturales y la influencia humana, específicamente a través de la emisión de gases de efecto invernadero, tales como dióxido de carbono y metano, el efecto de la isla de calor urbano, cambios en los patrones rurales de uso del suelo y la deforestación. Para la convención de las NNUU sobre el Cambio Climático, este cambio se refiere solamente a los cambios inducidos por la intervención humana, sin tomar en cuenta los factores naturales (Lavell, 2011).

El crecimiento exponencial de la población y los niveles de consumo por persona va en constante incremento a nivel global, conllevando a una modificación de la superficie del planeta. La raíz del consumo excesivo por el desarrollo de la tecnología, se fueron generando de manera desmedida gases de efecto invernadero (GEI). Esto afectó en el calentamiento acelerado del planeta, muchos expertos afirman que si no se realiza algún cambio aumentara la temperatura afectando en gran medida nuestro planeta.

El Grupo Intergubernamental de Expertos del Cambio Climático (IPCC), señala que existirá una creciente frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos extremos en los últimos cincuenta años junto con temperaturas altas, olas de calor y precipitaciones, amenazando a la humanidad.

Por lo que este Plantel internacional define medidas de mitigación como tecnologías, procesos o prácticas que contribuyen a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Algunas medidas de mitigación que se pueden aplicar para la vida en las cuencas son: Implementación de sistemas de riego sustentables (Ej. riego por goteo), reuso de agua, implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales, uso de productos amigables con el medio ambiente en las prácticas agrícolas, implementación de sistemas de gestión para el tratamiento de residuos sólidos (compostaje) uso de energías renovables, etc.

El cambio climático en las cuencas se puede evidenciar en la falta de agua y las sequías en la estación seca por el incremento de temperatura, así como también en las lluvias con mayor intensidad y en menor cantidad de tiempo, acompañadas de grandes temporales con vientos, granizadas provocando riadas e inundaciones de gran magnitud.

2.1.2.1 ESCENARIOS CLIMÁTICOS

En general un escenario, es una aproximación creíble del futuro, basada en un conjunto de supuestos sobre las fuerzas motrices y sobre las relaciones más importantes. Cabe destacar, que estas no son predicciones ni pronósticos, pero son muy útiles para conocer el panorama de las consecuencias de la evolución de distintas situaciones y medidas.

Una vez entendido el concepto de escenario, se puede elaborar escenarios de emisiones, que son supuestos de la evolución en la emisión de sustancias que podrían ser radiactivamente activas, introduciéndolas en un modelo climático para obtener proyecciones climáticas. (Gobierno de Aragón, 2011)

Los escenarios climáticos son representaciones plausibles y simplificadas del clima futuro, basada en un conjunto de relaciones climatológicas coherentes con el objetivo de investigar posibles consecuencias del cambio climático antropógeno y que estas puedan introducirse como datos entrantes en los modelos de impacto. Un escenario de cambio climático es la diferencia entre un escenario climático y el clima actual. (Ver Figura 2.1)

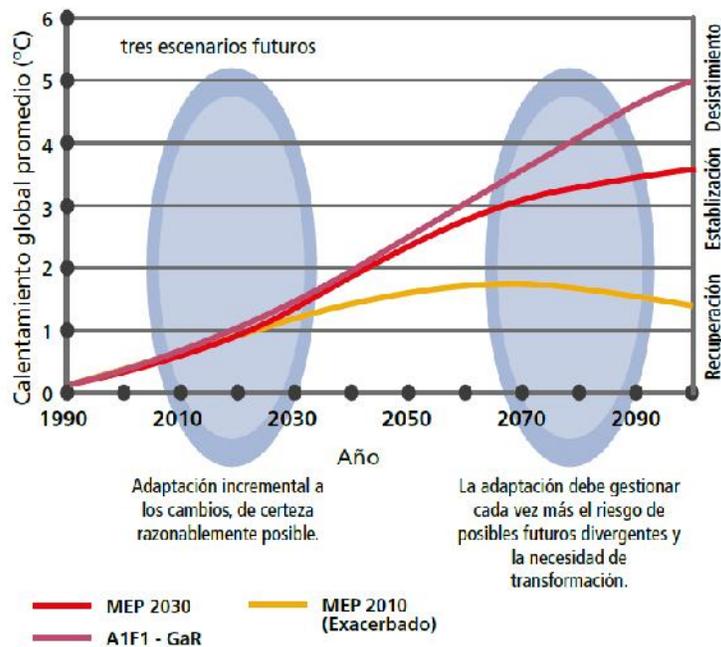


Figura 2.1 Gestión del RDD desde diversos futuros escenarios posibles

Fuente: CIIFEN, 2022

2.1.2.1.1 INCREMENTO DE TEMPERATURA.

El incremento de la temperatura es uno de los cambios más notorios y fácilmente perceptibles por la población mundial, este calentamiento tiene mayor intensidad en la zona Ártica y su incremento es constante, los últimos años este aumento de temperatura se vio acelerado por la contaminación.

La temperatura media global aumentaba 0.76 °C en 1850, pero entre los años 1995 - 2006 hubo un incremento considerable de forma lineal que fue de 0.13 °C/10 años, este aumento continuara de forma anual (Ver Figura N° 2.2). Por otra parte, en el Ártico llego a tener un incremento de hasta 5 °C forzando aun descongelamiento adelantado de estos cuerpos de hielo y subiendo el nivel del agua (ONU, 2021).

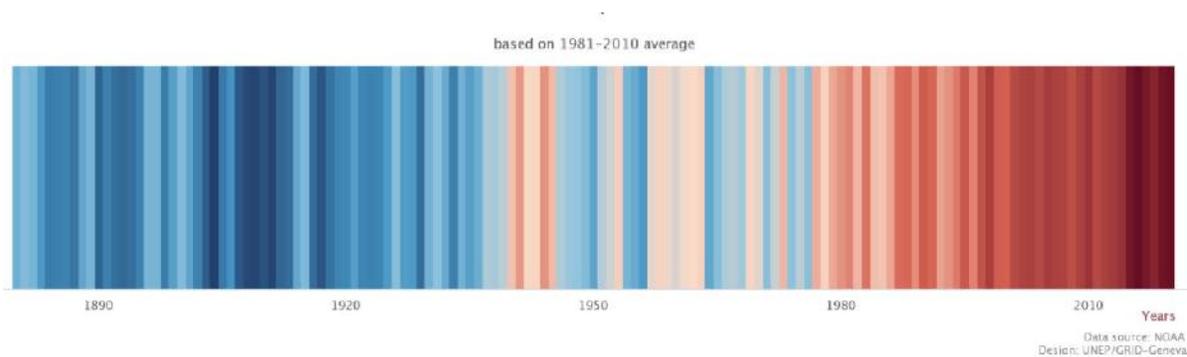


Figura 2.2 Incremento anual de la temperatura a nivel Global

Fuente: ONU, 2021

2.1.2.2 ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

La Adaptación al Cambio Climático, se entiende como el “Ajuste en los sistemas naturales y humanos, como respuesta a los estímulos climáticos reales o previstos o a sus efectos, que mitigan daños o se aprovechan de oportunidades beneficiosas” (Lavell, 2011).

El cambio climático es un hecho y en consecuencia la Adaptación de los sistemas humanos y naturales (ecosistemas), es un proceso que implica una necesidad vital.

2.1.3 DESARROLLO SOSTENIBLE.

El desarrollo sostenible se define como la capacidad de una sociedad para satisfacer sus necesidades básicas de manera eficiente, haciendo uso de los recursos del planeta sin causar

perjuicios al ecosistema ni comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

El concepto de desarrollo sostenible surge como resultado de una creciente preocupación a nivel internacional por la estrecha relación entre el desarrollo económico y social y sus impactos a largo plazo en el medio ambiente. Este enfoque ha generado una mayor conciencia global acerca de cómo las actividades económicas y el desarrollo humano tienen un impacto directo en el entorno ambiental.

En 1987, se publicó un informe fundamental que destacó varios puntos clave sobre el desarrollo sostenible. Este informe advirtió que los modelos económicos predominantes a nivel mundial estaban llevando a una inevitable escasez de recursos naturales, lo que a su vez estaba contribuyendo a la degradación ambiental y, de manera indirecta, a un aumento de la pobreza.

Además, se reconoció que el crecimiento demográfico está estrechamente vinculado a la disponibilidad de recursos naturales, como alimentos, energía, agua, infraestructura y viviendas habitables. Es importante destacar que la disponibilidad de recursos naturales en los países puede imponer limitaciones al crecimiento económico, sin tener en cuenta si estos recursos son renovables o no renovables.

En este contexto, el Estado desempeña un papel fundamental como regulador y promotor de la concienciación sobre el uso de los recursos naturales. El Estado tiene la responsabilidad de implementar políticas y regulaciones que reduzcan las emisiones de residuos y fomenten el reusó de recursos. Por lo tanto, es evidente que el Estado desempeña un rol crucial en la protección del medio ambiente y en la promoción de prácticas más sostenibles a través del uso de tecnologías más eficientes en la gestión de los recursos naturales (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) Bolivia, 2022).

2.1.4 COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO.

2.1.4.1 CICLO HIDROLÓGICO.

El ciclo hidrológico se define como el conjunto de procesos físicos que rigen el movimiento del agua entre la biosfera, la atmósfera, la litosfera y la hidrosfera, involucrando cambios en el estado del agua, que pasa de líquido a vapor y sólido. (Humanidad sostenible, 2010)

El agua llega a la atmósfera a través de la evaporación desde cuerpos de agua extensos o por la evapotranspiración, que es causada por la transpiración de plantas y animales, aunque esta última contribuye en menor medida. También, parte del agua alcanza la atmósfera mediante la sublimación, donde el agua sólida se convierte directamente en vapor de agua. Una vez en forma de vapor, el agua asciende y, debido a las variaciones de temperatura en las corrientes de aire, se condensa para formar nubes. (Ver Figura N° 2.3)

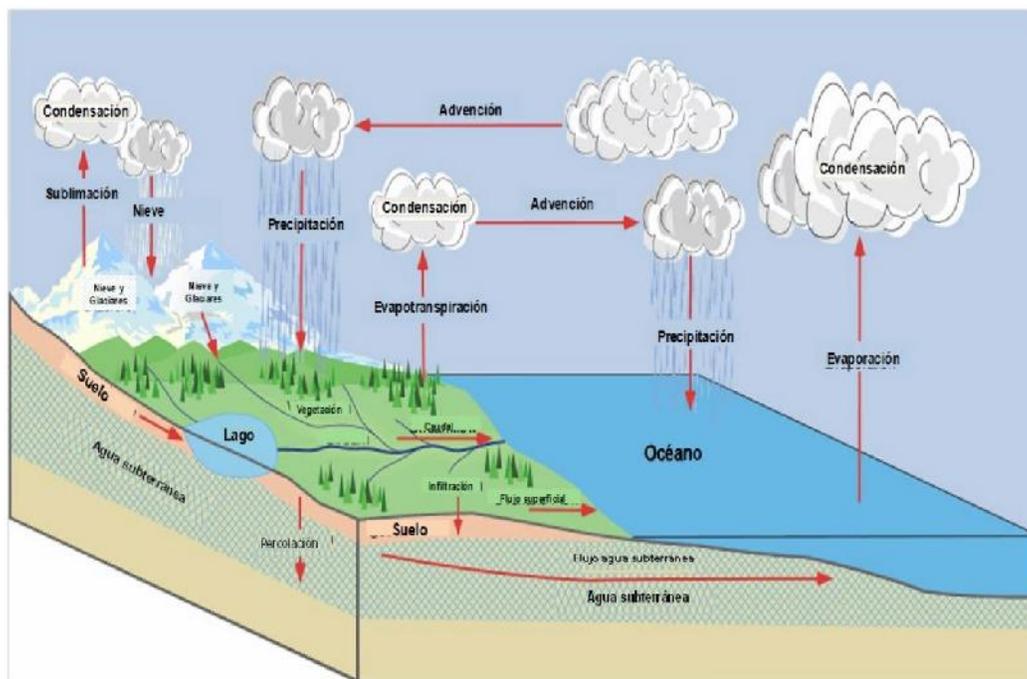


Figura 2.3 Ciclo Hidrológico

Fuente: Humanidad sostenible, 2010

La precipitación se refiere a la caída de agua desde la atmósfera hasta la superficie terrestre. La temperatura en las corrientes de aire determina si la precipitación se presenta en forma líquida o sólida. Hay que destacar que la precipitación no necesariamente ocurre en el mismo

lugar donde se originaron las nubes, ya que estas pueden ser transportadas por corrientes de aire y llegar a lugares distantes.

Una vez que la precipitación alcanza la superficie terrestre, sigue distintos caminos. Una parte de ella regresa a la atmósfera mediante la evaporación. Otra fracción es interceptada por la vegetación y luego se evapora. La parte que llega directamente al suelo se infiltra, formando cuerpos de agua subterránea o recargando el nivel freático. (Humanidad sostenible, 2010)

Cuando el suelo está completamente saturado, el exceso de agua se convierte en escorrentía superficial, dando origen a corrientes de agua en la superficie y, en su trayecto, esta escorrentía superficial puede desembocar en cuerpos de agua como lagos y océanos. Por otro lado, la escorrentía subterránea se desplaza hacia cuerpos de agua a un ritmo más lento debido a la velocidad de infiltración en el suelo.

2.1.4.2 CUENCA HIDROGRÁFICA

Las cuencas hidrográficas son depresiones en el terreno rodeadas por terrenos altos, donde el agua converge en los terrenos más bajos provenientes de las precipitaciones de la cuenca (Briceño, 2018), estas cuencas son un drenaje natural del agua, los cuales desembocan en un cuerpo de agua como ser ríos, lagunas, océanos o mares.

La precipitación que ocurre en estas cuencas puede evaporarse, infiltrarse en el terreno o circular pendiente abajo debido a los terrenos, creando corrientes de agua permanente, alimentados por corrientes superficiales y subterráneos.

Las cuencas son de gran importancia en la vida del ser humano y las actividades que desarrolla para sobrevivir, ya que por medio de ellas logran la captación de agua debido a la precipitación logrando almacenar el agua y en diferentes cantidades dependiendo del año, mantiene la humedad de los suelos, permite la posibilidad de evaluar proyectos hidroeléctricos de agua potable, riego y navegación aparte de esto aporta un hábitat adecuado para la flora y la fauna, provee agua necesaria para lavar suelos y tierras salinas (Departamento General de Irrigación, 2021).

Por lo que, se deben preservar las cuencas hidrográficas, ya que con el paso de los años el agua se está volviendo un recurso natural extremadamente valioso, estas cuencas se enfrentan a extremas cantidades de contaminación y sobreexplotación. Por otro lado, las construcciones sobre estas cuencas afectan el funcionamiento natural de estas, dando lugar a una solución de delimitar nuevas áreas protegidas para mantener el caudal ecológico.

2.1.4.2.1 PARTES DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Las cuencas hidrográficas, son evaluadas por los siguientes criterios de acuerdo a sus partes que la componen: (Ver Figura N° 2.4)

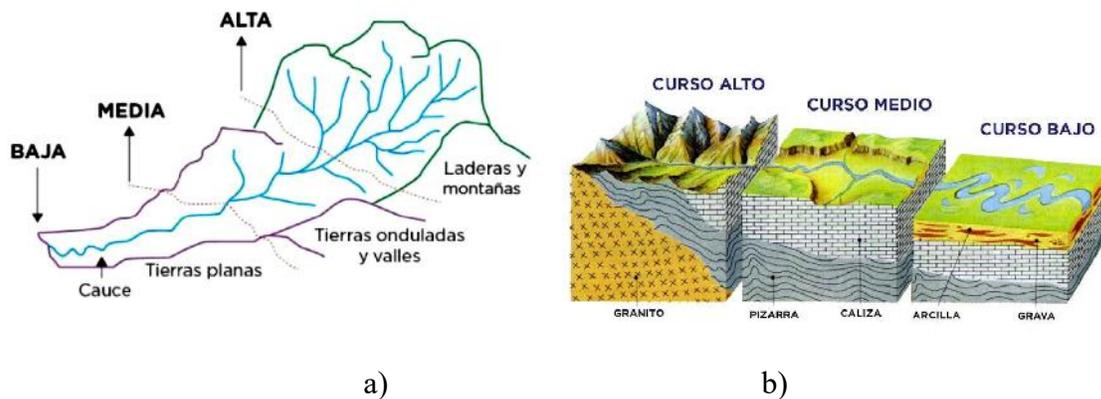


Figura 2.4 Análisis de Cuenca Hidrográfica por a) Partes b) Perfil longitudinal

Fuente: Ordoñez, 2011

- **Altitud:** las cuencas hidrográficas son divididas en 3, las cuales están en función de los rangos de altura que tenga la cuenca, también se relaciona con el clima y puede ser una forma de establecer las partes de una cuenca.
 - Cuenca alta: Zona montañosa o cabeceras de cerros limitantes por líneas divisorias de aguas, zona donde se da el nacimiento del río.
 - Cuenca media: Zona de valle del río en equilibrio, con material granular u árido desplazado por las corrientes, con pendiente menos abrupta que la cuenca alta.
 - Cuenca baja: Zona baja del río, donde el río pierde gran fuerza y los materiales sólidos se sedimentan.

- **Topografía:** Considerando el relieve y la forma se puede diferenciar distintas secciones de la cuenca, las cuales son:
 - Laderas y montañas: Zonas accidentadas de gran pendiente
 - Tierras onduladas: Zonas onduladas que conforman valles.
 - Tierras planas: Zona libre de afluentes donde se da la sedimentación
- **Drenaje superficial:** Si al curso principal le llegan afluentes, se pueden determinar subcuencas y microcuencas.

2.1.5 MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS.

El concepto utilizado sobre el Manejo Integral de Cuencas por el Plan Nacional de Cuencas (PNC) es el conjunto de acciones concernientes al uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales de la cuenca.

En general el Manejo Integral de Cuencas, se basa en lograr un mejor desarrollo de la sociedad humana inserta en ella y de la calidad de vida de su población considerando el medio ambiente sustentable. Mediante un conjunto de esfuerzos a identificar y aplicar, como ser opciones técnicas, socioeconómicas y legales. Utilizadas para dar soluciones a problemas que causan el deterioro y mal uso de los recursos naturales renovables, así como en la integridad de las cuencas hidrográficas.

Cabe destacar, que el buen manejo de una cuenca brinda beneficios a las comunidades adyacentes, proporcionando una amplia gama de bienes y servicios que pueden ser aprovechados de forma eficiente. (Ver Figura N° 2.5)

Los enfoques que se deben de dar para el manejo de cuencas dependerán de las necesidades de atención, las cuales se puede relacionar con:

- El Manejo de Cuencas, se da cuando el agua es el centro de la planificación y manejo, donde predominan los conceptos de calidad y cantidad de agua, dependen del funcionamiento y del manejo del sistema hídrico.
- El Manejo Sostenible de Cuencas, es cuando los recursos naturales constituyen el centro de la planificación y manejo, manteniendo al recurso hídrico como un elemento integrador en la cuenca.

- El Manejo Integral de Cuencas, da un enfoque amplio y se define que el centro de la planificación y manejo es el ambiente, manteniendo el rol estratégico del recurso hídrico.



Figura 2.5 Agua Recurso Integrador y Estratégico

Fuente: Loma, 2018

Lamentablemente, las cuencas en general suelen encontrarse en uso excesivo de sus recursos naturales o sufren de cambios de uso de suelos, haciendo que la integridad biofísica de la cuenca entre en riesgo.

Por lo que, las problemáticas como ser la contaminación de agua, erosión de suelos, sedimentación, deforestación, inundaciones, desastres naturales, etc. Afectan de gran manera a la calidad de vida en la cuenca, Por otra parte, es necesario el emplazamiento de obras que favorezcan al desarrollo sostenible y el bienestar humano.

Los criterios que se encuentran en la Tabla N° 2.1, son perturbados o alterados por problemas o situaciones que contribuyen al mal funcionamiento. Estos problemas tienden a establecer cambios en la asociación al uso, manejo y gestión de esta, provocando riesgos definidos las cuales son:

- **Riesgos Naturales:** inundaciones, aluviones, deslizamientos, etc.
- **Depredación del Potencial Productivo:** desertificación, erosión, incendios forestales, quemas descontroladas, sobrepastoreo, sobreutilización agrícola.
- **Conflictos en el Uso de los Recursos:** contaminación, eutrofización, demanda hídrica para riego, sobreexplotación de recursos naturales como ser suelo, agua y vegetación.

Tabla 2.1 Relación entre criterios, situaciones y enfoques de manejo de cuencas

Criterios	Situaciones	Enfoques
Ecológico	Deforestación	Agua
	Inundaciones	Suelo
	Quemas	Forestal
	Contaminación	Recursos naturales
	Salinización	Conservación
	Erosión	Sostenibilidad
	Acidificación	Ambiental
	Compactación	Uso múltiple
	Baja fertilidad del suelo	Manejo Integral
	Sequía y acidificación	Manejo Integral

Fuente: Loma, 2018

El manejo de cuencas es un método de planificación que aplica un enfoque holístico, permitiendo el uso eficiente de recursos naturales para todos los usuarios, ya sea aguas arriba o aguas abajo. Para esto se aplican los conceptos de ecosistema, principios de cuenca ecológica y lineamientos del desarrollo sostenible. Por otra parte, se facilita de gran manera el monitoreo y evaluación del efecto de las inversiones realizadas en la cuenca para la protección del agua.

La planificación hidrológica es fundamental para conocer el lugar de emplazamiento de las obras y el momento necesario, para llevar a cabo estas obras se requiere conocer las características del suelo, la geomorfología, la topográfica, el clima, biodiversidad. Cabe destacar que la cobertura vegetal ejerce una fuerte influencia sobre las características hidrológicas.

2.1.6 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) es considerado como el conjunto de hardware, software, datos y técnicas para la captura, almacenamiento, actualización, manipulación, visualización y análisis de información geográficamente referenciada actuando este programa como un gestor de gráficos, flexible, interactivos y competentes para una modelación espacial.

SIG es una gran herramienta para la gestión de recursos, planeación en el uso de tierras, evaluación de peligros naturales, hábitat de vida silvestre, etc. También es de gran utilidad en la planificación de emergencia, análisis de delitos, salud pública, gestión catastral, transporte y operaciones militares.

2.1.6.1 SUBSISTEMA DE UN SIG.

SIG presenta una serie de subsistemas encargados de funciones particulares, existen tres subsistemas fundamentales los cuales son: (Alonso, 2006)

- **Subsistema de datos:** Encargado de las operaciones de entrada y salida de datos y su gestión dentro del SIG, permitiendo el resto del subsistema tenga acceso a la información y realice las funciones base.
- **Subsistema de visualización y creación cartográfica:** Genera representaciones a partir de los datos y también permite la edición de estos.
- **Subsistema de análisis:** Contiene métodos y procesos para el análisis de los datos geográficos.

2.1.6.2 APLICACIÓN SIG EN LA GESTION DE RIESGO DE DESASTRES.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una herramienta fundamental en el análisis espacial aplicado a la gestión del riesgo de desastres. Su capacidad para integrar, procesar, analizar y representar datos georreferenciados permite desarrollar mapas temáticos que identifican con precisión las zonas expuestas a amenazas naturales o antrópicas, así como los niveles de vulnerabilidad de los elementos expuestos.

En el caso de las amenazas, los SIG permiten modelar espacialmente fenómenos como inundaciones, deslizamientos, sequías o incendios forestales, a partir de la integración de variables físicas y ambientales tales como topografía, uso del suelo, cobertura vegetal, precipitación, tipo de suelo, entre otros. Esto posibilita la delimitación de áreas con distintos grados de peligrosidad (alta, media o baja), lo cual es esencial para la planificación preventiva (Cutter et al., 2003).

Por otro lado, en el análisis de la vulnerabilidad, los SIG permiten representar la distribución espacial de factores socioeconómicos, demográficos, físicos e institucionales que influyen en la susceptibilidad de una población o infraestructura frente a una amenaza. La superposición de capas de información como densidad poblacional, acceso a servicios básicos, nivel de pobreza, localización de infraestructura crítica, entre otras, permite generar mapas que reflejan la capacidad de respuesta y recuperación de una comunidad ante un evento adverso.

Adicionalmente, la integración de los mapas de amenazas y vulnerabilidad mediante técnicas de análisis espacial facilita la elaboración de mapas de riesgo, los cuales son herramientas clave para la toma de decisiones en gestión del riesgo, ordenamiento territorial y formulación de medidas de adaptación o mitigación (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2013). Asimismo, los SIG permiten el monitoreo y la actualización constante de la información, lo que garantiza la pertinencia y vigencia de los análisis realizados.

En este sentido, la aplicación de los SIG no solo mejora la comprensión del territorio y sus dinámicas, sino que también fortalece la capacidad de planificación, anticipación y respuesta ante eventos adversos, contribuyendo así a la construcción de territorios más seguros y resilientes.

2.1.7 SISTEMA DE AGUA POTABLE.

El sistema de abastecimiento de agua potable es un sistema de obras de ingeniería, concatenadas que permiten llevar hasta la vivienda de los habitantes de una ciudad, pueblo o área rural relativamente densa, el agua potable.

Componentes del sistema de agua potable: (Ver Figura 2.6)

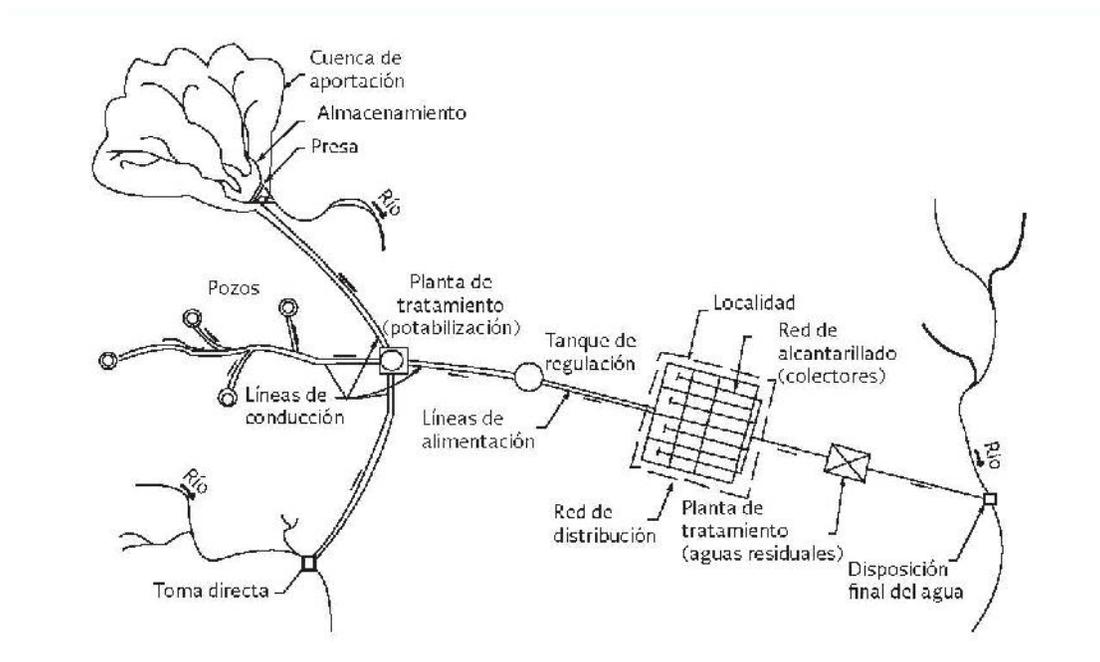


Figura 2.6 Esquema de componentes de un sistema de agua potable

Fuente: Comisión Nacional del Agua, s. f.

- **Captación:** La captación de un manantial debe hacerse con todo cuidado, protegiendo el lugar de afloramiento de posibles contaminaciones, delimitando un área de protección cerrada.

La captación de las aguas superficiales se hace mediante bocatomas, en algunos casos se utilizan galerías filtrantes, paralelas o perpendiculares al curso de agua para captar las aguas que resultan así con un filtrado preliminar.

La captación de las aguas subterráneas se hace mediante pozos o galerías filtrantes.

- **Línea de conducción o aducción:** es toda aquella obra destinada al transporte de agua entre dos o más puntos. Esta obra incluye tanto al medio físico a través del cual el fluido será transportado (tuberías, canales, etc.) como a todas las obras adicionales necesarias para lograr un funcionamiento adecuado de la instalación (Estaciones de Bombeo, Válvulas de todo tipo, Compuertas, Reservas, Transmisión de energía, etc.) de agua desde una obra de captación hasta la planta de tratamiento, tanque de almacenamiento o directamente a la red de distribución.
- **Tipos de aducción:**
 - Aducción por gravedad
 - Aducción por Bombeo

- **Red de distribución:** La red de distribución de agua está constituida por un conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua hasta las conexiones domiciliarias o hidrantes públicos. A los usuarios (domésticos, públicos, industriales, comerciales) la red deberá proporcionarles el servicio constante, en las cantidades adecuadas, calidad adecuada y con una presión apropiada.
- **Conexiones domiciliarias:** Tiene como función el proporcionar agua de la red de distribución para conducirla a la instalación hidráulica intradomiciliaria. Se divide en dos partes: ramal y cuadro. Se le llama ramal a la conexión que abarca desde el acoplamiento a la red de distribución hasta el codo inferior del cuadro (Comisión Nacional del Agua, s. f.).

2.1.7.1 SISTEMAS DE A.P. Y SU VULNERABILIDAD FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO.

A pesar de su importancia, los sistemas de agua potable están expuestos a múltiples factores de riesgo, siendo el **cambio climático uno de los más preocupantes**. Este fenómeno altera significativamente el ciclo hidrológico, modificando los patrones de precipitación, intensificando los periodos de sequía y aumentando la frecuencia e intensidad de fenómenos hidrometeorológicos extremos como lluvias torrenciales e inundaciones. Todo ello representa una amenaza directa a la disponibilidad, calidad y continuidad del servicio de agua potable.

En zonas rurales y semiurbanas, como las que conforman la cuenca del río La Victoria, estos riesgos se ven incrementados por la **limitada capacidad técnica y económica** de las comunidades para mantener infraestructuras resilientes. Muchas veces, los sistemas de abastecimiento están basados en tecnologías básicas, con escasa protección de fuentes de agua y sin mecanismos eficientes de monitoreo y gestión.

Además, el cambio climático puede provocar una disminución en la recarga de acuíferos, una mayor sedimentación en las fuentes de captación, contaminación del recurso por eventos de escorrentía o colapso de infraestructuras ante eventos extremos. Esto no solo compromete la eficiencia del sistema, sino también la **salud pública y la seguridad hídrica** de la población.

Aplicar la metodología ARI en estos sistemas permite identificar los puntos críticos del sistema frente a amenazas climáticas, evaluar los riesgos e impactos posibles y proponer medidas de adaptación específicas que aumenten la resiliencia del sistema y reduzcan su exposición al riesgo (MMyA y HELVETAS Swiss Intercooperation, 2018).

2.1.8 HERRAMIENTA METODOLOGÍA ARI (ANÁLISIS DE RESILIENCIA EN INVERSIONES).

“El Análisis de Resiliencia en Inversiones "ARI", compuesto por la guía y el software, tiene el propósito de constituirse en un instrumento metodológico que facilita el análisis y favorece la toma de decisiones en proyectos. En línea con la normativa nacional. El análisis de resiliencia se realiza con un enfoque de reducción del riesgo de desastres (RRD) y adaptación al cambio climático (ACC)” (Loma, 2018).

El ARI “tiene el objetivo de contribuir, de forma práctica y con base en el contexto nacional, a la incorporación del enfoque de reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático en proyectos de inversión para hacerlos climáticamente resilientes. Esto se logra a través de un proceso de aproximaciones sucesivas, que permite identificar el nivel de resiliencia de cada componente del proyecto y luego evaluar su capacidad de respuesta a eventos extremos, variabilidad climática y cambio climático; adicionalmente, se identifican las medidas que hacen resiliente al sistema y se establece el beneficio-costos bajo la métrica de costos evitados” (Loma, 2018).

La contaminación del medio ambiente y su reflejo en el cambio climático, tienen efectos en la operación de los proyectos a mediano y largo plazo, efectos que tienen necesidad de evaluarse con herramientas y metodologías apropiadas, de manera que permitan diseñar infraestructura y acciones adaptativas con enfoque de Resiliencia.

2.1.8.1 METODOLOGÍA PARA EVALUAR DE MEDIDAS RESILIENTES.

Con el uso del ARI se puede identificar las principales amenazas, vulnerabilidades y capacidades que se tiene en un proyecto de inversión pública, para así generar un reporte sobre riesgos. El proceso metodológico es distribuido en 6 etapas, diferenciado por 3 módulos (Ver Figura 2.7).

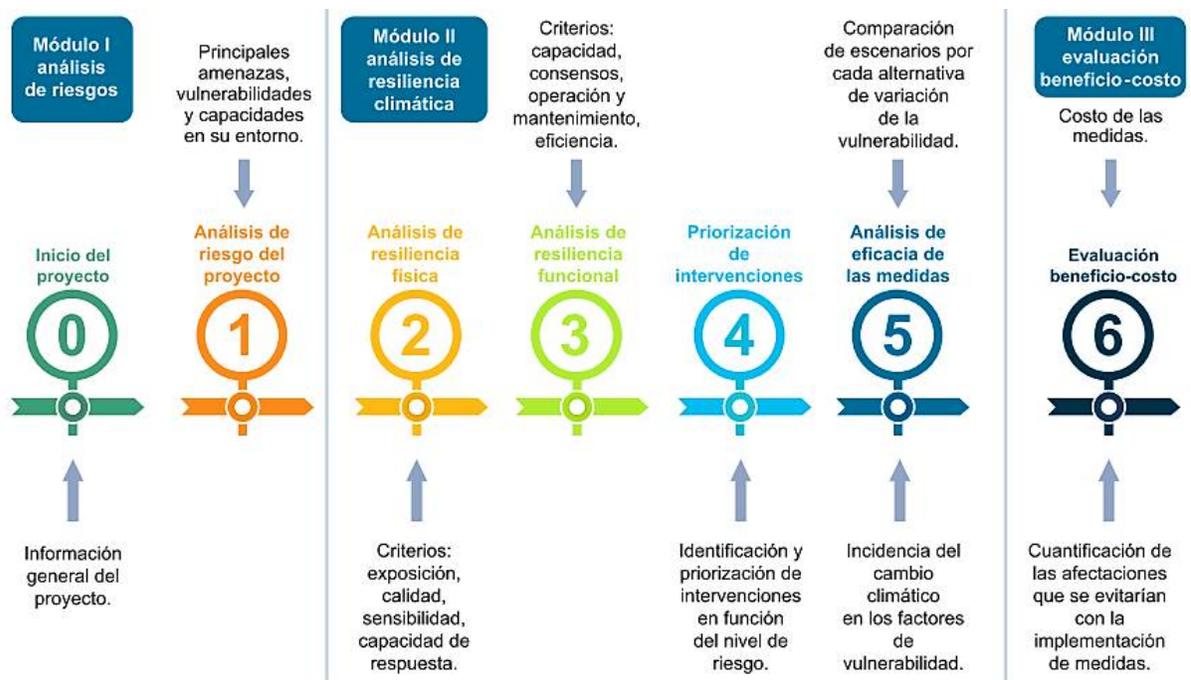


Figura 2.7 Módulos para el Análisis de Resiliencia Climática

Fuente: Loma, 2018

Nota: La figura muestra los 3 módulos y 6 etapas que se emplean para desarrollar la metodología que propone la herramienta ARI. Tomado de *Análisis de Resiliencia en Inversiones – ARI* (p. 14), por Marco Loma Zurita.

- **MODULO 1: ANALISIS DE RIESGOS:** Principales amenazas, vulnerabilidades y capacidades en su entorno.
- **MODULO 2: ANÁLISIS DE RESILIENCIA CLIMATICA:** Criterios de capacidad, consensos, operación y mantenimiento, eficiencia. Y comparación de escenarios por cada alternativa de variación de la vulnerabilidad.
- **MODULO 3: EVALUACIÓN BENEFICIO-COSTO:** Demostrar en términos económicos la conveniencia de aplicar las medidas resilientes al proyecto.

2.1.8.1.1 MODULO DE EVALUACIÓN DE BENEFICIO – COSTO.

La metodología, permite calcular la relación BENEFICIO-COSTO con enfoque de costos evitados mediante la aplicación de la Etapa 6: Evaluación beneficio-costos, de la siguiente forma:

- Se considera como tasa de descuento, la tasa social de rentabilidad.

- Se lleva a valor presente los costos de implementación de las “Medidas Resilientes” que elevan la resiliencia del proyecto:
 - a) Costo de construcción o implementación.
 - b) Costo de operación y mantenimiento.
- Se lleva a valor presente los costos en que se incurrirían en caso de desastre:
 - a) Costo evitado de la reconstrucción o rehabilitación.
 - b) Costo evitado de pérdida de vidas humanas y reducción de condiciones sociales.
 - c) Costo evitado por gasto en enfermedades (menores casos de enfermedades).
 - d) Costo evitado de atender la emergencia.
 - e) Beneficios indirectos por no interrumpir los servicios del proyecto (costo evitado por la interrupción de los servicios del proyecto).
- Se establece la relación entre el Valor Actual Neto de los costos de las medidas y el Valor Actual Neto de los costos por el desastre:

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = > 1$$

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{\text{Valor Actual Neto (Costos evitados)}}{\text{Costo de la medida resiliente + Costo de Operación y mantenimiento}}$$

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{VAN_1(Pd+Pg+Pi+Cr)}{CMR+VAN_2(Coym)}$$

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{\left((Pd+Pg+Pi+Cr) \cdot \frac{1}{P_0} \cdot P_e \right) \cdot [1 - (1+i)^{-n}]}{CMR + \frac{Coym \cdot [1 - (1+i)^{-n}]}{i}}$$

Donde:

VAN1: Valor actual neto de pérdidas evitadas cada año durante el periodo n (valor anual constante).

VAN2: Valor actual neto del costo de operación y mantenimiento de las medidas resilientes.

Pd: Pérdidas directas.

Pg: Pérdidas de ganancias.

Pi: Pérdidas indirectas.

Cr: Costo de reconstrucción y/o rehabilitación.

CMR: Costo de la medida resiliente.

Coym: Costo anual de operación y mantenimiento de la medida resiliente.

Pe: Porcentaje de pérdidas evitadas que se esperan luego de implementadas las medidas resilientes.

Po: Probabilidad de ocurrencia del evento en el año n.

i: Rentabilidad del proyecto.

n: Número de años de protección que brindará la medida resiliente.

Este es el último modulo del ARI, teniendo conocimiento que las mejores medidas resilientes, serán aquellas que más reducen el riesgo en el componente tienen menor costo de ejecución y los costos que evitan con su implementación son los más altos.

Para llenar la información deberemos estimar el costo de implementación y costo anual de operación y mantenimiento de la medida de adaptación, sin tocar la rentabilidad mínima ya que la tasa oficial es de 12.67%.

También se cuenta con una columna de estimación de costos, que son:

- **Costos de rehabilitación y reconstrucción del componente que resultaría dañado:** es el monto estimado de la reparación del componente dañado que incluye simples reparaciones hasta costo de la reconstrucción completa y esta dependerá del daño esperado analizado
- **Costos pérdidas directas ocasionadas:** Este incluye la pérdida ocasionada a los usuarios por la interrupción del funcionamiento del sistema debido al daño
- **Valor de las pérdidas ganancia:** Se introduce la ganancia del proyecto antes del daño y la monetización de la utilidad neta que se esperaba lograr antes del desastre
- **Pérdidas indirectas:** Se deberá estimar el costo de salud, migración, seguridad alimenticia, etc. ocasionada por el daño del componente no resiliente durante el período de tiempo que dure su rehabilitación, también se incluye el costo de atender la emergencia mientras duren las actividades de rehabilitación.

Una vez introducido todos estos costos estimados, se habilita la planilla de análisis de sensibilidad el cual consta del tiempo y porcentaje de pérdidas evitadas. Se podrá modificar el tiempo con el número de años de protección del proyecto resiliente que podrá tener una vida útil de 1, 5, 10, 15, 20, 25 o 30 años.

Al lado superior se tiene el grado de cobertura y eficacia de la medida resiliente analizada con el porcentaje de pérdidas evitadas, y en el lado derecho se tiene la probabilidad de ocurrencia el cual es calculado por el programa y no se podrá modificar este valor. Finalmente, se seleccionará un valor de “beneficio – costo” teniendo en conocimiento los anteriores valores, esta representación puede graficarse en tres colores

- **Rojo:** Bajo factor beneficio – costo
- **Amarillo:** Mediano factor beneficio – costo
- **Verde:** Alto factor beneficio - costo

2.1.8.2 INSTRUMENTO ARI EN BOLIVIA.

En Bolivia el ARI se puso en marcha en fecha 20 de agosto del 2018 en el Municipio chuquisaqueño de Culpina en donde concejales, técnicos municipales, empresarios y consultores realizaron taller para aprender el uso de este sistema que les permite realizar el análisis de riesgo de los proyectos de inversión pública. Posteriormente se impartió en una plataforma de intercambio de experiencias en Potosí donde se presentó esta tecnología a delegaciones de varios municipios del país.

Las instituciones públicas y privadas implementan el Proyecto Reducción del Riesgo de Desastres de la Cooperación Suiza en Bolivia. Con el ARI se puede identificar las principales amenazas, vulnerabilidades y capacidades que se tiene en un proyecto de inversión pública, para así generar un reporte sobre riesgos que debe ser parte del Informe Técnico de Condiciones Previas, según dictamina el Reglamento Básico de Preinversión. El concejal Velasco presentó en Potosí, precisamente, un anteproyecto de ley para hacer que esa normativa nacional sea acatada en su municipio, y que se utilice una herramienta como el ARI para hacer el análisis de riesgo de los proyectos. Varios técnicos y autoridades municipales también volvieron a sus municipios con la tarea de replicar lo aprendido, de

elaborar una norma municipal, y de analizar un proyecto con la herramienta desarrollada por Helvetas.

2.2 MARCO CONCEPTUAL.

2.2.1 RIESGO.

El riesgo es la probabilidad de que una amenaza se convierta en desastre, el cual se puede conocer mediante la siguiente ecuación para su evaluación:

$$\mathbf{Riesgo} = \frac{\mathbf{Amenaza} * \mathbf{Vulnerabilidad}}{\mathbf{Capacidad\ de\ respuesta}} * \mathbf{Probabilidad\ de\ ocurrencia}$$

Analizando la ecuación de forma minuciosa, se puede evidenciar que el nivel de riesgo se incrementará en función de la probabilidad de ocurrencia de la amenaza y el grado de la sensibilidad a la misma. Por otro lado, el nivel de riesgo reducirá por las capacidades de la población o instituciones de reaccionar y evitar o reparar los daños sufridos. (Ver Figura 2.8)

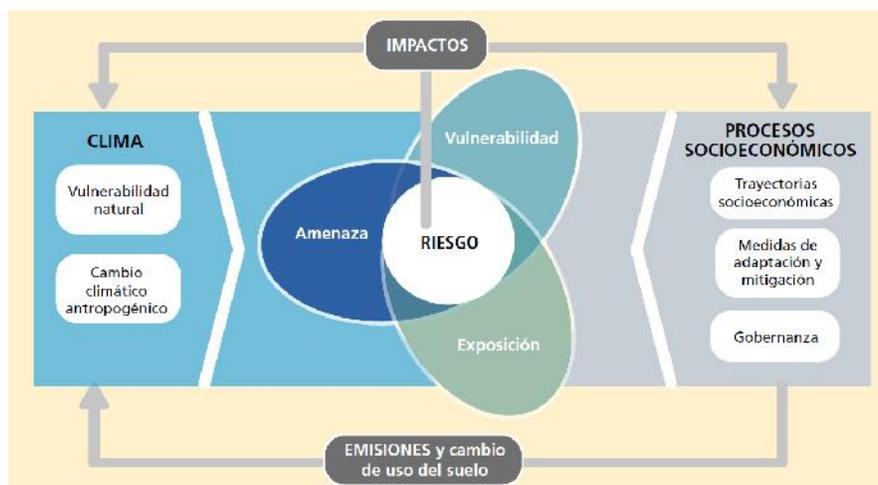


Figura 2.8 Vínculos entre el desarrollo, reducción de la vulnerabilidad, la ACC y el Riesgo de desastres

Fuente: IPCC, 2014

La evaluación de riesgos desempeña un papel fundamental al generar alertas antes de iniciar la planificación y construcción de un proyecto. Esta permite identificar las amenazas presentes en la zona del proyecto que podrían poner en peligro sus objetivos, además de evaluar exhaustivamente las posibles repercusiones de estas amenazas en términos de seguridad, impacto ambiental, costos y sostenibilidad. Esto, a su vez, posibilita la implementación de estrategias de mitigación y respuesta adecuadas, la asignación eficiente

de recursos y la promoción de la seguridad de las personas involucradas y del entorno circundante.

2.2.1.1 REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES.

Tiene el objeto prevenir (evitar) y limitar (mitigar) sistemáticamente el riesgo en lo que se refiere a pérdidas humanas y al patrimonio social, económico y medioambiental de las comunidades y países.

Para realizar un análisis de causas de desastres, se requiere conocer el grado de exposición a las amenazas y por ello la disminución de la vulnerabilidad de la población y la propiedad. En general, este análisis se extiende hasta la gestión de suelos y del medio ambiente y su preparación frente a eventos adversos. En la Figura 2.9 se puede visualizar el ciclo de la gestión del riesgo para la reducción de desastres.



Figura 2.9 Ciclo de la Gestión del Riesgo

Fuente: HELVETAS Swiss Intercooperation, 2014

Para ello, algunos factores que causan los desastres son:

- Amenazas climáticas y no climáticas
- Grado de exposición a las amenazas
- Vulnerabilidad de la población y su propiedad
- Inadecuado uso de suelos

- Eventos Adversos

Al hacer una gestión de Reducción de Riesgos, deberemos identificar las amenazas naturales y las que pueden ser provocadas por el humano que ponen en peligro nuestras comunidades, municipios y departamentos, deberemos reconocer nuestras vulnerabilidades para enfrentarnos a las amenazas y ver la capacidad de recuperarnos si ocurre el desastroso caso y finalmente deberemos tomar decisiones y planificar acciones de manera participativa para evitar o mitigar los efectos del desastre.

Para la planificación de medidas de prevención y preparación deberemos tener un enfoque en:

- Reducir los riesgos existentes
- Adaptarse a los factores de riesgo cambiantes
- Prevenir un mayor incremento en los riesgos

2.2.1.2 ANÁLISIS DE RIESGOS.

Un Análisis de Riesgos es el estudio de las causas de las posibles amenazas y probables eventos no deseados, como también los daños y consecuencias que estos pueden producir. Lo más difícil de este análisis es identificar tanto los contratiempos que pongan en jaque al proyecto como su probabilidad de ocurrencia. Todo proyecto está expuesto a una serie de riesgos de mayor o menor medida por lo que es fundamental identificarlos y gestionarlos adecuadamente tomando decisiones a tiempo, los riesgos se pueden reducir o transferir a un tercero, pero en ningún momento podemos eliminarlos Caminiti, 2019.

2.2.2 AMENAZA.

Es la probabilidad de que un evento de origen natural, socio – natural o antrópico, se concrete y se produzca en un determinado tiempo o en una determinada región (Ley N.º 602 de Gestión de Riesgos, 2014).

Se puede subclasificar de la siguiente manera:

2.2.2.1 NATURAL.

a) Climáticas o hidrometeorológicas:

Inundaciones, Sequías, Heladas, Granizadas, Nevadas

b) Geofísicos:

Sismos, Erupciones Volcánicas, Avalanchas, Derrumbes

c) Biológicos:

Marea Roja, Plagas, Pestes, Infecciones

2.2.2.2 ANTRÓPICA.

a) Sociales:

Terrorismo, Vandalismo, Guerra

b) Ambientales:

Contaminación ambiental, Deforestación, Erosión, Desertización, Infestación de plagas

c) Tecnológicos:

Derrames Químicos, Accidentes Industriales, Explosiones

2.2.2.3 SOCIAL NATURAL.

Inundaciones, Deslizamientos, Hundimientos, Sequías, incendios, agotamiento de acuíferos.

2.2.2.4 AMENAZAS NATURALES.

Tienen origen en la atmósfera granizos, tormentas eléctricas, olas de calor o de frío, temperaturas extremas, heladas, precipitaciones moderadas a fuertes, déficit de precipitación, vientos fuertes y tornados

2.2.2.5 CLIMATOGRÁFICAS.

Condiciones propias de un determinado clima y sus variaciones a lo largo del tiempo, sequías, derretimiento de nevados, aumento en el nivel de masa de agua y otros. Son también eventos de interacción oceánico-atmosférica.

2.2.2.6 HIDROLÓGICAS.

Son procesos o fenómenos de origen hidrológico; pertenecen a este tipo de amenazas, las inundaciones y los desbordamientos de ríos, lagos, lagunas y otros.

2.2.2.7 GEOLÓGICAS.

Procesos terrestres de origen tectónico, volcánico y estructural: los terremotos, actividad y emisiones volcánicas, deslizamientos, caídas, hundimientos, reptaciones, avalanchas, colapsos superficiales, licuefacción, suelos expansivos y otros.

2.2.3 VULNERABILIDAD.

La vulnerabilidad se define como “el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para enfrentar los efectos adversos del cambio climático y, en particular la variabilidad del clima y los efectos climáticos adversos” (IPCC, 2014, p. 64).

2.2.3.1 FACTORES DE LA VULNERABILIDAD.

Si bien tomamos a la vulnerabilidad, exposición y resiliencia como elementos independientes de la función del riesgo, se reconoce la integración y relación entre conceptos que condicionan a la vulnerabilidad.

En tal sentido, la vulnerabilidad de una comunidad o sistema ante un evento adverso puede evaluarse considerando diversas dimensiones que pueden subdividirse en tres categorías se describen a continuación:

- a) Exposición y susceptibilidad física, que corresponde a un riesgo “duro”, relacionado con el daño potencial en la infraestructura física y en el ambiente.
- b) Fragilidades socioeconómicas, que contribuyen a un riesgo “blando” relacionado con el impacto potencial sobre el contexto social.
- c) La falta de resiliencia para enfrentar desastres y recuperarse, que contribuye también al riesgo “blando” o factor de impacto de segundo orden sobre las comunidades y organizaciones.

2.2.4 RESILIENCIA.

Capacidad del sistema de vida y sus componentes para anticipar, absorber, adaptarse o recuperarse de los efectos de un evento adverso de forma oportuna y eficiente, incluso velando por la conservación, restauración o mejora de sus estructuras y funciones básicas esenciales (Ley N.º 602 de Gestión de Riesgos, 2014).

2.2.4.1 RESILIENCIA Y PREVENCIÓN DE DESASTRES.

La cultura de prevención es el comportamiento racional, permanente y generalizado de la sociedad, caracterizado por la práctica habitual de la acción colectiva anticipada y sistemática para tratar de evitar que los desastres ocurran o caso contrario para mitigar sus efectos, además de reducir las vulnerabilidades.

La PREVENCIÓN, implica la planificación integral estratégica, la programación operativa y el diseño de políticas, instrumentos y mecanismos para evitar los riesgos potenciales, según corresponda (Ley N.º 602 de Gestión de Riesgos, 2014).

2.2.5 MITIGACIÓN.

Planificación y ejecución de medidas de intervención dirigidas a reducir o disminuir el riesgo. La mitigación es el resultado de la aceptación de que no es posible controlar el riesgo totalmente; es decir, que en muchos casos no es posible impedir o evitar totalmente los daños y sus consecuencias y sólo es posible atenuarlas (Cardona, 2003).

Por lo general, se entiende como medidas de mitigación la implementación o aplicación de cualquier política, estrategia, obra y/o acción tendiente a eliminar o minimizar los impactos negativos que pueden presentarse durante las etapas de construcción, operación, culminación y/o abandono de un proyecto, y están dirigidas a mejorar la calidad ambiental aprovechando las oportunidades existentes.

Durante la selección de opciones de mitigación ambiental se desprenden un conjunto de conceptos que son necesarios explicarlos y también nos ayudan en la redacción de medidas de mitigación (Cerrón, 2005).

- **Evitar:** mediante la selección de alternativas, se trata de impedir proyectos o acciones que pueden resultar en impactos adversos en el medio ambiente.

- **Preservar:** se debe prevenir cualquier acción que pueda afectar adversamente un recurso o tributo ambiental, para ello es necesario extender, en ciertos casos, el ámbito legal más allá de las necesidades del proyecto durante la selección de recursos.
- **Minimizar:** implica rectificar los impactos adversos a través de la reparación o mejoramiento del recurso afectado.
- **Restaurar:** se trata de conducir la rehabilitación al extremo, a fin de rectificar los impactos adversos sobre el medio ambiente, y lograr la restauración total, o devolver a su estado inicial los recursos afectados.
- **Reemplazar:** se trata de compensar la pérdida de un recurso ambiental en lugar dado mediante la creación o protección de un similar tipo de recurso ambiental en otro lugar.
- **Mejorar:** significa incrementar la capacidad de un recurso existente con respecto a sus funciones ambientales. Mejorar, requiere consideración de una amplia gama de acciones técnicas para el diseño y la gestión.
- **Aumentar:** se refiere al incremento del área o tamaño de un recurso ambiental existente, se centra en el atributo geográfico (área) o morfológico (profundidad) del recurso en cuestión.
- **Desarrollar:** se refiere a la creación sustentable de recursos ambientales específicos en un área donde no existen en un momento dado.
- **Diversificar:** implica incrementar la mezcla o diversidad de hábitats, especies, u otros recursos ambientales en un área determinada.

2.2.6 DESASTRE.

Es un escenario de grave afectación y/o daño directo a las personas, sus bienes, medios de vida, servicios y su entorno, causadas por un evento adverso de origen natural o generado por la actividad humana (antrópico), en el contexto de un proceso social, que exceden la capacidad de respuesta de la comunidad o región afectada (Ley N.º 602 de Gestión de Riesgos, 2014).

2.2.7 ANALISIS DE RESILIENCIA EN INVERSIONES (ARI).

La herramienta metodológica ARI tiene el objetivo de contribuir, de forma práctica, la incorporación del enfoque de reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático en proyectos de inversión para hacerlos climáticamente resilientes. Esto se logra a través de un proceso de aproximaciones sucesivas, que permite identificar el nivel de resiliencia de cada componente del proyecto y luego evaluar su capacidad de respuesta a eventos extremos, variabilidad climática y cambio climático; adicionalmente, se identifican las medidas que hacen resiliente al sistema y se establece el beneficio-costos bajo la métrica de costos evitados (Loma, 2018).

2.2.8 SISTEMA DE AGUA POTABLE.

Es el conjunto de estructuras de obras civiles, destinados a captar, tratar, almacenar y distribuir agua apta para el consumo humano.

En el presente estudio, el término se refiere al sistema de abastecimiento que presta servicio a la ciudad de Tarija ubicada en la cuenca del río La Victoria, el cual será analizado desde una perspectiva de riesgo climático, identificando de cada componente su exposición a amenazas naturales, su nivel de vulnerabilidad estructural y operativa, y su capacidad de adaptación ante escenarios extremos.

2.3 MARCO INSTITUCIONAL.

La Cooperativa de Servicios Públicos COSAALT R.L. fue creada en conformidad con la Constitución Política del Estado y la Ley General de Sociedades Cooperativas del 13 de septiembre de 1958. Su reconocimiento como entidad con Personalidad Jurídica se otorgó mediante la Resolución del Consejo Nacional de Cooperativas N° 3181, con fecha 27 de noviembre de 1986, y su inscripción en el Registro Nacional de Cooperativas se realizó bajo el N° 2919, en la misma fecha.

Con la entrada en vigor de la nueva Ley General de Cooperativas N° 356 del 11 de abril de 2013 y su Reglamento, establecido mediante el Decreto Supremo N° 1995 del 13 de mayo de 2014, así como por mandato de la Asamblea General Extraordinaria de la Cooperativa, se

procedió a modificar el Estatuto Orgánico. Este fue actualizado y ajustado a la normativa vigente, preservando los objetivos definidos en el presente Estatuto.

2.3.1 NATURALEZA Y RESPONSABILIDAD.

La Cooperativa COSAALT R.L. es una organización conformada por personas naturales y/o jurídicas, que opera sin fines de lucro, con un capital variable y un número ilimitado de asociados. En este contexto, los asociados tienen responsabilidad limitada, respondiendo únicamente hasta el monto correspondiente al valor de los certificados de aportación que hayan pagado. Por su parte, la Cooperativa asume la responsabilidad frente a terceros con el total de su patrimonio.

2.3.2 DENOMINACIÓN.

De conformidad al Art. 13 de la Ley General de Cooperativas, la Cooperativa se denomina “Cooperativa de Servicios Públicos de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de Tarija” RL. y usará la sigla COSAALT R.L.

2.3.3 DOMICILIO.

La Cooperativa tiene su domicilio legal en la ciudad de Tarija, ubicada en la Provincia Cercado del Departamento de Tarija, conforme a la licencia de prestación de servicios otorgada por la AAPS. Su ámbito de influencia abarca la jurisdicción territorial del Municipio de Tarija y otros municipios en los que desarrolle actividades relacionadas con el cumplimiento de sus objetivos.

2.3.4 DURACIÓN.

Según uno de los reportes emitidos del documento “Indicadores de Desempeño 2020”, la vigencia de autorización de prestación de servicios de la cooperativa COSAALT es hasta el 15 de febrero de 2041.

2.3.5 REGIMEN LEGAL.

El marco legal que rige a la Cooperativa COSAALT R.L. se basa en la Constitución Política del Estado, la Ley General de Cooperativas N° 356 y su Decreto Reglamentario N° 1995. También incluye la Ley Marco de Autonomías y Descentralización, la Ley 2066 de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, la Ley 482 de Gobiernos Autónomos Municipales, el Reglamento Nacional de Prestación de Servicios, su Estatuto y Reglamentos internos, además de manuales y otras disposiciones aplicables al sector de agua y saneamiento, al ámbito cooperativo, y a las leyes sociales y normativas relacionadas vigentes.

2.4 MARCO ESPACIAL.

El proyecto se desarrolló en la zona de la comunidad del Rincón de La Victoria, donde se encuentra ubicada la principal fuente de agua potable que abastece a la ciudad de Tarija.

2.5 MARCO TEMPORAL.

La información empleada en el presente estudio comprende un período histórico y se proyecta hasta el año 2050, conforme a los escenarios futuros establecidos en los estudios correspondientes de la base de datos utilizada.

2.6 MARCO NORMATIVO.

2.6.1 CONSITITUCIÓN POLITICA DEL ESTADO PLURINACIONAL.

Parágrafo II del Artículo 298, concordante con el Artículo 345 del Numeral 2, el nivel central del Estado tiene las siguientes competencias exclusivas:

1. Elaborar, reglamentar y ejecutar las políticas de gestión ambiental.
2. Elaborar, reglamentar y ejecutar los regímenes de evaluación de impacto ambiental y control de calidad ambiental.
3. Formular, aprobar y ejecutar la política de cambio climático del Estado Plurinacional, así como la normativa para su implementación.

2.6.1.1 LEY MARCO DE AUTONOMIAS N.º 031 DE 19 DE JULIO 2010.

Gobiernos departamentales autónomos:

Proteger y contribuir a la protección del medio ambiente y fauna silvestre, manteniendo el equilibrio ecológico y el control de la contaminación ambiental en su jurisdicción.

Gobiernos municipales autónomos:

Proteger y contribuir a la protección del medio ambiente y fauna silvestre, manteniendo el equilibrio ecológico y el control de la contaminación ambiental en su jurisdicción.

Gobiernos indígenas originario campesinos autónomos:

Proteger y contribuir a la protección según sus normas y prácticas propias, el medio ambiente, la biodiversidad, los recursos forestales y fauna silvestre, manteniendo el equilibrio ecológico y el control de la contaminación ambiental.

2.6.1.2 LEY MARCO DE LA MADRE TIERRA Y DESARROLLO INTEGRAL LEY N.º 300 15 DE OCTUBRE DE 2012.

Artículo 53, la Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra, entidad bajo dependencia y tuición del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, y responsable de desarrollar acciones de coordinación, desarrollo de procesos metodológicos, gestión de conocimientos y aspectos operacionales vinculados a la mitigación y adaptación al cambio climático; establecerá las pautas metodológicas que permitan incluir los efectos del cambio climático en los análisis del riesgo de desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos.

2.6.1.3 LEY DE GESTIÓN DE RIESGOS N.º 602 DE FECHA 14 DE NOVIEMBRE DE 2014.

Artículo 7º. - (Fiscalización en la gestión de riesgos) La ejecución de los recursos asignados en materia de gestión de riesgos, será objeto de fiscalización por parte de la Contraloría General del Estado.

Artículo 9º. - (Articulación y coordinación) Se establece como instancia de coordinación y articulación interterritorial al Viceministerio de Defensa Civil del Ministerio de Defensa, en

su calidad de Secretaría Técnica del Consejo Nacional para la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias – CONARADE.

2.6.2 BASE LEGAL PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA.

En el marco de sus atribuciones y competencias, el Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB) presenta el Manual para la Toma de Decisiones en proyectos de Agua Potable y Saneamiento.

Básico con Infraestructura Resiliente, con enfoque de reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático.

El presente Manual presenta una alternativa de análisis de riesgos de desastres y adaptación al cambio climático, según el mandato de la Resolución Ministerial N° 115, aprobada el 12 de mayo de 2015 por el Órgano Rector (Ministerio de Planificación del Desarrollo - MPD), que es de cumplimiento obligatorio por todas las entidades ejecutoras y profesionales involucrados en el Sector. Situación por la cual, esta alternativa debe ser considerada en todos los proyectos de inversión pública de agua potable y saneamiento básico.

2.6.2.1 RESOLUCION MINISTERIAL N° 592.

La Resolución Ministerial N° 592 emitida el 16 de Octubre de 2018 por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua resuelve Aprobar el “Manual para la toma de Decisiones en Proyectos de Agua Potable y Saneamiento Básico con Infraestructura Resiliente”, como instrumento técnico y de uso obligatorio para todo el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

CAPITULO III

3. CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El área de estudio abarca gran parte de la cuenca La Victoria, que comprende el proyecto del Sistema de Agua Potable existente. Esta cuenca se encuentra en la parte oriental de la Cordillera de Sama, en el departamento de Tarija, al sur de Bolivia. Esta zona se encuentra ubicada política y administrativamente en:

- Departamento: Tarija
- Provincia: Cercado
- Municipio: San Lorenzo y Cercado
- Comunidad: Rincón de la Victoria, Victoria
- Coordenadas UTM:

Tabla 3.1 Ubicación de la cuenca

Este	Norte	Altitud (m.s.n.m.)
302030,73 m	7612171,76 m	4272
308791,00 m	7616241,00 m	2825
317567,72 m	7621274,89 m	1957

Fuente: Elaboración propia con Google Earth

La cuenca del río La Victoria está ubicada a 10 km al Oeste de la ciudad de Tarija. Tiene un área de 30,4 km² (hasta la estación de control Rincón de la Victoria) y de 60,7 km² hasta su confluencia con el río Guadalquivir, e íntegramente se ubica en el flanco oriental de la serranía de Sama.

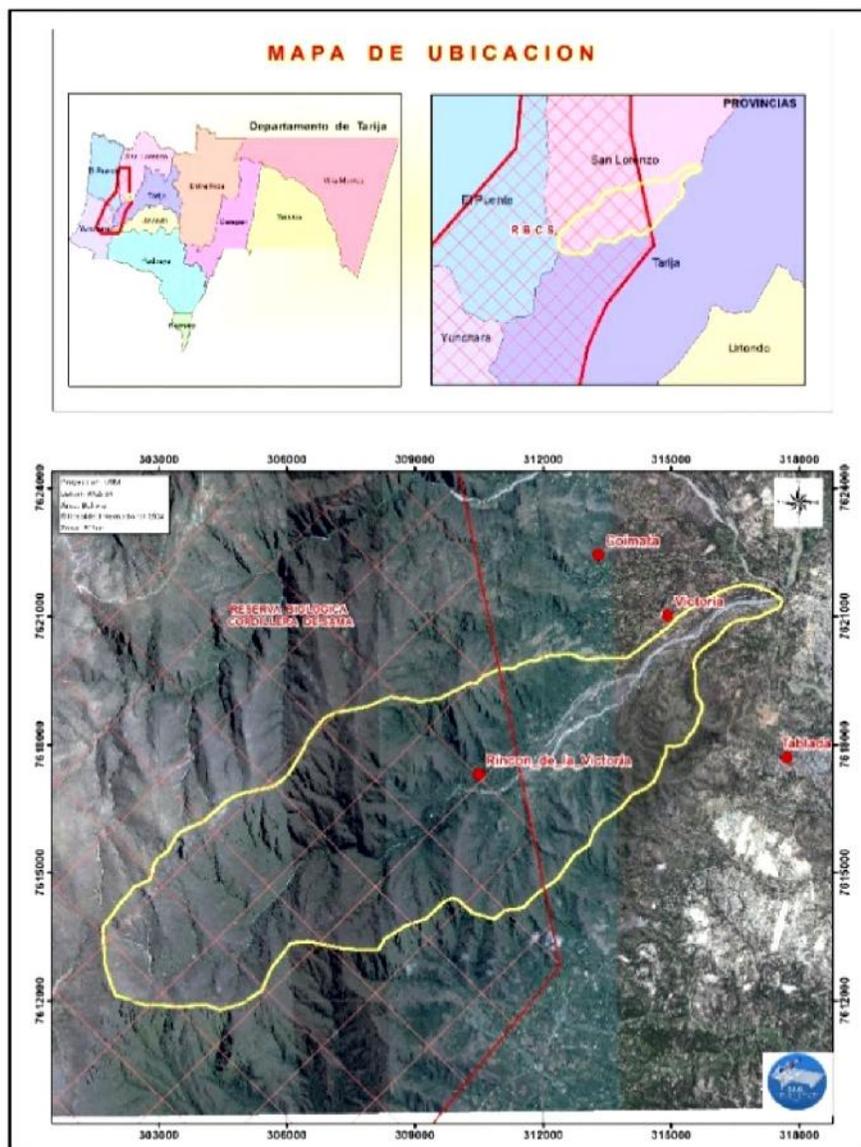


Figura 3.1 Identificación del área de estudio

Fuente: Elaboración Propia

3.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.

El proyecto del sistema de agua potable ubicado en el Rincón de La Victoria, actualmente se encuentra en estado de operación, contando con una cobertura de abastecimiento del 70% en época de lluvia y 30 % en época de estiaje.

Las obras de captación (Presa de derivación, Galería filtrante, Captaciones menores), se encuentran a 12 km del oeste de la ciudad, a una altura de 2200 msnm y la aducción comprende desde la presa superior del Rincón de la Victoria hasta la planta de tratamiento

de la Tabladita (distancia 13,5 km). Actualmente cuenta con 46 090 Conexiones de Agua Potable.



Figura 3.2 Descripción del río de La Victoria y componentes

Fuente: Elaboración Propia

Las obras de captación se encuentran emplazadas en el mismo río principal de la cuenca, para su posterior recolección a través de un canal aductor.

3.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL ÁREA DE ESTUDIO.

3.3.1.1 GEOLOGÍA.

En las serranías circunda el área de estudio, se diferencian dos unidades morfoestructurales; la Cordillera de los Andes y la faja Sub andina.

La cordillera de los Andes está representada principalmente por la serranía de Sama y sus estribaciones más orientales más orientales de rumbo general N-S, compuestas principalmente por rocas de la base del paleozoico.

La faja sub andina se encuentra en el sector más oriental del área estudiada y se caracteriza por sus serranías de variedad altitud y estratigráficamente heterogéneas de orientación N-S.

El área de rocas aflorante es principalmente sedimentaria; así el paleozoico se inicia con una secuencia de areniscas cuarticias bien fracturadas del cámbrico y de la formación Iscayachi (basa de ordovícico) bien representada en la cordillera de Sama.

Siguiendo una secuencia política y posteriormente presenta conglomerados de la base del carbónico, para pasar areniscas duras bien fracturadas y niveles de diamictitas.

La potencia de paleozoico en el área es aproximadamente 7000 m de espesor (CODETAR y Naciones Unidas, 1980, p. 15).

3.3.1.2 HIDROLOGIA.

El sistema hidrográfico del departamento de Tarija, está definido por redes de drenaje y un régimen de escurrimiento, que son claramente diferenciados e íntimamente relacionados con la fisiografía de la Cordillera Oriental, el Sub andino y la Llanura Chaqueña.

El drenaje principal, está constituido por los cursos de los ríos San Juan del Oro, Camblaya, Pilaya, Pilcomayo, Grande de Tarija y Bermejo, cuyos afluentes dentro del departamento, son generalmente de corto recorrido y de reducidos caudales (Vacaflores, 2008, p. 4).

3.3.1.3 CLIMATOLOGIA.

El departamento de Tarija presenta temperaturas variadas desde los 13°C, en la región de puna, hasta valores superiores a los 39 °C, en la región del Gran Chaco, que se incrementa de oeste a este. Sin embargo, la temperatura más frecuente en el departamento es de 16 °C. (Gobernación del Departamento de Tarija, 2023, p. 17).

3.3.1.4 PRECIPITACIÓN.

Las precipitaciones van en aumento desde 1 mm de lluvia, en la región occidental, hasta los 649 mm de precipitación anual, al este del departamento, aunque esto parece contradictorio por la región seca del Chaco. Este fenómeno se debe a las altas temperaturas de la región que, por lo general, presenta inviernos secos muy calientes.

Según los datos estadísticos del SENAMHI las precipitaciones medias acumuladas del departamento en la zona oeste alta oscilan entre los 511 mm y 614 mm distribuidas en los

municipios de Caraparí, Padcaya y Bermejo siendo estas las zonas con mayor precipitación dentro el departamento y por otro lado la zona suroeste a norte presenta precipitaciones de 167 a 270 mm. (Gobernación del Departamento de Tarija, 2023, p. 18).

3.3.1.5 EVAPOTRANSPIRACION.

De acuerdo con la clasificación de Koeppen, Tarija presenta cuatro grandes zonas climáticas: la primera del chaco tarijeño, que presenta una clasificación de estepa con inviernos secos muy calientes; la segunda, los valles mesotérmicos con inviernos secos calientes; luego continúa la unidad de estepa, de invierno seco caliente, y por último hacia el suroeste, presenta un clima de estepa con invierno seco frío, debido a la altura.

Estas características ocasionan que la región alcance valores de evapotranspiración superiores a los 400 mm al año, con coeficientes de escurrimiento por debajo del 30%, en la región central norte y este del departamento. Hacia el oeste, los valores se incrementan hasta los 40% y 50% (Gobernación del Departamento de Tarija, 2023, p. 19).

3.4 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Según el propósito es aplicada, ya que para conseguir los objetivos mediante una estrategia se debe plantear medidas viables de aplicabilidad para así solucionar el problema principal.

De acuerdo a su profundidad es descriptiva y explicativa. Descriptiva porque se centra en caracterizar las amenazas climáticas (inundaciones, sequías, incendios, etc.) y evaluar la vulnerabilidad del sistema hídrico. Explicativa porque busca entender las relaciones causa-efecto entre el cambio climático, las amenazas identificadas, y los impactos sobre el sistema de agua potable.

Según el procesamiento de datos es cuantitativo, ya que con uso de las herramientas informáticas se realiza un proceso matemático.

3.5 DETERMINACIÓN DE VARIABLES.

- Variables Independientes:

Factores climáticos y amenazas naturales (precipitaciones, temperatura, infraestructura del sistema, entre otros.)

- Variables Intervinientes:

Estrategias de adaptación, capacidad adaptativa, medidas de mitigación.

- Variables dependientes:

Nivel de riesgo, nivel de vulnerabilidad del sistema, grado de resiliencia.

3.6 INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.

Para aplicar la metodología principal de este trabajo se necesitará el uso del software ARI, para el análisis georreferencial, espacial de la cuenca y también de los componentes del sistema se utilizará SIG's como ArcGIS, para el análisis de datos y cálculos se utilizará Excel y para referencia y prediseño el Google Earth.

3.7 LIMITACIONES.

La precisión de los resultados que se obtendrán del Análisis del Riesgo del proyecto estará limitado a la información primaria disponible producto de estudios realizados anteriormente que comprendan el área de esta investigación y criterios propios del evaluador.

3.8 MÉTODO Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.

Para el análisis del riesgo de los componentes del sistema de agua potable y posterior análisis de medidas de adaptación propuestas, inicialmente se partió de dos bases de información primaria y secundaria, para posteriormente seguir de manera secuencial las etapas que requiere la herramienta ARI, siendo en etapa 5 del Módulo II la elaboración de las propuestas de mitigación para su posterior evaluación en la etapa final.

Esta secuencia de técnica de investigación se muestra en la Figura N.º 3.3.

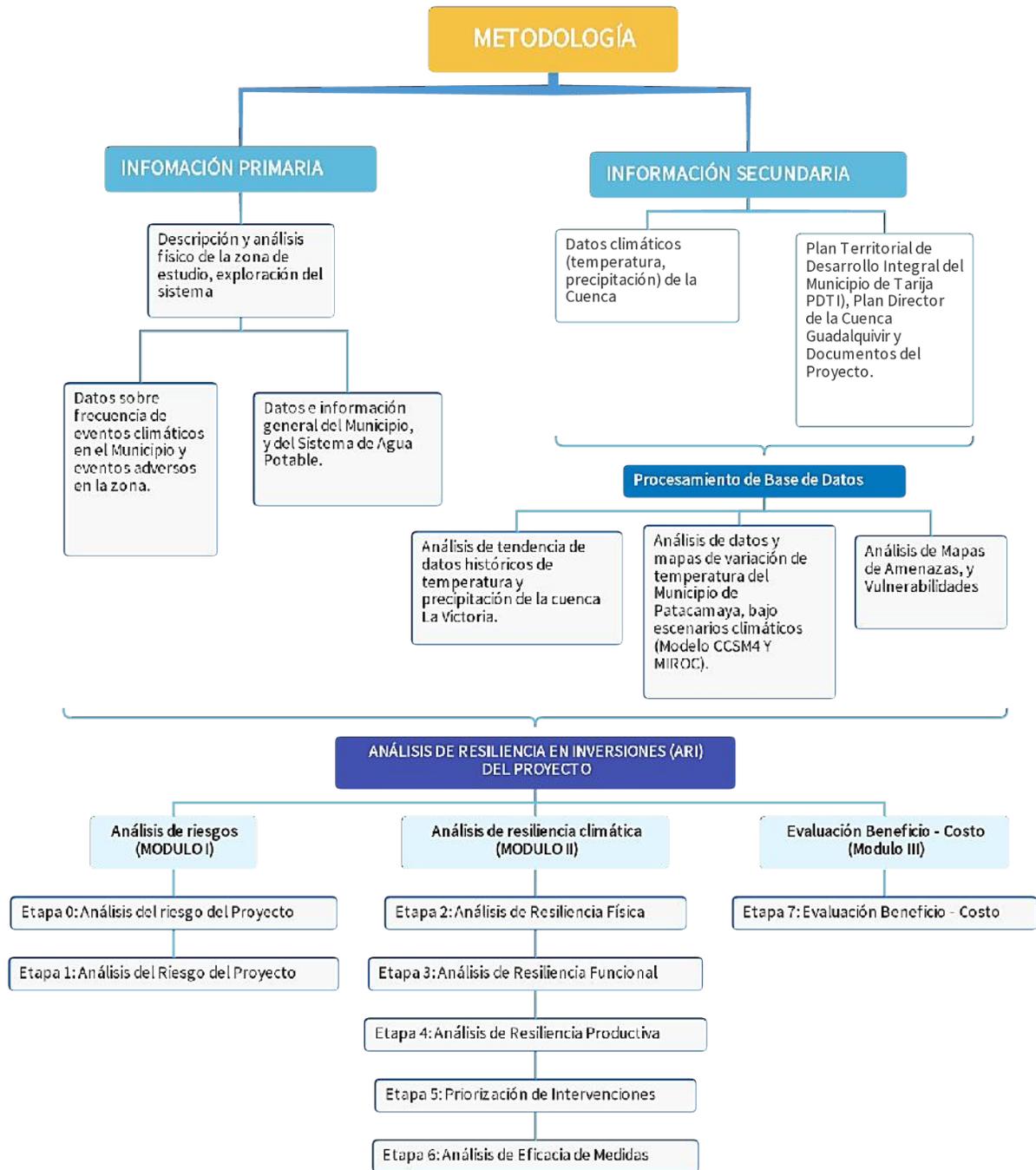


Figura 3.3 Esquema metodológico de Investigación

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV

CAPITULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 ASPECTOS FÍSICOS.

4.1.1 TIPO DE SUELO (TEXTURA).

La cuenca del río La Victoria presenta una textura cubierta de Francos en un 45% de su superficie y Franco Limoso en el 54,1% restante (Ver Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Tipo de suelo

Textura			
Símbolo	Tipo	Area (Ha.)	%
F	Francos	2911,65	45,9
FL	Franco Limoso	3435,42	54,1
Total		6347,07	100

Fuente: Sánchez, 2019

4.1.2 TIPO DE ROCA.

La existencia de rocas en la zona es evidente, la clasificación de la misma se presenta en la siguiente Tabla N° 4.2, de la cual se observa que en mayor cantidad predomina el tipo de roca Cuarцитas y areniscas, gris blanquecinas y violáceas cubriendo el 72,2% del área total de la cuenca.

Tabla 4.2 Tipo de roca

TIPO DE ROCA						
Edad	Formacion	Era	Epoca	Litologia	Area (Ha.)	%
Cuaternario	Dep. aluvial	Cenozoico	Holoceno	Material suelto de cantos, gravas, arenas, limos y arcillas	577,33	9,1
Cambrico	Fm. Sama	Paleozoico	Superios	Cuarцитas y areniscas, gris blanquecinas a violáceas	4585,25	72,2
Cuaternario	Dep. de terraza	Cenozoico	Inferior	Areniscas, limolitas y cuarцитas, gris verdosas	1184,49	18,7
TOTAL					6347,07	100

Fuente: Sánchez, 2019

4.1.3 USOS DE SUELO.

En la mayor parte de la extensión predomina 2 tipos de uso de suelo, siendo estos: Bosque que presenta los tres estratos (árboles, arbustos y hierbas) y Sistemas agroforestales o silvopastoriles. (Ver Tabla 4.3).

Tabla 4.3 Uso de suelo

USO DE SUELO		
Descripción	Area (Ha.)	%
Bosque que presenta los tres estratos: árboles, arbustos y hierbas	2196,43	34,6
Sistemas agroforestales o silvopastoriles	3511,44	55,3
Terrenos cultivados, obras de conservación de suelo	179,41	2,8
Terrenos cultivados sin ninguna obra de conservación de suelo y agua	59,59	0,9
Terrenos agropecuarios con manejo intensivo	400,2	6,3
TOTAL	6347,07	99,9

Fuente: Sánchez, 2019

4.1.4 PENDIENTE.

Su pendiente es escarpada 50 – 60 % de forma irregular, la pedregosidad superficial es mucha de 40%, el drenaje superficial es rápido, la erosión hídrica es de grado ligero (Molina et al., 2002).

La Tabla 4.4 presenta la distribución de las pendientes en la cuenca, clasificada según diferentes rangos, así como las áreas de influencia correspondientes a cada uno de estos rangos (Ver Figura 4.1).

Tabla 4.4 Pendiente de la cuenca del río La Victoria

TIPO DE PENDIENTE		
Rango de pendiente (%)	Area (Ha.)	%
0 - 6	522,18	8,2
6 - 15	538,49	8,5
15 - 45	2152,92	33,9
45 - 65	2009,17	31,7
> 65	1124,31	17,7
Total	6347,07	100

Fuente: Sánchez, 2019

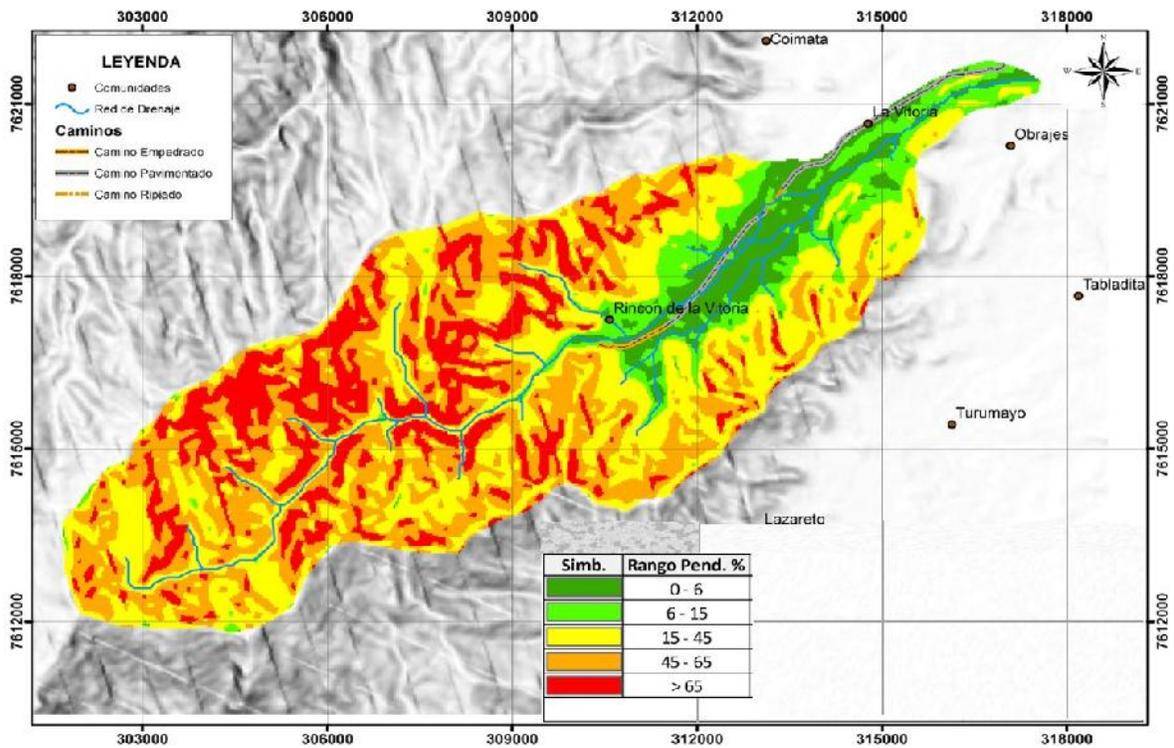


Figura 4.1 Mapa de pendientes en la cuenca
Fuente: Sánchez, 2019

4.2 TEMPERATURA .

Se presentan el estudio de las temperaturas media, mínima y máxima para analizar el incremento histórico de la temperatura en la cuenca, utilizando datos de documentos y bases de datos disponibles.

4.2.1.1 TEMPERATURA MEDIA HISTÓRICA.

Al disponer del acceso a la base de datos del modelo WEAP, utilizado en la elaboración del documento "Plan Director de la Cuenca del Río Guadalquivir", se obtuvo la temperatura histórica por unidad hidrológica (UH) en toda la cuenca del Río Guadalquivir.

Empleando los shapefiles de la base de datos del modelo WEAP y SEDEGIA, se identificó la Unidad Hidrológica correspondiente a la cuenca del río La Victoria el cual corresponde al código: UH_8589936.

Para la elaboración de la Tabla N°4.5, se extrajo el promedio de temperatura histórica de todos los meses para analizar su variabilidad dentro todo el año. El periodo de análisis corresponde a 1980 – 2018, siendo este mismo periodo el utilizado en el modelo WEAP de la cuenca del Río Guadalquivir.

Tabla 4.5 Temperatura Histórica mensual en °C de la cuenca del río La Victoria

Mes	Temperatura Media (°C)
Enero	15,62
Febrero	15,42
Marzo	15,19
Abril	14,56
Mayo	12,38
Junio	10,97
Julio	10,69
Agosto	12,22
Septiembre	13,60
Octubre	15,51
Noviembre	15,78
Diciembre	16,20
Anual	14,01

Fuente: Elaboración Propia con datos del SENAMHI

Esta información se puede apreciar de manera más clara en la Figura N°4.2, donde se evidencia una disminución progresiva de la temperatura desde enero hasta Julio, mes en el que se alcanza el valor más bajo. A partir de entonces, la temperatura comienza a aumentar nuevamente hasta llegar a Diciembre.

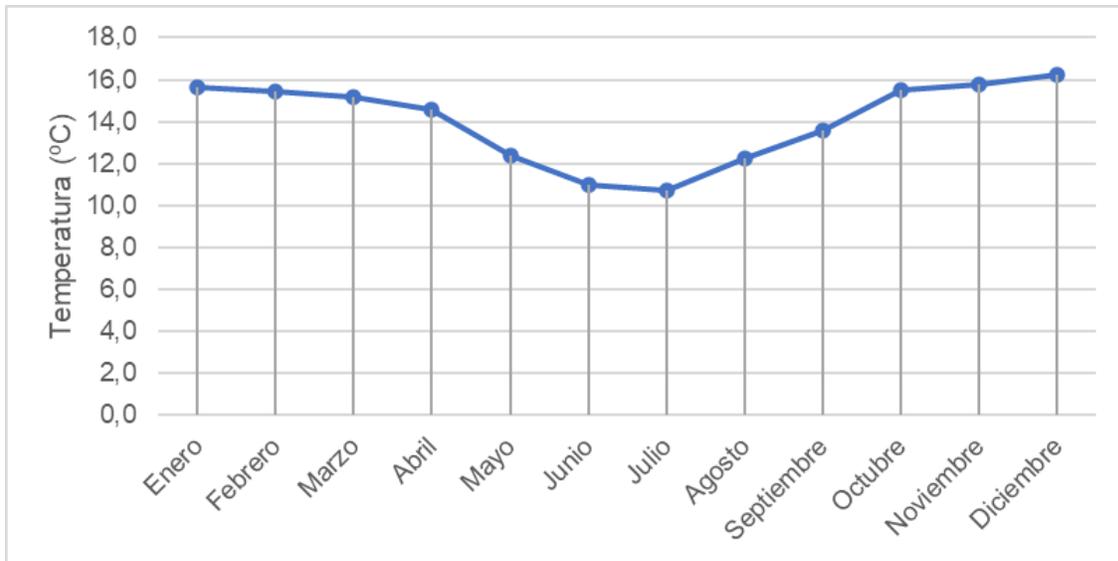


Figura 4.2 Variabilidad Mensual de Temperatura Histórica en la cuenca del Río La Victoria

Fuente: Elaboración Propia

La forma de reflejar el aumento de la temperatura en la cuenca utilizando los datos históricos implica en calcular la temperatura promedio de todos los años registrados e incorporarlos en una gráfica para obtener una pendiente. Como se muestra en la Figura N°4.3, la pendiente positiva evidencia el incremento de la temperatura a lo largo del tiempo, lo que ha resultado en máximos y mínimos nunca antes observados.

Aunque se observa un pico decreciente en el año 2008, es importante destacar que, después de ese evento, no se han registrado temperaturas promedio cercanas o inferiores a los 14 °C.

Este comportamiento sugiere que, a partir de ese momento, la tendencia de las temperaturas continúa en aumento de manera consistente. Este análisis se fundamenta en el procesamiento histórico de los datos recopilados, los cuales han permitido identificar un patrón sostenido de incremento térmico que podría estar asociado a factores ambientales, climáticos y antropogénicos que inciden en la región.

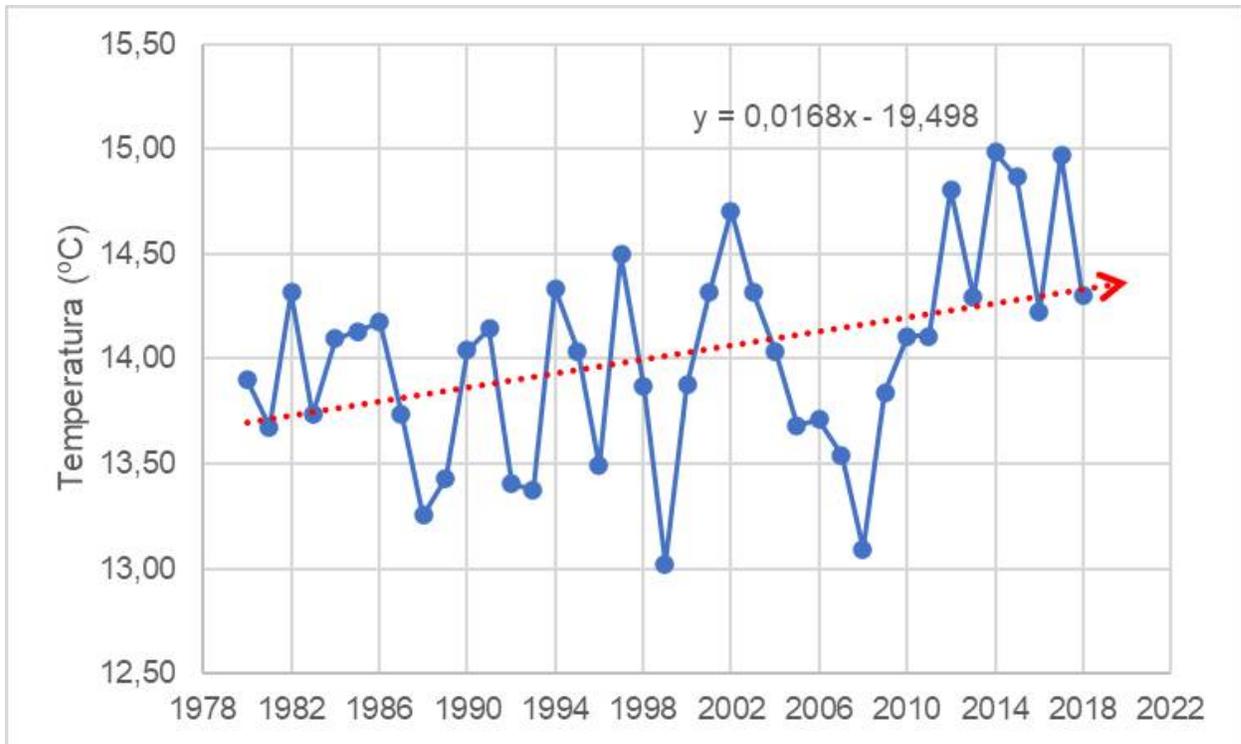


Figura 4.3 Tendencia de Temperatura Histórica (1980-2018) de la cuenca del Río La Victoria

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.2 TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA HISTÓRICA.

Para el análisis de las temperaturas máximas y mínimas en la cuenca del Río La Victoria, se utilizaron los datos de temperaturas extremas a lo largo del período estudiado, permitiendo identificar los picos más altos y bajos registrados por mes.

La Tabla N° 4.6 facilita el análisis del comportamiento de estos incrementos y descensos en relación con la temperatura media histórica.

Tabla 4.6 Temperatura Máxima y Mínima mensual Extrema en (°C) de la cuenca del río La Victoria

Mes	Temp.Max. Extrem. (°C)	Temp.Min. Extrem. (°C)
Enero	34,8	7,3
Febrero	35,2	2,2
Marzo	35	2,3
Abril	35	-2,6
Mayo	36,4	-6,4
Junio	35	-9,8
Julio	35,8	-10,5
Agosto	35,8	-8,7
Septiembre	36,6	-6,2
Octubre	37	0,9
Noviembre	38,8	1
Diciembre	36,8	4,8
Anual	38,8	-10,5

Fuente: Elaboración Propia con datos del SENAMHI

4.3 PRECIPITACIÓN.

Tabla 4.7 Precipitación Histórica mensual en (mm) de la cuenca del río La Victoria

MES	Precipitación (mm)
Enero	148,81
Febrero	130,16
Marzo	100,72
Abril	23,46
Mayo	2,95
Junio	0,72
Julio	0,93
Agosto	3,05
Septiembre	8,80
Octubre	36,44
Noviembre	66,33
Diciembre	124,61
Total	646,98

Fuente: Elaboración Propia con datos del SENAMHI

Para analizar el comportamiento de la precipitación en la cuenca del río La Victoria a partir de los registros históricos, se graficaron todos los datos anuales y se trazó una línea de tendencia, cuyo resultado se muestra en la Figura N° 4.4. La pendiente negativa de esta línea sugiere una disminución en la precipitación a lo largo de los años, lo que indica una mayor recurrencia de períodos de sequía.

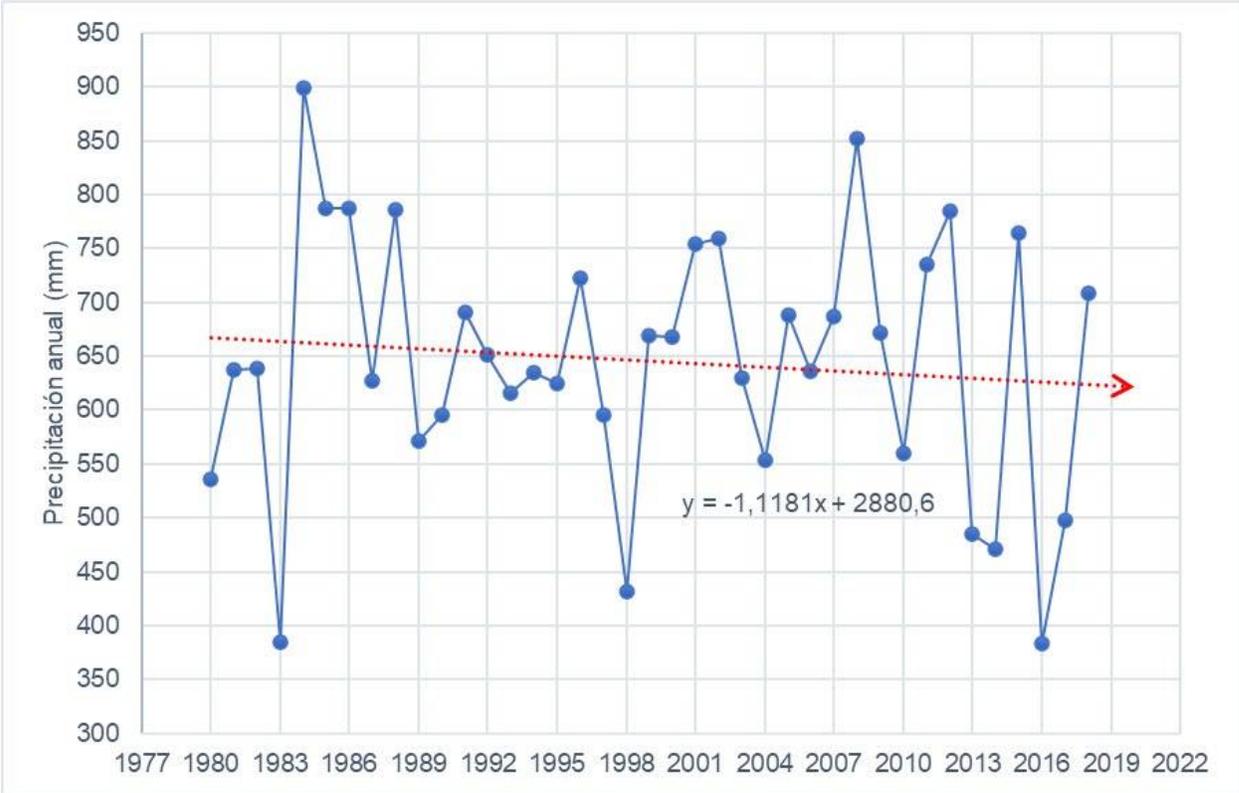


Figura 4.4 Tendencia de Precipitación Histórica (1980 – 2018) de la cuenca del río La Victoria

Fuente: Elaboración Propia

Una vez completado el conjunto de datos que abarca tanto la precipitación como la temperatura en la cuenca del río La Victoria, se generó la Figura N° 4.5, que ofrece una representación visual de la variabilidad en la temperatura promedio mensual y la precipitación acumulada mensual.

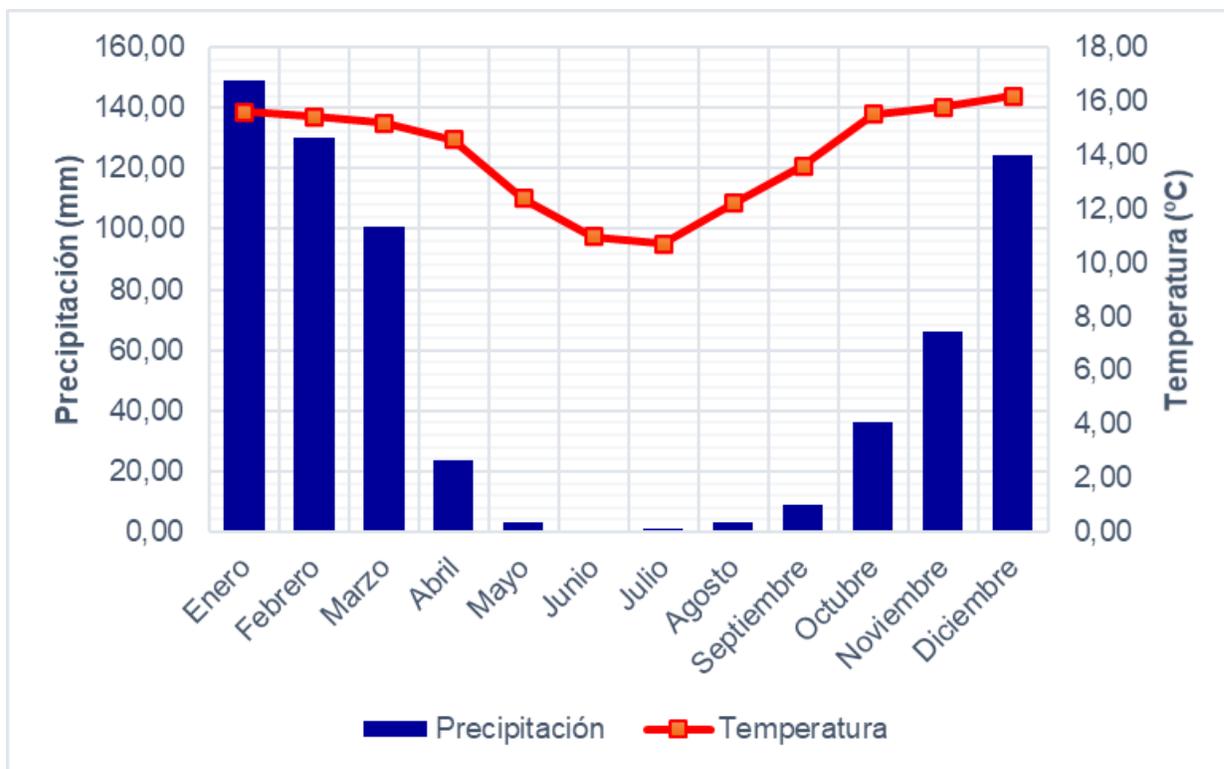


Figura 4.5 Precipitación y Temperatura Media Histórica mensual de la cuenca del río La Victoria

Fuente: Elaboración Propia

4.4 CALIDAD DEL AGUA.

El estudio de calidad presentado en este documento es producto de la CGE, que realizó una auditoría ambiental de "Resultados de la gestión ambiental" con el propósito de evaluar los resultados de la gestión ambiental realizada por las entidades encargadas de la mitigación de los impactos ambientales negativos generados en la cuenca del río Guadalquivir. Se hizo a partir de un trabajo de muestreo y análisis de aguas de los diferentes ríos de la zona de estudio. Para la toma de muestras y su respectivo análisis este estudio requirió al laboratorio RIMH Servicios Analíticos y Ambientales de la ciudad de Tarija. Los resultados de los análisis físicoquímico y biológico fueron presentados por el laboratorio a través de protocolos de muestreo de aguas y certificados de ensayo que contienen los resultados de análisis, entre otros datos complementarios.

El punto de muestreo del río La Victoria, cuyos resultados se exponen más abajo, se puede visualizar en la siguiente figura:

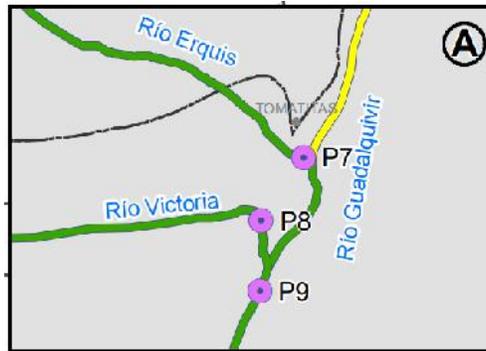


Figura 4.6 Ubicación del punto de muestreo de calidad del Agua en el río La Victoria (P8)

Fuente: CGE, 2016

El estudio realizó las mediciones de parámetros fisicoquímicos (oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, demanda biológica de oxígeno, nitratos, fosfatos, turbiedad y solidos disueltos totales).

Para la interpretación de los resultados se empleó el Índice de Calidad del Agua ICA – NSF, este índice permite reducir la información de los parámetros analizados de forma sencilla, generalmente es expresada en una escala de valores de 0 a 100.

Tabla 4.8 Resultados del ICA – NSF en el río La Victoria

Wi	PARAMETROS								ICA	Calidad
	Turb.	pH	SDT	O.D.	DBO5	Fosfatos	Nitratos	Colifecales		
Wi	0,1125	0,0925	0,1325	0,0925	0,1825	0,1125	0,1125	0,1125		
Qs	81	73	81	93	68	84	84	68	74,16	Buena
Qs*Wi	9,11	6,75	10,73	8,6	12,41	9,45	9,45	7,65		

Fuente: CGE, s. f.

En la auditoría también se realizó una evaluación del grado de contaminación orgánica de los ríos de la cuenca del río Guadalquivir a partir de 4 parámetros (oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno y nitratos), que permiten determinar el índice de contaminación orgánica ICO, cuyos resultados son relacionados con una escala de valores que muestran diferentes rangos de contaminación 0 a 16, donde valores mayores a 16 ya son considerados como altamente contaminados.

Tabla 4.9 Determinación del ICO en el río La Victoria

Punto de Muestreo	OD (%)	X _{OD}	DBO (mg/l)	X _{DBO}	DQO (mg/l)	X _{DQO}	Nitratos (mg/l)	X _{NO3}	ΣXi	ICO	Grado de contaminación
8	90,62	0,750	3,40	2,267	5,98	0,598	2,69	0,778	4,393	1,10	Poco contaminada

Fuente: CGE, s. f.

De acuerdo al resultado del grado de contaminación califica como poco contaminado con materia orgánica en el río.

De manera complementaria se ha evaluado la variación de la calidad biológica del río Guadalquivir entre los años 2008 y 2015, a través de macroinvertebrados bentónicos (BMWP/bol). Estos organismos bioindicadores son especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia (normalmente es la sensibilidad) a varios parámetros. La presencia de una especie en particular demuestra la existencia de ciertas condiciones en el medio, mientras que su ausencia es la consecuencia de la alteración de tales condiciones.

Los rangos de calidad que se utilizan para evaluar la calidad del agua según la calidad biológica del río son:

Clase	Condición biológica	BMWP/Bol	Calidad del cuerpo de agua	Color
I	Buena	>100	Aguas muy limpias. No contaminadas	AZUL
II	Aceptable	61-100	Se evidencia algún efecto de contaminación	VERDE
III	Dudosa	36-60	Aguas contaminadas	AMARILLO
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	NARANJA
V	Muy Crítica	<16	Aguas fuertemente contaminadas	ROJO

Figura 4.7 Rangos de calidad asignados al BMWP/Bol por clase y calidad de agua

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), s. f.

El resumen del análisis realizado en el río La Victoria según estos indicadores se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4.10 Determinación de la calidad Biológica a través de macroinvertebrados bentónicos (BMWP/bol) en el río La Victoria

Punto de Muestreo	BMWP/Bol	Clase	Calidad del cuerpo de agua	Condicion biologica
P8	20	IV	Aguas muy contaminadas	Critica

Fuente: CGE, s. f.

El punto P8 (río La Victoria), presenta una condición biológica crítica (naranja), albergando una fauna resistente a la contaminación, entre ellas a las familias Elmidae, Physidae, Planorbiidae y Chironomidae, ésta última puede soportar situaciones de fuerte contaminación orgánica.

4.5 CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CUENCA.

Considerando que no se cuenta con un estudio reciente específico para la Cuenca del Río La Victoria, se optó por emplear los datos del modelo WEAP correspondiente a la Cuenca del Río Guadalquivir. En este modelo, se realizaron simulaciones que consideraron escenarios de cambio climático, enfocándose en las concentraciones de dióxido de carbono (RCPs), específicamente en los escenarios RCP6.0 y RCP8.5. La información climática se obtuvo de estaciones meteorológicas del BHNB y SENAMHI.

Esta base de datos climáticos incluyó tanto el clima histórico, basado en información recopilada entre 1980 y 2018, que sirvió como base de datos para las temperaturas y precipitaciones en toda la cuenca, como el clima futuro. Para este último, se desarrollaron dos escenarios climáticos a escala reducida empleando los modelos IPSL-CM5A-LR y MIROC-ESM, que mostraron un mejor rendimiento. Estos escenarios se centraron en las emisiones más altas de gases de efecto invernadero, correspondientes a los escenarios RCP8.5 y RCP6.0.

4.5.1 TEMPERATURA.

La temperatura de la cuenca del río La Victoria muestra un incremento en todos los escenarios de cambio climático en comparación con el escenario histórico, como se observa en la Tabla N° 4.11. En el escenario más pesimista, la proyección RCP8.5 indica un aumento de 1,84 °C, mientras que en la proyección RCP6.0 se estima un incremento de 1,36 °C. Es importante destacar que el modelo IPSL-CM5A-MR_RCP8.5 presenta los escenarios más extremos, con un aumento del 13,01% respecto a la temperatura histórica.

Tabla 4.11 Temperatura Media Multianual con Escenarios Climáticos de la cuenca del río La Victoria

Escenario	Periodo	Temperatura Media (°C)	Delta Promedio (%)
Histórico	1980 - 2018	14,01	-
IPSL-CM5A-MR_RCP6.0	2020 - 2050	15,37	+10,07
IPSL-CM5A-MR_RCP8.5	2020 - 2050	15,85	+13,37

Fuente: Elaboración Propia en base a datos del modelo WEAP de la cuenca del río Guadalquivir

Se obtuvo también la temperatura media mensual, donde se observa que noviembre, diciembre y enero son los meses más cálidos, mientras que julio es el más frío. Destacando los principales datos de la Tabla N° 4.12, el modelo IPSL-CM5A-MR_RCP6.0 para el mes más cálido muestra un aumento de temperatura del 8,45%, y el IPSL-CM5A-MR_RCP8.5 un incremento del 11,98 % en comparación con la temperatura histórica.

Tabla 4.12 Variación Mensual de Temperatura con Escenarios Climáticos de la cuenca del río La Victoria

Mes	Histórico	IPSL 6.0		IPSL 8.5	
	°C	°C	Δ (%)	°C	Δ (%)
Enero	15,62	16,94	8,50	17,39	11,38
Febrero	15,42	16,65	7,99	16,87	9,39
Marzo	15,19	16,12	6,11	16,94	11,52
Abril	14,56	15,51	6,51	16,37	12,42
Mayo	12,38	13,72	10,86	13,96	12,74
Junio	10,97	12,97	18,20	13,45	22,60
Julio	10,69	12,45	16,52	12,39	15,89
Agosto	12,22	12,91	5,61	13,46	10,18
Septiembre	13,60	15,34	12,78	15,69	15,35
Octubre	15,51	16,89	8,95	17,70	14,14
Noviembre	15,78	17,41	10,36	17,81	12,86
Diciembre	16,20	17,57	8,45	18,14	11,98
Anual	14,01	15,37	10,07	15,85	13,37

Fuente: Elaboración Propia en base a datos del modelo WEAP de la cuenca del río Guadalquivir

Para llevar a cabo el análisis del incremento de temperatura en la cuenca del río La Victoria, se representaron gráficamente, en la Figura N° 4.10, los datos correspondientes a los escenarios de cambio climático IPSL-CM5A-MR_RCP6.0 y RCP8.5. Esta representación gráfica se elaboró empleando la información cuantitativa detallada en la Tabla N° 4.11 (desarrollada en los Anexos), utilizando herramientas de procesamiento y modelado estadístico según el modelo WEAP de la cuenca Guadalquivir.

Los resultados obtenidos muestran una proyección significativa del incremento de la temperatura media anual en la cuenca, alcanzando hacia el año 2050 un valor aproximado de 17,3 °C en el escenario más desfavorable (IPSL-CM5A-RCP8.5). En contraste, para el escenario intermedio (RCP6.0), la proyección indica un valor ligeramente menor, de 16,7 °C de temperatura media anual. Estos valores reflejan una tendencia al alza sostenida,

evidenciando la influencia de los escenarios de emisiones en la dinámica térmica de la cuenca.

El análisis integra técnicas de interpolación y simulación climática bajo condiciones de incertidumbre, proporcionando una base técnica sólida para la interpretación de las proyecciones y el diseño de estrategias de ingeniería orientadas a la adaptación y mitigación de los impactos del cambio climático en el área de estudio.

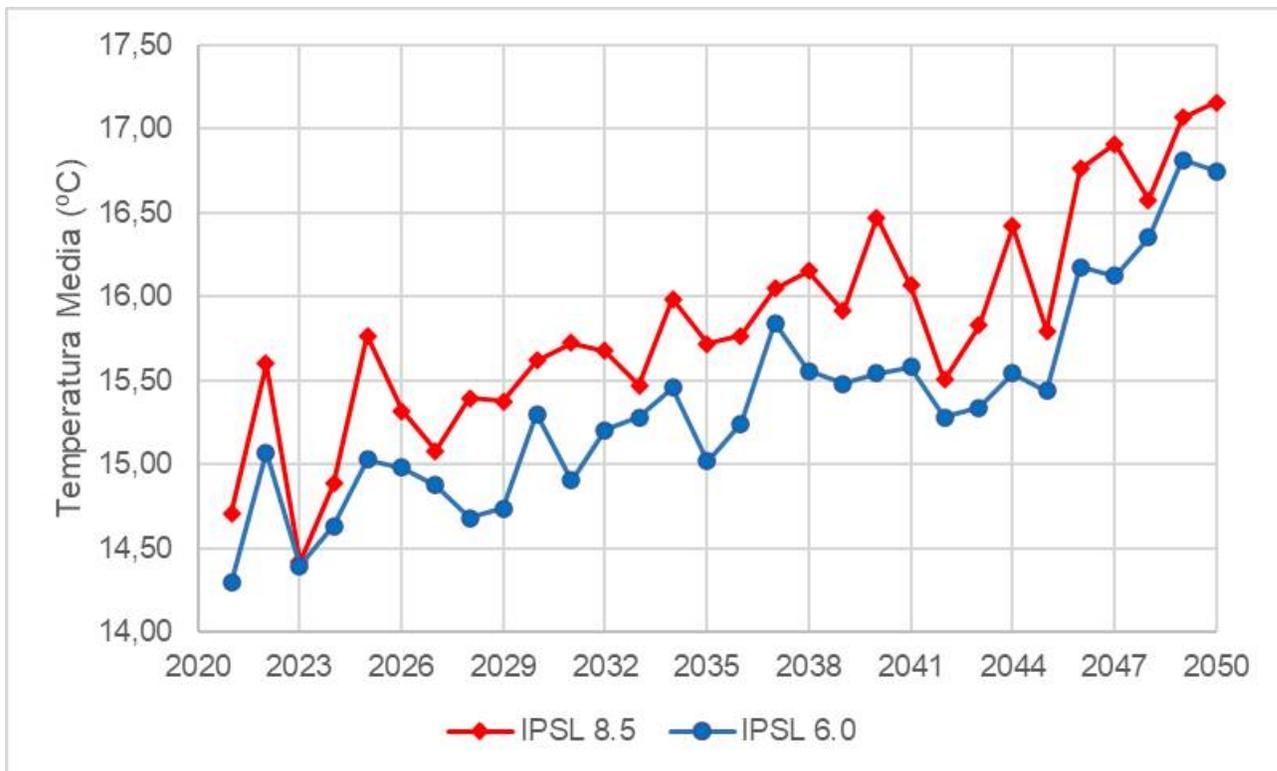


Figura 4.8 Incremento de la Temperatura Media Histórica con Escenarios Climáticos de la cuenca del río La Victoria

Fuente: Elaboración Propia en base a datos del modelo WEAP de la cuenca del río Guadalquivir

4.5.1.1 ANALISIS DE TEMPERATURA DEL ESTUDIO “INDICE DE VULNERABILIDAD”.

En el caso de la temperatura máxima (Figura 4.9), se prevé un aumento progresivo a lo largo del tiempo. Dicho aumento no se produce por igual en todo el municipio, sino que en la zona este coincidente con los distritos de Santa Ana, Yesera, Alto España, Junacas y San Agustín los incrementos son mayores que en la zona oeste. Los mayores aumentos se dan en el escenario RCP 8.5 claramente diferenciados con respecto al RCP 4.5 a mediano y largo plazo.

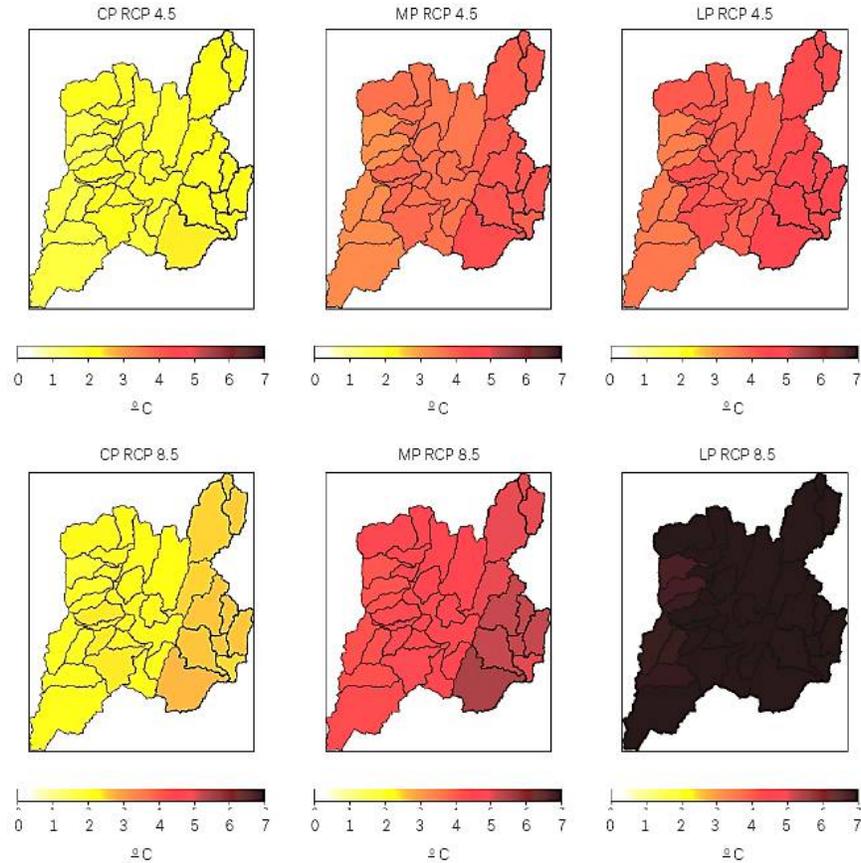


Figura 4.9 Variación de la temperatura máxima anual en los escenarios de emisiones 4.5 (arriba) y 8.5 (debajo), CP: corto plazo (horizonte 2040) / MP: medio plazo (horizonte 2070) / LP: largo plazo (horizonte 2100)

Fuente: Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria et al., 2021

Por lo tanto, y según se desprende del análisis realizado, se espera que el clima futuro del municipio sea más seco y más cálido.

4.5.2 PRECIPITACIÓN.

A partir de la base de datos del modelo WEAP, se obtuvieron los datos de precipitación promedio anual para los escenarios generados por el modelo IPSL-CM5A-LR. En ambos escenarios futuristas se observa una disminución en la precipitación, y en el escenario más pesimista, IPSL-CM5A-LR8.5, la reducción es del 5,44% promedio anual en relación al periodo histórico, como se muestra en la Tabla N° 4.13.

Tabla 4.13 Precipitación Media Multianual con Escenarios Climáticos de la Cuenca del río La Victoria

Escenario	PERIODO	Precipitación Media (mm)	Delta Promedio (%)
Histórico	1980 - 2018	683,17	-
IPSL - CM5A - MR_RCP6.0	2020 - 2050	652,09	-4,77
IPSL - CM5A - MR_RCP8.5	2020 - 2050	647,73	-5,44

Fuente: Elaboración Propia en base a datos del modelo WEAP de la cuenca del río Guadalquivir

También se dispone de datos sobre la precipitación mensual en los diferentes escenarios climáticos (Ver Tabla N° 4.14). En el escenario más desfavorable, el mes de marzo muestran disminuciones en la precipitación, lo que podría generar problemas en el suministro de agua potable a la población, en los sistemas de riego y en la disponibilidad de agua durante los meses de estiaje.

Tabla 4.14 Precipitación Media Multianual con Escenarios Climáticos de la Cuenca del río La Victoria

Mes	Histórico	IPSL 6.0		IPSL 8.5	
	mm	mm	Δ (%)	mm	Δ (%)
Enero	148,81	156,03	4,86	159,96	7,49
Febrero	130,16	125,95	-3,23	133,56	2,61
Marzo	100,72	74,51	-26,02	94,80	-5,87
Abril	23,46	36,31	54,78	28,77	22,65
Mayo	2,95	5,96	101,82	2,83	-4,20
Junio	0,72	0,71	-0,69	0,25	-64,82
Julio	0,93	0,57	-38,08	0,28	-69,46
Agosto	3,05	2,48	-18,86	1,85	-39,34
Septiembre	8,80	6,33	-28,06	6,11	-30,61
Octubre	36,44	41,20	13,04	29,47	-19,12
Noviembre	66,33	77,82	17,33	70,03	5,58
Diciembre	124,61	124,21	-0,32	119,81	-3,85

Fuente: Elaboración Propia en base a datos del modelo WEAP de la cuenca del río Guadalquivir

Con la base de datos de precipitación y temperatura para los escenarios de cambio climático de la cuenca del río La Victoria, se elaboró las Figuras N° 4.10 y 4.11, que permite analizar la variabilidad de la temperatura promedio mensual y la precipitación acumulada mensual en estos escenarios. Esta figura presenta comparaciones detalladas entre el escenario histórico y los escenarios proyectados, lo cual facilita la identificación de patrones y tendencias en el comportamiento de las variables climáticas. En particular, se pueden observar los meses críticos en los que las temperaturas alcanzan sus picos máximos y mínimos, así como los períodos de mayor y menor precipitación.

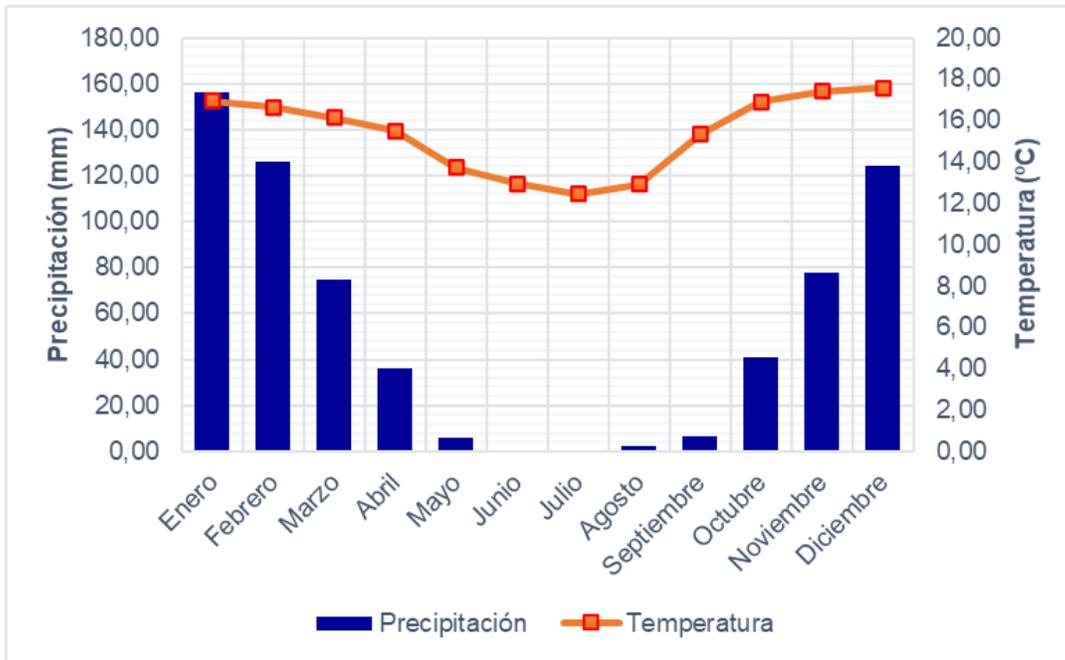


Figura 4.10 Precipitación y Temperatura Media mensual (2020 – 2050) con Escenario Climático IPSL – CM5A - MR_RCP6.0 de la cuenca del río La Victoria

Fuente: Elaboración Propia

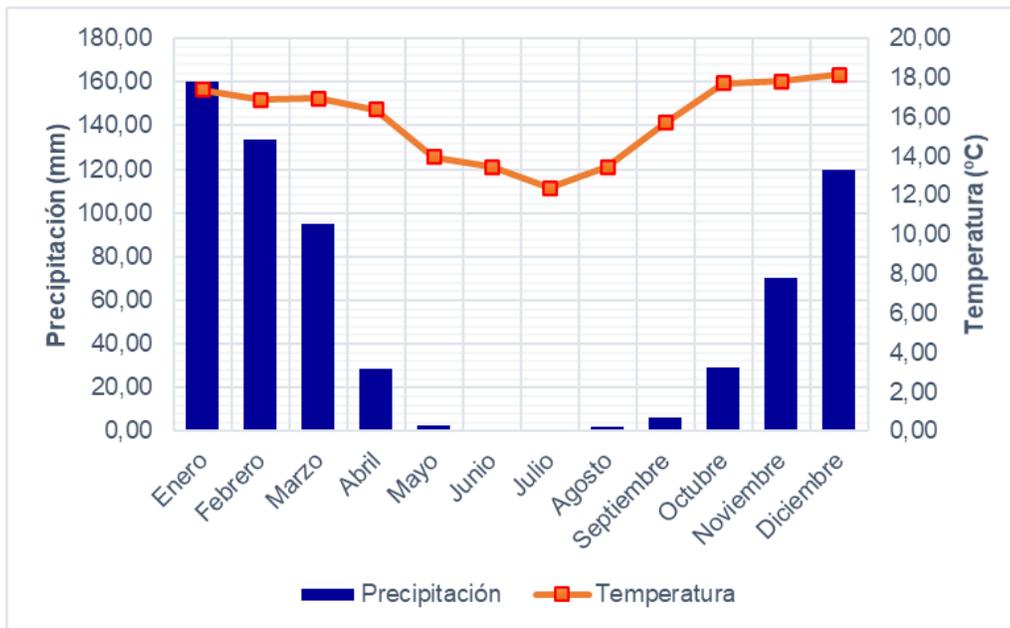


Figura 4.11 Precipitación y Temperatura Media mensual (2020 – 2050) con Escenario Climático IPSL – CM5A - MR_RCP8.5 de la cuenca del río La Victoria

Fuente: Elaboración Propia

4.5.2.1 ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN DEL ESTUDIO “ÍNDICE DE VULNERABILIDAD”.

En este estudio las **previsiones de cambio climático** se realizan para cada uno de los siete escenarios que resultan de la combinación de los horizontes temporales y de los escenarios de emisiones: periodo de referencia (1979-2005); corto plazo (2010-2040), medio plazo (2040-2070) y largo plazo (2070-2100), considerando para las proyecciones futuras dos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (RCP 4.5 y RCP 8.5).

En los dos escenarios de emisiones considerados se produce una **reducción de la precipitación media** (Figura 4.12), aunque con cambios más notables en el escenario RCP 4.5. Las mayores reducciones se producen con valores máximos del orden del 5% respecto a la precipitación media actual.

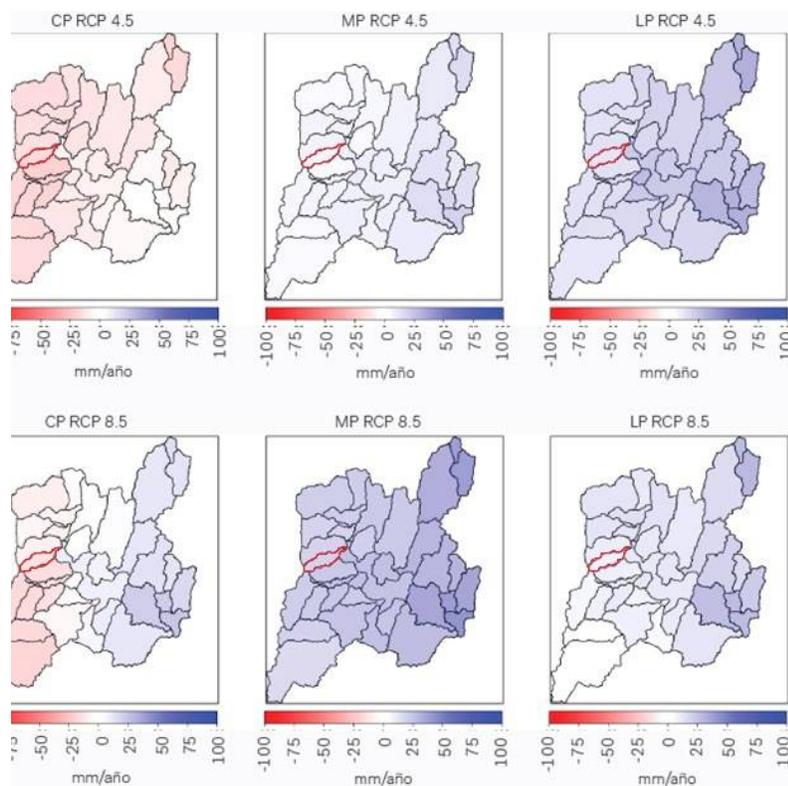


Figura 4.12 Variación de la precipitación promedio anual respecto a la actual en los escenarios de emisiones 4.5 (arriba) y 8.5 (debajo). CP: corto plazo (horizonte 2040) / MP: medio plazo (horizonte 2070) / LP: largo plazo (horizonte 2100).

Fuente: Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria et al., 2021

4.5.3 BALANCE HÍDRICO.

La Tabla N° 4.15 presenta un resumen del balance hídrico de la cuenca Guadalquivir, basado en un estudio de modelación de la zona con sus respectivos escenarios climáticos. Este resumen se utilizará para considerar la oferta hídrica disponible en la cuenca.

Tabla 4.15 Balance Hídrico de la Cuenca del Río Guadalquivir con Escenarios Climáticos

Variable (Hm3)	Historico	IPSL RCP8.5	MIROC RCP8.5	IPSL RCP6.0	MIROC RCP 6.0
Flujo Base	-170	-166	-159	-170	-160
Disminucion de la Humedad del Suelo	616	621	599	609	591
Evapotranspiracion	-1657	-1684	-1645	-1713	-1667
Flujo hacia Agua Subterranea	-18	-18	-17	-19	-17
Incremento de la humedad del Suelo	-610	-614	-586	-593	-584
Inter Flujo	-218	-213	-203	-218	-205
Precipitacion	2307	2334	2211	2354	2226
Escorrentia Superficial	-250	-260	-201	-250	-184
Balance	-1	-1	-1	-1	-1

Fuente: Saavedra y Hinojosa, 2021

El documento guía estima la demanda de la población y el crecimiento poblacional utilizando datos estadísticos del INE. Esto permite determinar de forma aproximada el balance hídrico, considerando la oferta y los escenarios de cambio climático.

Tabla 4.16 Relación de oferta y demanda en la cuenca para periodo histórico y escenarios futuros

Variable (Hm3)	Historico	IPSL RCP8.5	MIROC RCP8.5	IPSL RCP6.0	MIROC RCP 6.0
Oferta	514	495	429	497	423
Demanda poblacion	-14	-33	-33	-33	-33
Demanda riego	-120	-250	-250	-250	-250
Balance	380	211	145	213	140

Fuente: Saavedra y Hinojosa, 2021

4.6 DEMANDA POBLACIONAL DE AGUA.

Para la población de Tarija se tiene la toma de la Victoria, que es la fuente de agua más importante de la ciudad, a través de la toma LV suministra agua para satisfacer la demanda, este análisis de fuentes de agua en todas las demás subcuencas que conforman la cuenca del río Guadalquivir denota aún más la importancia de la subcuenca del río La Victoria por tener gran importancia hídrica para la ciudad de Tarija, las demandas de agua a nivel SIG se muestran en la siguiente Figura:

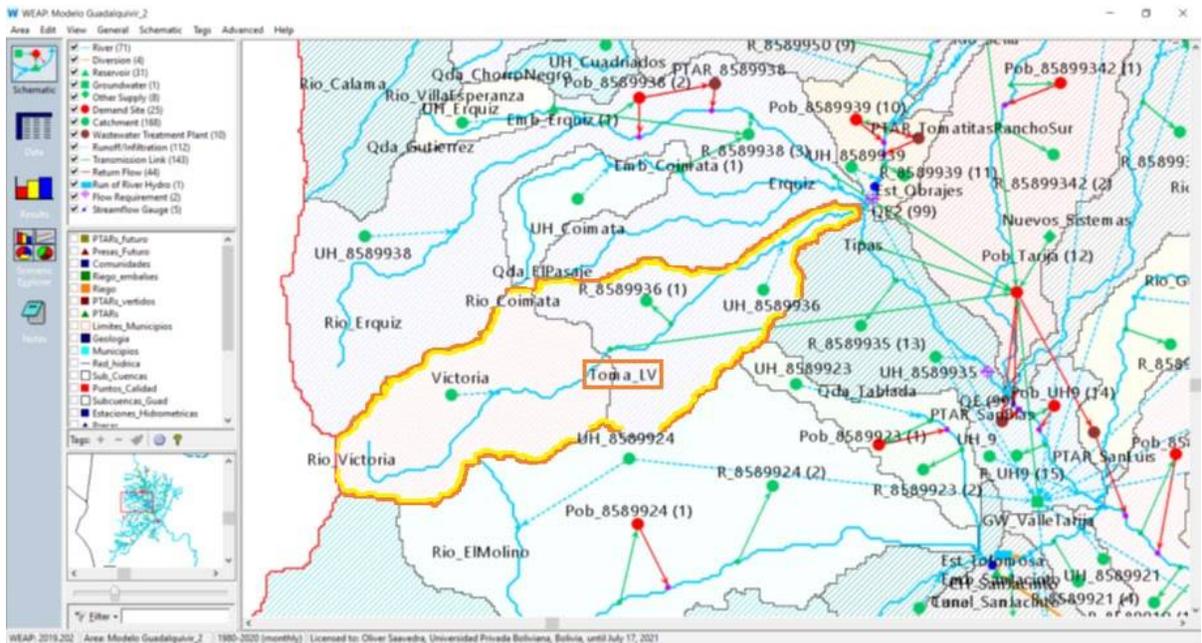


Figura 4.13 Demanda poblacional de agua potable modelo WEAP

Fuente: GIZ-BOLIVIA, 2020

4.7 EVENTOS ADVERSOS.

La base de datos de DesInventar ofrece información desde el 20 de febrero de 1971 hasta el año 2013. Esta herramienta, de naturaleza conceptual y metodológica, facilita la recolección de datos sobre pérdidas, daños o impactos generados por emergencias o desastres. En la Tabla N° 4.17 se encuentran registrados los eventos adversos de origen meteorológico correspondientes al municipio donde se ubica la cuenca del Río La Victoria.

Tabla 4.17 Eventos adversos en el Municipio de Tarija

Municipio	Evento adverso	
	Descripción	Número
Tarija	Inundación	22
	Granizada	18
	Incendio Forestal	11
	Riada	7
	Vientos Fuertes	5
	Helada	4
	Sequía	4
	Tempestad	1

Fuente: Elaboración Propia según Base de Datos DesInventar

Esta tabla puede transformarse en una representación gráfica para mejorar la visualización de los eventos adversos registrados en el municipio de Tarija, según la base de datos DesInventar. Esto se ilustra en la Figura N°4.14.

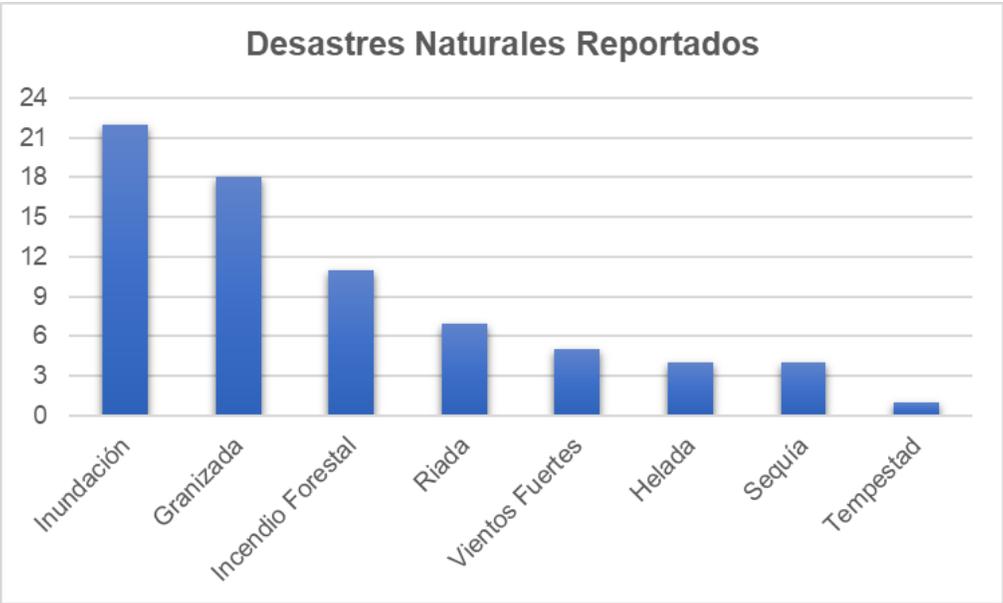


Figura 4.14 Desastres Naturales Reportados en el Municipio de Tarija

Fuente: Elaboración Propia según Base de Datos DesInventar

A partir de la recopilación histórica de estos eventos adversos en el Desinventar, se ha creado una base de datos sobre los daños ocurridos en el municipio, afectando tanto el desarrollo económico como social. En algunos casos, estos eventos han llevado a la pérdida de vidas y han reducido los ingresos municipales. Esta información se ilustra en la figura N° 4.15.

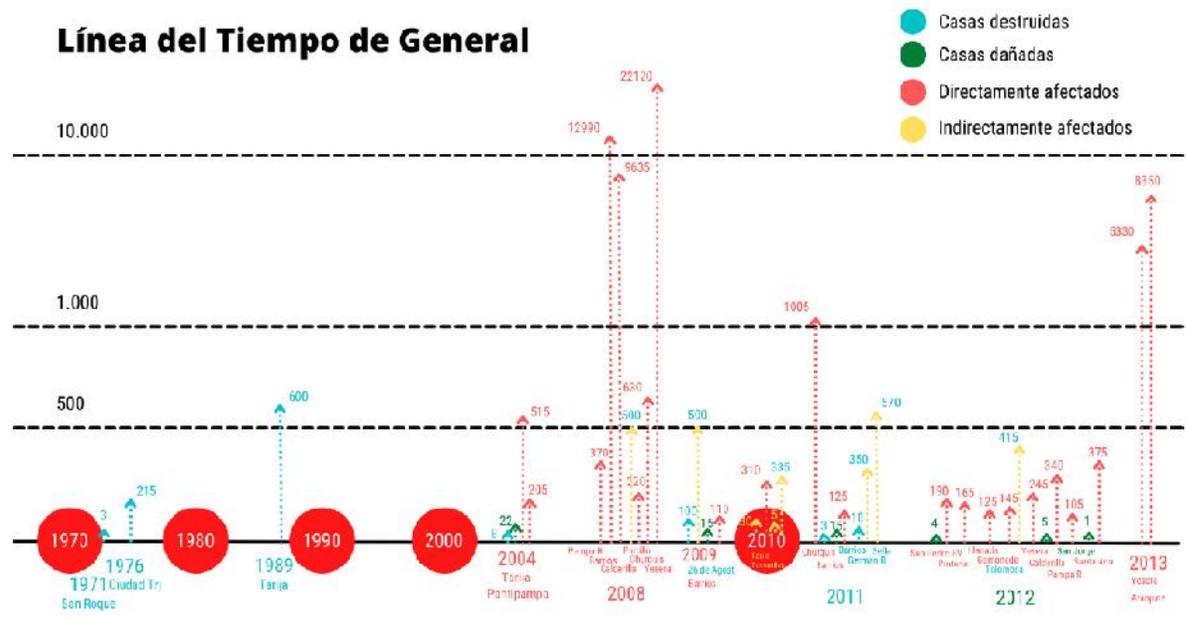


Figura 4.15 Línea de Tiempo de Eventos Meteorológicos Adversos en el Municipio de Tarija

Fuente: Elaboración Propia según Base de Datos DesInventar

Complementando lo señalado anteriormente, el Plan Territorial de Desarrollo Integral del Departamento de Tarija 2021–2025 reporta la ocurrencia de amenazas en los últimos años (2016-2019), indicando el grado de afectación y los tipos de infraestructura impactados. Este nivel de afectación depende de la intervención de los niveles de gobierno, incluyendo el GAM, el GAD y el Nivel Central del Estado.

Es relevante destacar que la Tabla N°4.18 contiene información concentrada únicamente en los municipios de Tarija y San Lorenzo, dado que la cuenca del río La Victoria se encuentra dividida entre ambos municipios.

Tabla 4.18 Ocurrencia de Eventos adversos en el periodo 2016-2019 en los municipios de Tarija y San Lorenzo

Municipios	Ocurrencia	Año	Grado de Afectación	Tipo de Infraestructura afectada
Tarija y San Lorenzo	Granizada	2016	Leve	Educación, Salud, Riego, Vivero y Otros
		2017	Medio	
		2018	Medio	
		2019	-	
	Helada	2016	Medio	Otros
		2017	-	
		2018	Leve	
		2019	Grave	
	Incendios	2016	Leve	Riego, Pozos y Otros
		2017	Grave	
		2018	Grave	
		2019	Grave	
	Inundaciones	2016	-	Educación, Caminos, Riego, Pozos y Otros
		2017	-	
		2018	Medio	
		2019	-	
Sequías	2016	-	Otros	
	2017	-		
	2018	-		
	2019	-		

Fuente: Elaboración propia en base a información del PDTI 2021-2025

4.8 ANÁLISIS DE AMENAZAS Y VULNERABILIDADES.

4.8.1 ANÁLISIS DE AMENAZAS.

4.8.1.1 ANÁLISIS DE SEQUÍAS.

- **Índice de escasez de agua**

Las sequías prolongadas reducen la cantidad de agua disponible en fuentes superficiales y subterráneas, lo que aumenta el estrés hídrico de una región. En consecuencia, el índice de escasez de agua empeora, ya que hay menos agua disponible para satisfacer las necesidades de la población.

Según los resultados realizados de la metodología XLRM para el Apoyo de Decisiones Robustas (ADR) a través del modelo WEAP en la cuenca Guadalquivir, a continuación, se

muestra el índice de escasez en las unidades hidrológicas que comprende la cuenca La victoria tanto para un plano histórico y futuro.

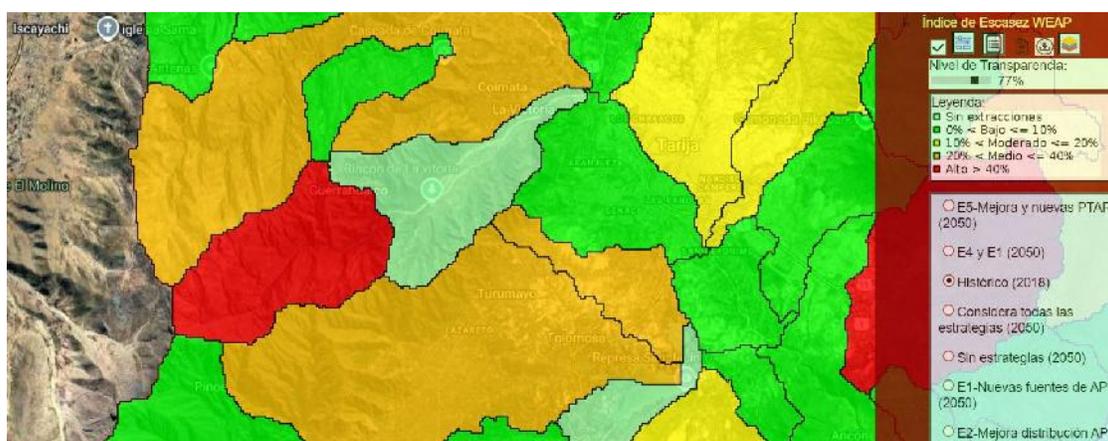


Figura 4.16 Índice de escases de agua histórico (2012-2018)

Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra que, en la cuenca La Victoria, representada en dos unidades hidrológicas con una línea de tiempo histórico, el índice de escasez de agua varía. En la parte alta, se presenta un índice de escasez de nivel "Alto", superando el 40%. En contraste, la parte baja muestra un nivel "Sin extracciones", como consecuencia directa de la situación en la parte alta.

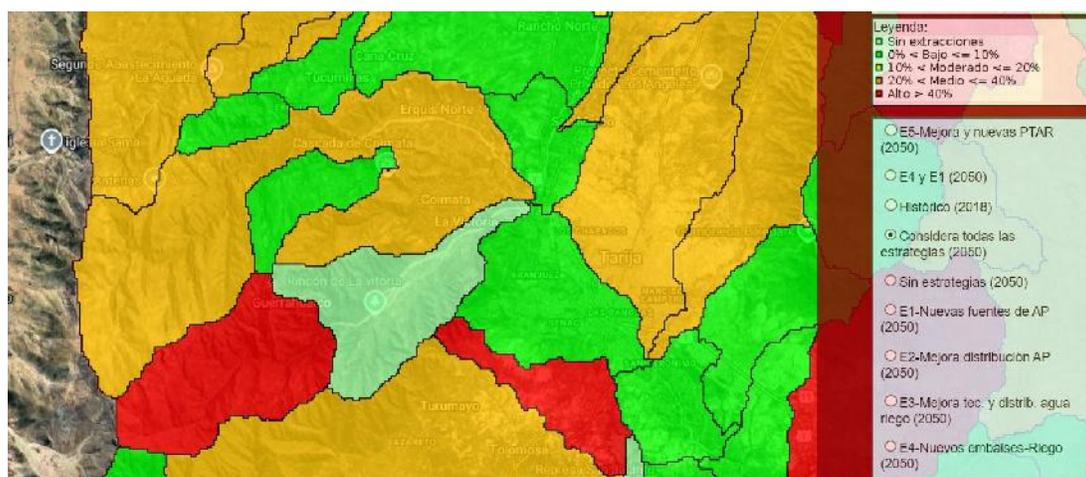


Figura 4.17 Índice de escases de agua Futuro considerando 7 líneas estratégicas (2050)

Fuente: Elaboración Propia

Para el año 2050 se muestra el índice de escasez para 7 líneas estratégicas en donde se realizan acciones sobre la cuenca y una línea sin acciones. Todas estas estrategias fueron modeladas en el WEAP, con información del modelo climático IPSL-CM5A-MR_RCP8.5.

Líneas estratégicas modeladas:

- E1: Implementación de nuevas fuentes de agua potable
- E2: Mejoramiento en la distribución de agua potable
- E3: Tecnificación y mejoramiento en la distribución de agua para riego
- E4: Operación de nuevos embalses para riego
- E5: Operación y mejoramiento de planta de tratamiento de Aguas residuales
- E6: E1y E4
- E7: Considera la implementación de todas las estrategias a la vez

El gráfico muestra que, al implementar todas las Líneas Estratégicas de Escenarios Futuros, la tendencia del Índice de Escasez en la cuenca La Victoria no difiere significativamente de la tendencia histórica.

Por otro lado, según el estudio de “Determinación áreas de recarga subterránea Tarija 2020” sequias de gran intensidad se presentan cada 5 años aproximadamente, (Amandes S.R.L., 2018).

4.8.1.2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES.

Las variables consideradas para la caracterización de la amenaza de inundación son la intensidad de precipitación máxima diaria (mm/h) y la superficie total afectada por inundación por distrito (expresada en porcentaje), ambas derivadas del análisis del régimen extremal de precipitaciones (Ver Figura 4.18).

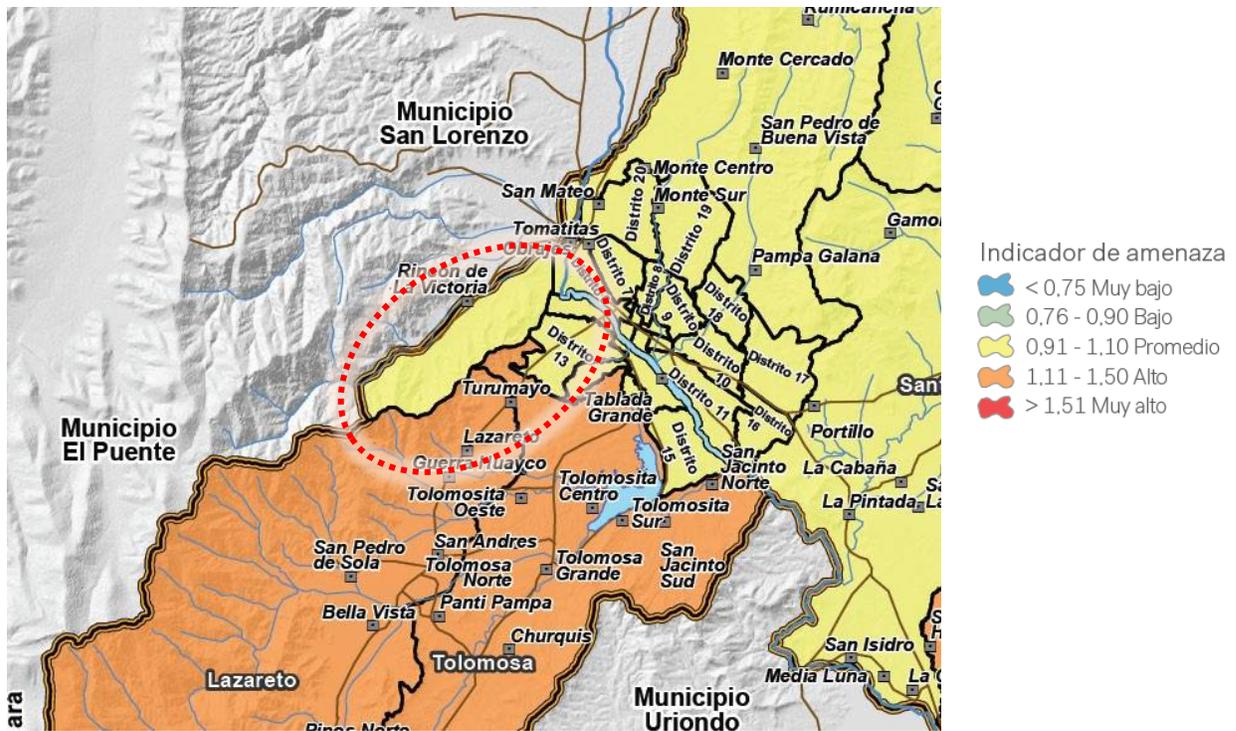


Figura 4.18 Indicador de grado de Amenaza a Inundación en la cuenca del río La Victoria y adyacentes.

Fuente: Elaboración Propia en base a datos del Índice de vulnerabilidad de la ciudad de Tarija

Por otro lado, el estudio “Evaluación del riesgo climático en la cuenca Guadalquivir” analiza diversas amenazas, entre las cuales una es el exceso de agua proyectado para el periodo 2020-2050 en escenarios climáticos futuros según el modelo MIROC RCP 8.5, desglosado por unidades hidrológicas. Los resultados específicos para la cuenca del río La Victoria, dividida en dos unidades hidrológicas, se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 4.19 Grado de amenaza a Exceso de Agua para la cuenca del río La Victoria

Cuenca	Unidad hidrológica (UH)	Grado de amenaza	
		Tiempo	
		Presente (1980 - 2018)	Futuro (2020 - 2050)
La Victoria	8589936	Medio	Medio
	Victoria	Medio	Medio

Fuente: Elaboración propia en base a la Evaluación de la cuenca Guadalquivir

De acuerdo a este estudio la cuenca entre el periodo de tiempo pasado al tiempo futuro ha registrado una disminución de la precipitación, pero sin embargo esto, no es muy significativo ante la amenaza de exceso de agua ya que el grado es el mismo tanto para presente y futuro.

Este hecho hace que reduzca la amenaza por exceso de agua en toda la cuenca, pero no así la posibilidad a que existan inundaciones y riadas, aunque con menor frecuencia.

Según este estudio, aunque la cuenca ha registrado una disminución en las precipitaciones al comparar periodos pasados con proyecciones futuras, esta reducción no impacta significativamente la amenaza de exceso de agua, ya que el grado de riesgo se mantiene similar en el presente y en el futuro. Esto reduce en cierta medida la amenaza de exceso de agua en toda la cuenca; sin embargo, no elimina la posibilidad de inundaciones y riadas, aunque estas podrían ocurrir con menor frecuencia.

Según el Plan Departamental de Ordenamiento Territorial del Departamento de Tarija, el riesgo de inundación en la cuenca del río La Victoria se clasifica como moderado, con una frecuencia estimada de **1 vez cada 5 a 10 años**.

4.8.1.3 ANALISIS DE HELADAS Y GRANIZADAS.

La amenaza de heladas (Figura N.º 4.19) se determinó a partir del número de heladas y el número de heladas tardías promedio por año. Su mayor recurrencia es en la zona de la Cordillera de Sama, aunque el valle central de Tarija se ve afectado de forma moderada. De esta manera, se puede observar que la cuenca del río Tolomosa es el único que se encuentra en un nivel muy alto, mientras que la cuenca en estudio del Río La Victoria se encuentra en un rango de amenaza “Alto”, y el resto de distritos se encuentra en el promedio o por debajo.

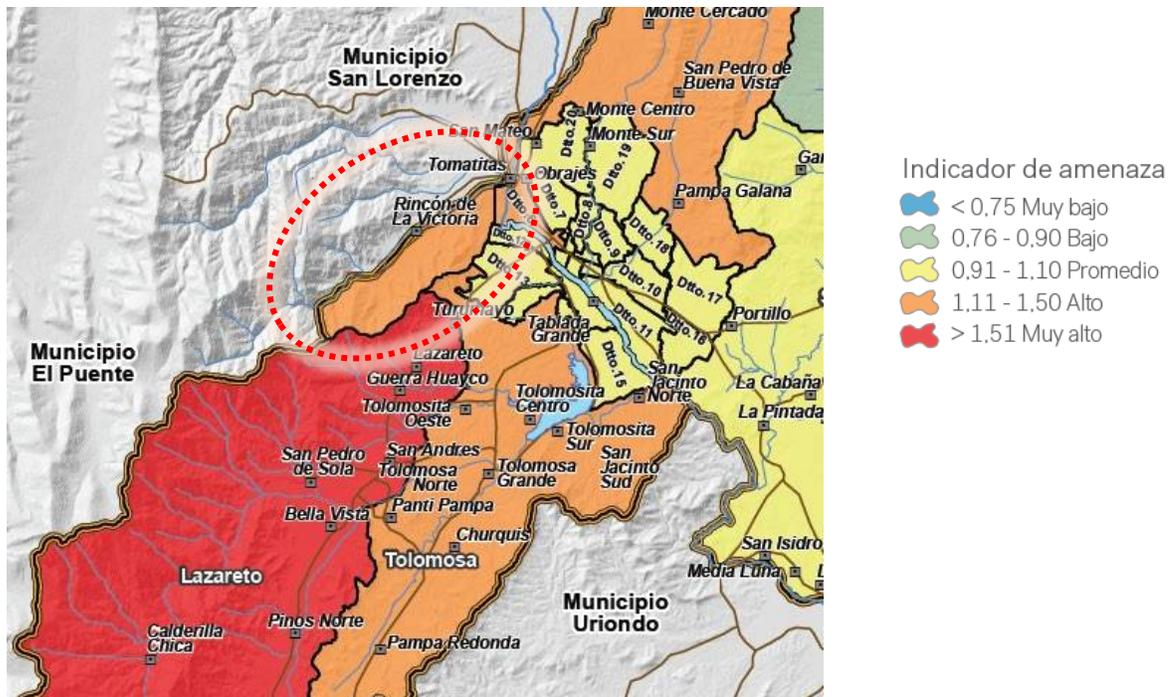


Figura 4.19 Indicador de amenaza a Heladas en la cuenca del río La Victoria y adyacentes

Fuente: Elaboración Propia en base a datos del Índice de vulnerabilidad de la ciudad de Tarija

De acuerdo al Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2015), el periodo libre de heladas es de **7 meses** y las granizadas son **muy frecuentes** en esta zona.

De la misma forma que en el apartado anterior en el Plan Departamental de Ordenamiento Territorial del Departamento de Tarija, realiza el estudio de la ocurrencia y el riesgo de heladas y granizadas, del cual para la cuenca del río La Victoria las heladas se presentan con una frecuencia **mayor a 160 por año** y las granizadas **cada 2 años**.

4.8.1.4 ANALISIS DE SEDIMENTACION.

El estudio realizado de “Valoración Hidrológica de las Cuencas Tolomosa y La Victoria”, demuestra resultados para tres escenarios diferentes de análisis, descritos a continuación:

- Escenario Actual: Caracterizado solamente a través de la vegetación y su grado de degradación.

- Escenario A de no protección: Escenario con base a restricciones de pendiente en función de cambio posible de uso de suelo y usos posibles según variable de capacidad de uso.
- Escenario B de no protección: Toma en cuenta las mismas condiciones que el escenario A, pero afectado por la presión poblacional y considera que la vegetación solamente puede cambiar por causa de la intervención humana durante el periodo de tiempo usado en el análisis (50 años) y no así las características fisiográficas y de suelos , geomorfológicas (drenaje) o topográficas (pendiente).

Los resultados que se obtuvieron para los escenarios de no protección en la cuenca La Victoria en ambos escenarios es el aumento del aporte de sedimentos manteniendo el régimen en un grado ligeramente mayor en los meses de diciembre a abril.

Los resultados reflejan que para el escenario A es de muy fuerte degradación, ya que, la erosión y el aporte de sedimentos prestamente se cuadruplican, lo que indudablemente se debe a la gran magnitud del cambio (en superficie y en tipo). Para el escenario B implica poco cambio en la zona dentro de la Reserva de Sama y cambios más importantes fuera de ella. Esto era de esperar por la fuerte pendiente y baja presión poblacional de la zona dentro de la Reserva, que implican pocos cambios para el escenario B.

La tasa anual de aporte por unidad de superficie para toda la cuenca pasa de los 672 ton/km² de la situación actual a 2564 ton/km² para el escenario A y 1365 ton/km² para el escenario B. Para la zona dentro de Reserva de Sama, la tasa pasa de 671 ton/km² de la situación actual a 2693 ton/km² para el escenario A y 899 ton/km² para el escenario B.

Este análisis nos permite ver el comportamiento de los sedimentos bajo diferentes escenarios, siendo el más desfavorable el escenario A, el cual será tomado en cuenta para el análisis del presente estudio, como una zona de alta sedimentación.

4.8.1.5 ANÁLISIS DE EROSION.

Según el estudio de “Valoración hidrológica de las cuencas Tolomosa y La Victoria”, determina diferentes niveles de degradación de erosión del suelo, en función a la superficie ocupada por tipo de vegetación. El grado de erosión varía de ligero a muy severo según la

unidad, tal como se muestra en la siguiente tabla, que además indica la unidad de vegetación en que se presenta.

Tabla 4.20 Grado de erosión según unidad

Nivel de degradación	Unidad en que se presenta (ID único)
Erosión muy severa, tierras eriales	9
Erosión severa	28,31
Erosión moderada	27,30
Erosión ligera a moderada	29

Fuente: Molina et al., 2002

Para analizar los escenarios más críticos de erosión en la cuenca La Victoria, consideraremos las unidades de valoración mencionadas y aplicaremos los mismos escenarios de proyección descritos en el punto 4.7.4.1. Los resultados se presentarán en las siguientes tablas, diferenciando entre un área dentro de la Reserva de Sama y otra fuera de ella.

Tabla 4.21 Grado de erosión por superficie ocupada según tipo de vegetación en los escenarios de no protección en la cuenca La Victoria – dentro de la Reserva de Sama

ID Unico	Escenario A		Escenario B		Grado de erosión según unidad
	Km2	%	Km2	%	
28	0,13	0,33	0,13	0,33	Erosion severa
29	15,96	38,97	15,96	38,97	Erosion ligera a moderada
30	1,88	4,60	0,75	1,82	Erosion moderada
31	0,06	0,14	0,06	0,14	Erosion severa

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Valoración Hidrológica de las Cuencas de los ríos Tolomosa y La Victoria

De la tabla cada porcentaje es en función a un total de 40.96 km², que corresponden a la zona de la cuenca La Victoria que está dentro de la Reserva de Sama.

Tabla 4.22 Grado de erosión por superficie ocupada según tipo de vegetación en los escenarios de no protección en la cuenca La Victoria – fuera de la Reserva de Sama

ID Unico	Escenario A		Escenario B		Grado de erosión según unidad
	Km2	%	Km2	%	
28	1,23	6,22	1,23	6,22	Erosion severa
29	2,84	14,36	2,84	14,36	Erosion ligera a moderada
30	0,86	4,33	0,86	4,33	Erosion moderada
31	3,14	15,88	3,14	15,88	Erosion severa

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Valoración Hidrológica de las Cuencas de los ríos Tolomosa y La Victoria

De la tabla cada porcentaje es en función a un total de 19.75 km², que corresponden a la zona de la cuenca La Victoria que está dentro fuera de la Reserva de Sama.

Tabla 4.23 Grado de erosión por superficie ocupada según tipo de vegetación en los escenarios de no protección en toda la cuenca La Victoria

ID	Escenario A		Escenario B		Grado de erosion según unidad
	Km2	%	Km2	%	
28	1,36	2,24	1,36	2,24	Erosion severa
29	18,80	30,97	18,80	30,97	Erosion ligera a moderada
30	2,74	4,51	1,61	2,65	Erosion moderada
31	3,20	5,27	3,20	5,27	Erosion severa

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Valoración Hidrológica de las Cuencas de los ríos Tolomosa y La Victoria

Se observa que en ambos escenarios en la cuenca de La Victoria la mayor parte de la superficie en función al tipo de vegetación corresponden a una “erosión ligera a moderada”, seguido de una “erosión severa” en menor porcentaje.

La erosión de suelos es un problema predominante en la cuenca debido al uso de suelos para la agricultura con alta pendiente, los mismos una vez utilizada no son protegidos, por tanto, quedan vulnerables y gradualmente cada año va avanzando la erosión desde una baja cobertura vegetal, formación de surcos y cárcavas.

las quebradas en su parte alta, media y baja, los suelos se encuentran en diferentes grados de degradación, desde que una baja cobertura vegetal, suelos erosionados hasta cárcavas bien formadas por efecto del cambio climático los suelos se erosionan, las precipitaciones intensas impactan a los suelos desprotegidos, sin cobertura vegetal, con la pendiente se origina el arrastre de sedimentos hasta llegar a los cursos de agua, depositándose y cambiando la estructura de los ríos. Los suelos degradados, reducen su productividad.

Esto es debido a la degradación de la cobertura vegetal, entre bosques, matorrales y pastizales en laderas de montaña y zonas de recarga hídrica agregando la fuerte pendiente en zona alta de la cuenca, produciendo la erosión de los suelos y posterior arrastre de sedimentos en laderas y quebradas logrando un cambio de la estructura de los cursos de agua en la parte baja de la cuenca.

4.8.1.6 ANALISIS DE INCENDIOS.

La amenaza de incendios forestales se ha determinado a partir de la tasa de ocurrencia de incendios forestales y el Índice Potencial de Incendios (Fire Potential Index: Huesca et al.,

2009) que realiza una estimación del potencial de incendios basado en temperatura, biomasa y humedad relativa, es decir factores ambientales naturales.

Los incendios forestales (Figura 4.20) son una amenaza recurrente cada año, la cual está muy relacionada a la actividad de ganadería extensiva ya que se utiliza el fuego para provocar el rebrote de las praderas que se localizan especialmente en la Cordillera de Sama, en concreto en los distritos Lazareto y San Mateo, donde se da con nivel de amenaza muy alto.

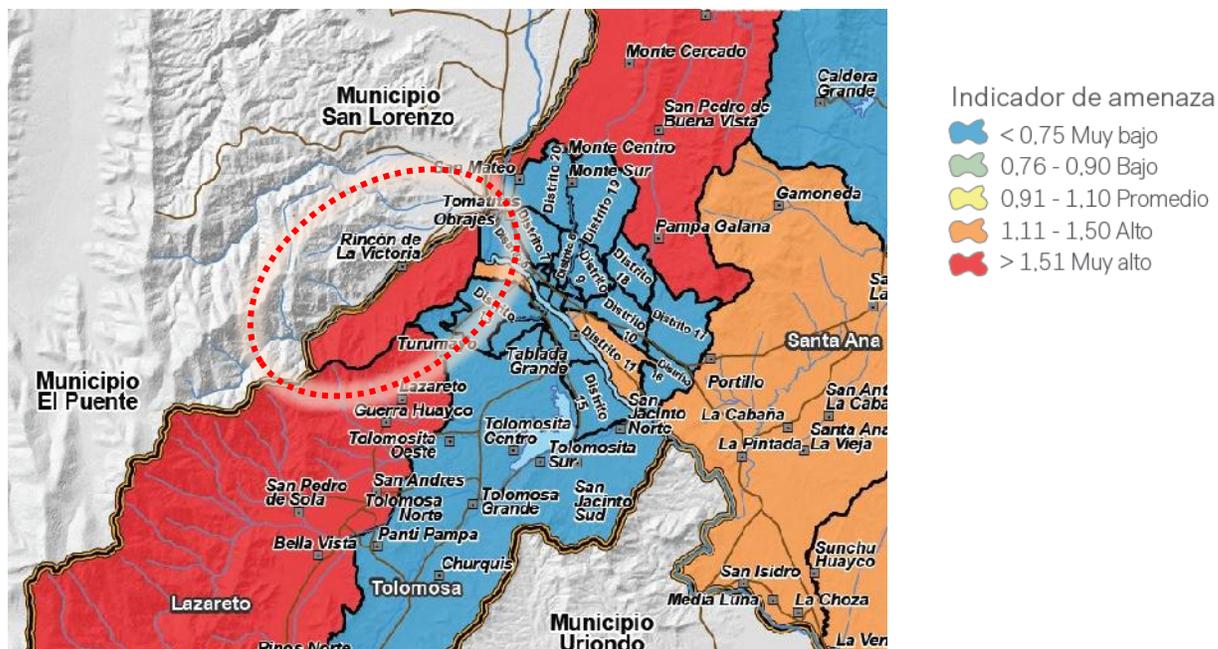


Figura 4.20 Indicador de amenaza a Incendios en la cuenca del río La Victoria y adyacentes.

Fuente: Elaboración Propia en base a datos del Índice de vulnerabilidad de la ciudad de Tarija

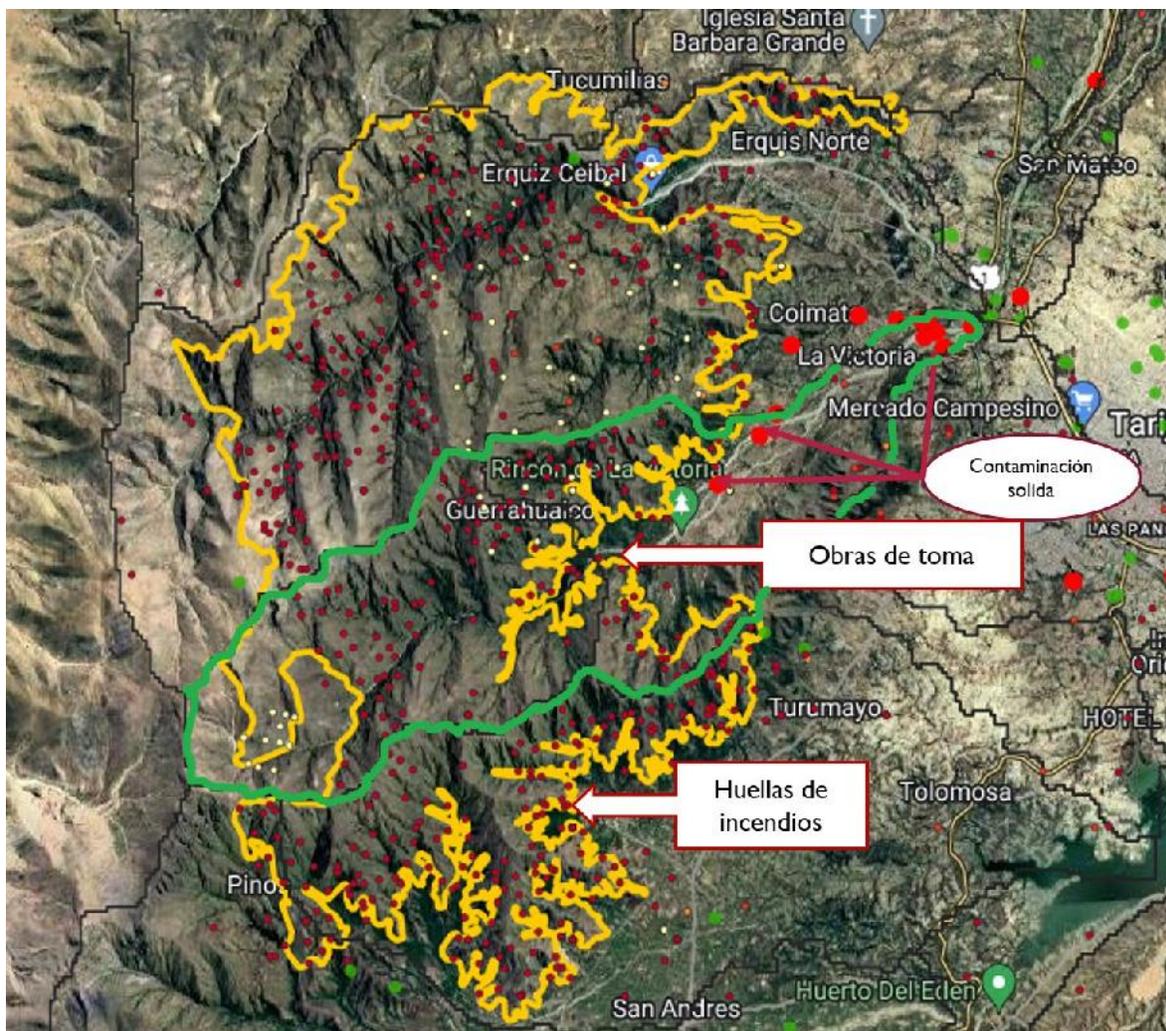


Figura 4.21 Huella de Incendios y focos de calor en la cuenca del río La Victoria

Fuente: Elaboración Propia

4.8.1.7 ANÁLISIS DE OLAS DE CALOR.

La caracterización de la amenaza de olas de calor pasa por determinar los periodos de temperatura excepcionalmente alta a través del cálculo de un índice (Excess Heat Factor: Nairn and Fawcett, 2015) que identifica, a partir de las temperaturas máximas y mínimas, los eventos de al menos tres días de duración por encima de un umbral estadístico relativo al clima local. Con esta definición de ola de calor, se presentan en promedio **4 eventos anuales** en todo el municipio.

4.8.1.8 ANÁLISIS DE LA VELOCIDAD MÁXIMA DEL VIENTO.

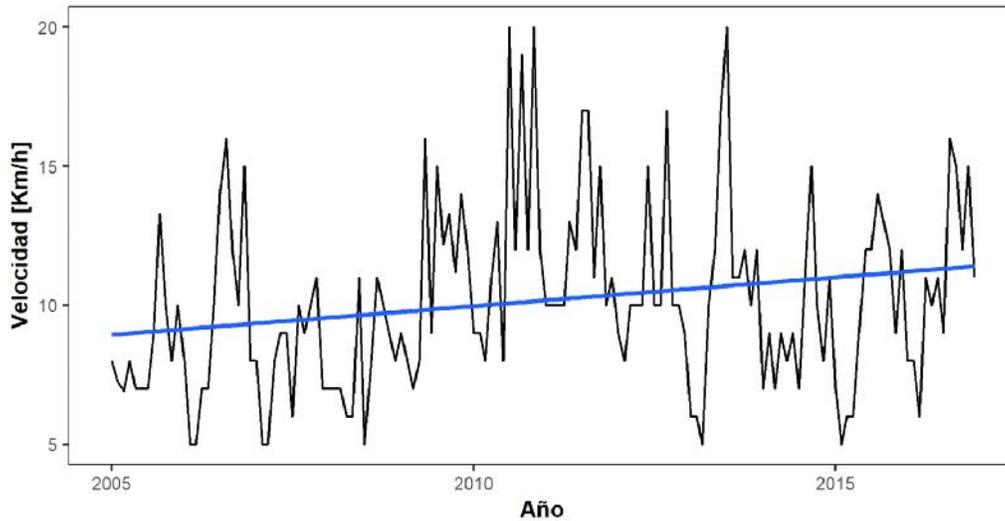


Figura 4.22 Velocidad mensual máxima de viento (Est. Met. Tarija Aeropuerto)

Fuente: SISMET - SENAMHI

La estación meteorológica Tarija Aeropuerto tiene un registro histórico reducido de datos de Dirección y velocidad máxima de viento comparada con las de precipitación total y temperatura media, teniendo registros desde 2005 a 2016. La Figura 8 muestra una tendencia lineal al aumento de la velocidad del viento (línea azul en la gráfica). La velocidad máxima registrada en la estación meteorológica fue de 20 KPH, la cual se registró en tres oportunidades (julio de 2010, julio de 2013 y noviembre de 2010).

Aún con los valores extremos registrados se induce que la magnitud de los vientos presentes en la zona de estudio no es tan significativa en comparación a otras regiones en donde se ven comprometidos con esta amenaza eólica.

4.8.1.8.1 VARIACIÓN MENSUAL DE VELOCIDAD DEL VIENTO.

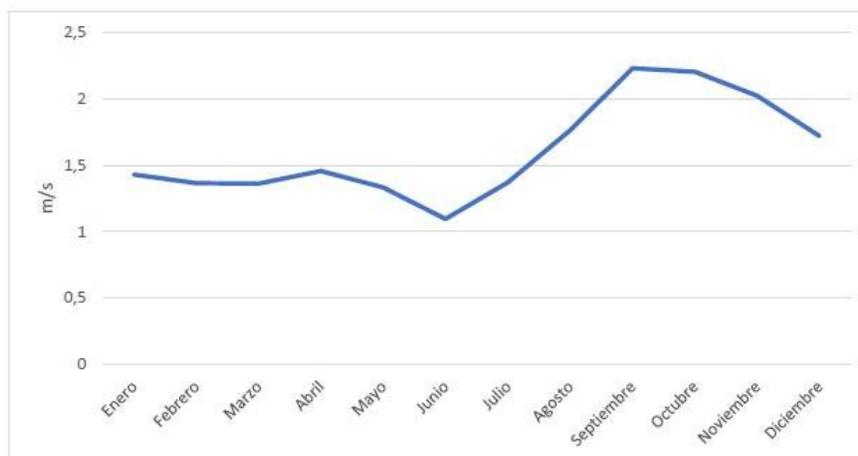


Figura 4.23 Variación mensual de la Velocidad en la estación Tarija Aeropuerto

Fuente: SISMET - SENAMHI.

Para la velocidad de viento se usó la información disponible en la estación Tarija Aeropuerto. Dado que esta información generalmente es limitada y contienen muchos vacíos en el periodo histórico, entonces se usaron promedios mensuales multianuales lo cual se muestran en la Figura 4.23.

De acuerdo al gráfico la variación mensual promedio de la velocidad del viento en el mes de Enero llega a valores cercanos a 1,5 m/s para posteriormente alcanzar sus valores más bajos en el mes de Junio cercanos 1 m/s, por otro lado, alcanza su pico máximo en los meses de Septiembre a Octubre con valores cercanos a 2,25 m/s.

4.8.2 ANALISIS DE VULNERABILIDADES.

Para construir el indicador de vulnerabilidad en la cuenca, es fundamental analizar dos componentes clave: el indicador de sensibilidad y el indicador de capacidad de adaptación. El primero permite evaluar el grado de exposición y respuesta de los ecosistemas y comunidades ante diversas amenazas, mientras que el segundo mide la capacidad de los sistemas naturales y humanos para ajustarse y recuperarse ante estas amenazas. Ambos indicadores proporcionan una visión integral de la vulnerabilidad de la cuenca, facilitando un enfoque más preciso y detallado en la gestión de riesgos.

4.8.2.1 INDICADOR DE SENSIBILIDAD.

Para analizar la vulnerabilidad a la sensibilidad se realizó el estudio del indicador de sensibilidad. Para esto se basaron en las variables que se muestran en la Tabla N°4.24, el cual señala las variables implicadas para cada tipo de amenaza.

Tabla 4.24 Amenazas y variables para la Vulnerabilidad a la Sensibilidad en la zona de estudio

Amenaza	Variable	Año	Definición
Escasez de recursos hídricos	Tasa de dependencia	2020	Ratio de la población dependiente con la población en edad de trabajar
	Procedencia del agua	2020	Indicador compuesto por agua no procedente de cañería: pileta pública, carro cisterna, pozo, vertiente/acequia o lago.
	Distribución del agua	2020	Viviendas en las que el agua no se distribuye por cañería.
	Disponibilidad del agua	2020	Viviendas sin disponibilidad de baño.
	Disponibilidad de alcantarillado	2020	Viviendas sin disponibilidad de alcantarillado
	Disponibilidad de energía eléctrica	2020	Viviendas sin disponibilidad de energía eléctrica.
	Combustible usado para cocinar	2020	Viviendas que utilizan leña y guano para cocinar
	Formas de eliminación de la basura	2020	Viviendas que eliminan la basura: la botan en el terreno/calle, la botan al río o la queman.
	Sin acceso a Tecnologías de información (TIC)	2012	Viviendas sin radio, televisor, computadora, internet o telefonía (fijo o celular).
	Deforestación	2000-2019	Superficie arbórea deforestada por Distrito.
Inundación	Tipología constructiva	2012	Indicador compuesto con porcentaje de viviendas con paredes de adobe, tabique, madera, caña o palma.
	Tipología constructiva	2012	Indicador compuesto con porcentaje de viviendas con piso de tierra o tablones
	Densidad de población	2020	Densidad poblacional en cada distrito
	Tasa de dependencia	2020	Ratio de la población dependiente con la población en edad de trabajar
	Tasa de dependencia juvenil	2020	Ratio de la población juvenil dependiente con la población en edad de trabajar
	Tasa de dependencia vejez	2020	Ratio de la población adulta mayor dependiente con la población en edad de trabajar

	Formas de eliminación de la basura	2020	Viviendas que eliminan la basura: la botan en el terreno/calle, la botan al río o la queman.
	Sin acceso a Tecnologías de información (TIC)	2012	Viviendas sin radio, televisor, computadora, internet o telefonía (fijo o celular).
	Deforestación	2000-2019	Superficie arbórea deforestada por distrito
Incendios forestales	Tasa de dependencia	2020	Ratio de la población dependiente con la población en edad de trabajar
	Formas de eliminación de la basura	2020	Viviendas que eliminan la basura: la botan en el terreno/calle, la botan al río o la queman.
	Sin acceso a Tecnologías de Información (TIC)	2012	Viviendas sin radio, televisor, computadora, internet o telefonía (fijo o celular).
	Cobertura de pastizales naturales	2020	Porcentaje de superficie de pastizales naturales respecto al distrito
Olas de Calor	Tipología constructiva	2020	Indicador compuesto con porcentaje de viviendas con techo de calamina, paja, caña o barro.
	Densidad de población	2020	Densidad como factor de generación de isla de calor urbano
	Tasa de dependencia juvenil	2020	Ratio de la población juvenil dependiente con la población en edad de trabajar
	Tasa de dependencia vejez	2020	Ratio de la población adulto mayor dependiente con la población en edad de trabajar.
	Procedencia del agua	2020	Indicador compuesto por agua no procedente de cañería: pileta pública, carro cisterna, pozo, vertiente/acequia o lago.
	Distribución del agua	2020	Viviendas en las que el agua no se distribuye por cañería.
	Disponibilidad del agua	2020	Viviendas sin disponibilidad de baño.
	Disponibilidad de alcantarillado	2020	Viviendas sin disponibilidad de alcantarillado.
	Disponibilidad de energía eléctrica	2020	Viviendas sin disponibilidad de energía eléctrica.
Casos de dengue	2020	Número de casos por distrito.	
Heladas	Tipología constructiva	2020	Indicador compuesto con porcentaje de viviendas con techo de calamina, paja, caña o barro.
	Tasa de dependencia	2020	Ratio de la población dependiente con la población en edad de trabajar

	Sin acceso a Tecnologías de Información (TIC)	2012	Viviendas sin radio, televisor, computadora, internet o telefonía (fijo o celular).
	Superficie agrícola	2020	Porcentaje de superficie agrícola ocupada por distrito.
	UPA	2020	Número de Unidades Productivas Agropecuarias (UPA) por distrito.

Fuente: Elaboración Propia en base a datos del Índice de vulnerabilidad de la ciudad de Tarija

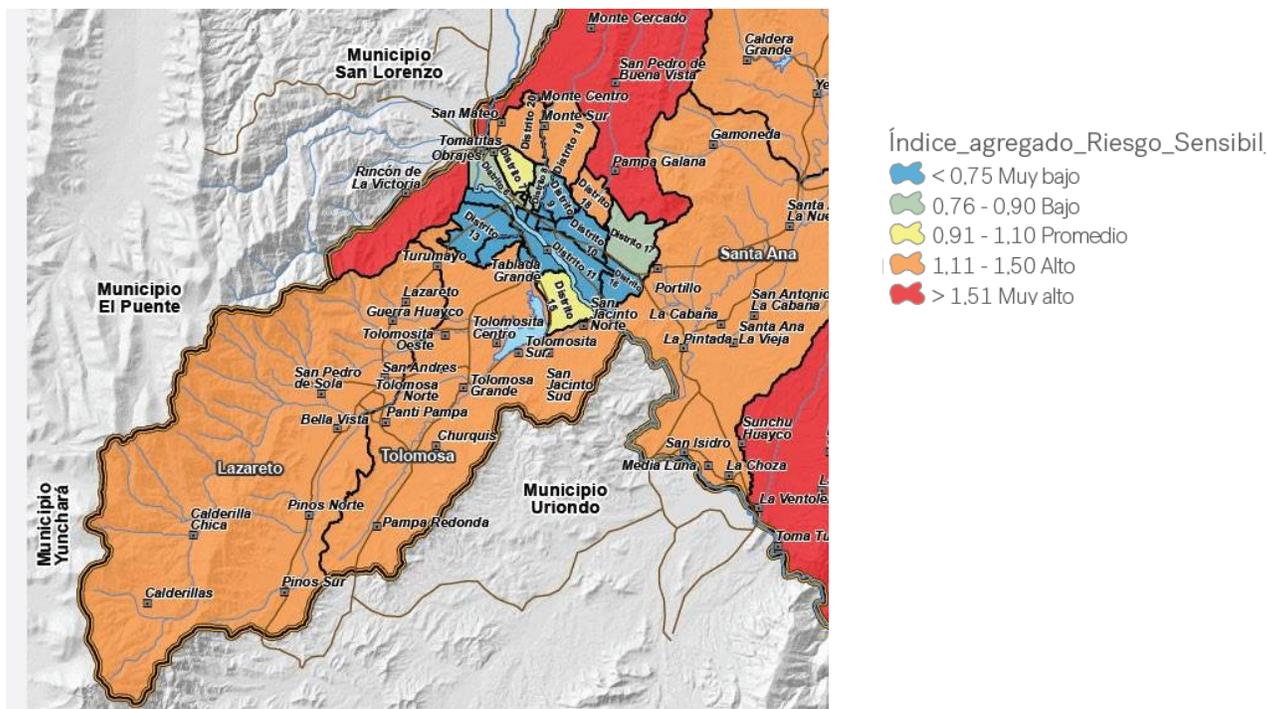


Figura 4.24 Indicador de vulnerabilidad a la sensibilidad en la cuenca del río La Victoria y adyacentes.

Fuente: Elaboración Propia en base a datos del Índice de vulnerabilidad de la ciudad de Tarija

De acuerdo a la figura la cuenca del río La Victoria presenta un nivel “Muy Alto” al indicador de vulnerabilidad de Sensibilidad a las diferentes amenazas, con un índice superior a 1,51.

4.8.2.2 INDICADOR DE CAPACIDAD DE ADAPTACION.

El indicador de capacidad de adaptación se ha construido sin especificidad de la amenaza, utilizando como unidad de análisis el distrito. El análisis se ha realizado cualitativamente a nivel institucional y territorial en la medida que no existe información disponible desagregada por distrito o comunidad, y de manera cuantitativa a nivel poblacional y socioeconómico con las variables que se presentan.

El indicador de capacidad de adaptación ha sido desarrollado sin enfocarse en una amenaza específica, tomando como unidad de análisis el distrito. Este análisis se ha abordado de manera cualitativa en los niveles institucional y territorial, ya que no se dispone de información desagregada por distrito. A nivel poblacional y socioeconómico, el análisis se ha realizado cuantitativamente utilizando las variables poblacionales de educación y economía, que reflejan aspectos clave de la capacidad de adaptación de la población. Este enfoque permite una comprensión más amplia del contexto local, aunque limitada por la disponibilidad de datos específicos a nivel distrital y subcuencas.

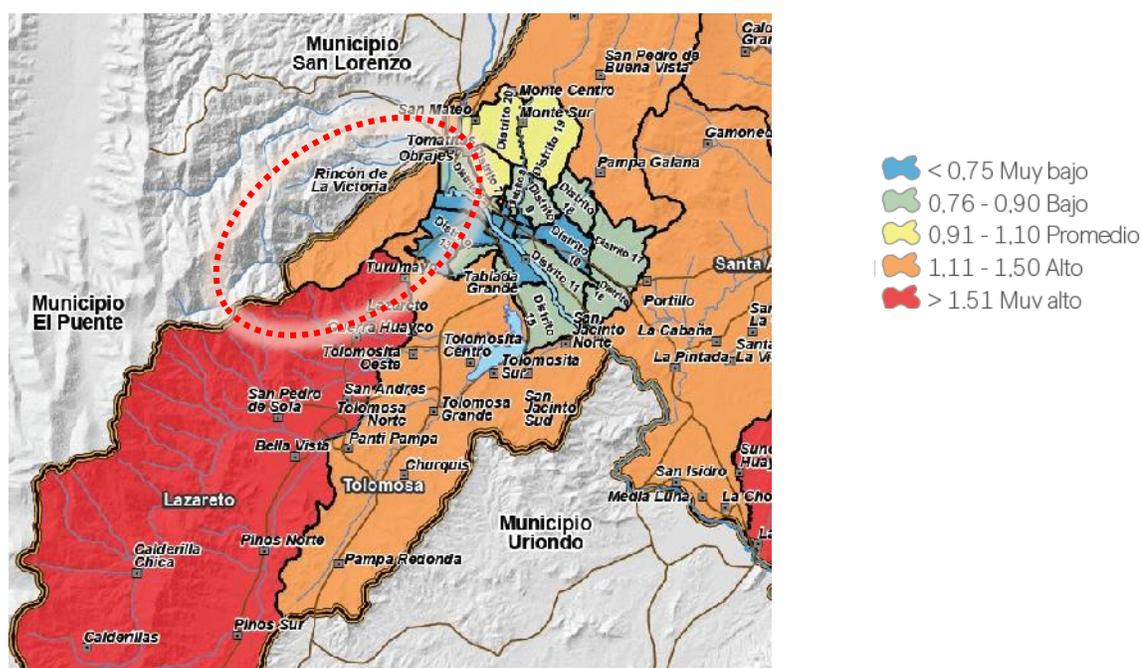


Figura 4.25 Indicador de vulnerabilidad a la capacidad de adaptación en la cuenca del río La Victoria y adyacentes.

Fuente: Elaboración Propia en base a datos del Índice de vulnerabilidad de la ciudad de Tarija

Según la figura, la cuenca del río La Victoria presenta un nivel “Promedio” en el indicador de vulnerabilidad de capacidad de adaptación de los medios de vida, situándose en un rango de 1.10 a 1.50.

4.8.2.3 VULNERABILIDAD POR PISO ECOLÓGICO.

En la siguiente figura, se muestra el análisis detallado de la vulnerabilidad por piso ecológico en las dimensiones física, económica, social y ambiental dentro del territorio del

departamento de Tarija. Este análisis fue desarrollado como parte del estudio del PDGR y ACC realizado en 2013, proporcionando una visión integral de cómo cada dimensión influye en la capacidad de respuesta y adaptación frente a diversas amenazas en la región.

FACTORES	Piso Ecológico	DIMENSIONES			
		FÍSICA	ECONÓMICA	SOCIAL	AMBIENTAL
Exposición	Zona Alta	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Vulnerabilidad media
	Valles	No vulnerable	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad media	No vulnerable
	Subandino	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Vulnerabilidad media	No vulnerable
	Chaco	Altamente vulnerable	No vulnerable	No vulnerable	Altamente vulnerable
Sensibilidad	Zona Alta	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable
	Valles	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable
	Subandino	Altamente vulnerable	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad media	Altamente vulnerable
	Chaco	No vulnerable	No vulnerable	No vulnerable	Vulnerabilidad media
Carácter y Magnitud del cambio	Zona Alta	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable
	Valles	Vulnerabilidad media	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Vulnerabilidad media
	Subandino	Vulnerabilidad media	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable
	Chaco	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable
Capacidad de Respuesta/Adaptación	Zona Alta	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable
	Valles	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad media
	Subandino	Altamente vulnerable	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad media	Altamente vulnerable
	Chaco	No vulnerable	No vulnerable	Altamente vulnerable	Vulnerabilidad media

Figura 4.26 Grado de vulnerabilidad distribuido por piso ecológico en el departamento de Tarija

Fuente: PDGR y ACC, 2018

Debido a que la cuenca del río La Victoria está dividida entre la zona Alta y el Valle Central del departamento de Tarija, este cuadro nos permite discretizar de manera específica la cuenca en estudio. La Figura N°4.27 refleja lo mencionado anteriormente.

Factores	Cuenca La Victoria	Dimensiones			
		Física	Económica	Social	Ambiental
Exposición	Parte Alta	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Vulnerabilidad media
	Parte baja	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad media	No vulnerable
Sensibilidad	Parte Alta	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable
	Parte baja	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable
Carácter y Magnitud del cambio	Parte Alta	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable
	Parte baja	Vulnerabilidad media	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Vulnerabilidad media
Capacidad de Respuesta/Adaptación	Parte Alta	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable	Altamente vulnerable
	Parte baja	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad media



Figura 4.27 Grado de vulnerabilidad en la cuenca del río La Victoria por dimensiones

Fuente: Elaboración Propia

4.9 INDICE AGREGADO DE RIESGO FUTURO AL CAMBIO CLIMATICO.

A través del estudio realizado sobre el “Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la ciudad de Tarija, Bolivia (2021)”, para la proyección de cada una de las variables que contribuyen a los componentes del riesgo, se ha asumido como factor de variación el porcentaje de cambio entre las variables según escenario y plazo temporal futuros con relación al periodo de referencia. Analizando 6 índices de riesgo a futuro, con proyecciones de cambio climático según escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 y periodos de tiempo a corto plazo (2024), mediano plazo (2070) y largo plazo (al 2100) para toda el área de estudio.

De manera general estos resultados indican que se incrementa gradualmente el nivel de riesgo conforme se avanza hacia los escenarios y periodos más altos, con excepción del escenario 8.5 a largo plazo en el 2100, que es el que presenta mayor incertidumbre y donde las condiciones de riesgo disminuyen ligeramente:

- Respecto a la escasez de recursos hídricos, dada la importancia de las cuencas La Victoria, Erquiz y Tolomosa en la provisión de recursos hídricos para uso humano, riego y para la naturaleza del municipio de Tarija, el índice agregado de riesgo futuro proyecta escenarios de incremento del riesgo para esta amenaza. De esta manera, las

fuentes de abastecimiento de agua para riego como el embalse San Jacinto y el proyecto CENAVIT-Calamuchita podrían verse fuertemente afectados.

- Con relación a las inundaciones, se mantienen e incrementan las condiciones de riesgo a nivel urbano.
- En cuanto a las olas de calor, dadas las condiciones de incremento en la densidad poblacional y las características constructivas de las viviendas, se proyecta incremento de las condiciones de riesgo para esta amenaza, lo que hace prever mejores condiciones y prevalencias para el desarrollo de vectores transmisores de enfermedades como el dengue, además, de disminución del confort climático natural para la población.
- Respecto a los incendios forestales, las condiciones de riesgo se incrementan parcialmente con la Reserva Biológica Cordillera de Sama y las principales fuentes de abastecimiento de agua para la ciudad de Tarija y las comunidades aledañas.
- En cuanto al índice agregado de riesgo, se proyecta un gradual incremento en las condiciones de riesgo en la medida que se va pasando del escenario 4.5 al 8.5 y del periodo a corto plazo 2040 hasta el mediano (2070) y largo plazo (2100).

4.10 SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL RÍO LA VICTORIA.

4.10.1 DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA.

El sistema de Agua Potable de presenta los siguientes componentes (Ver Figura 4.28):

- Fuentes
- Aducciones
- Impulsiones
- Plantas de Potabilización
- Almacenamiento
- Distribución

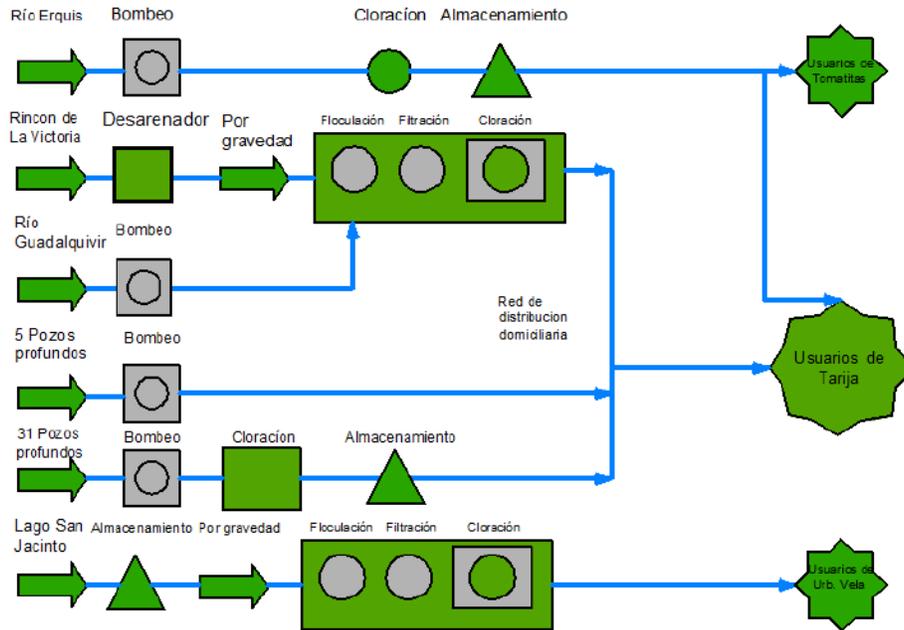


Figura 4.28 Funcionamiento operacional de todo el sistema de Agua Potable del departamento de Tarija

Fuente: MMAyA, 2015

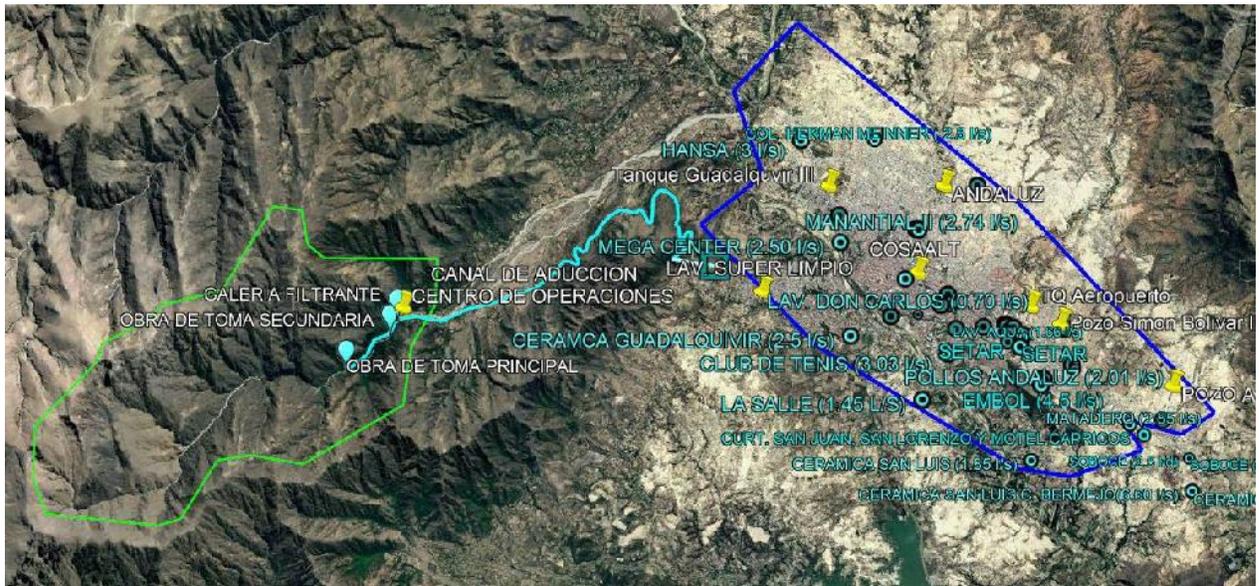
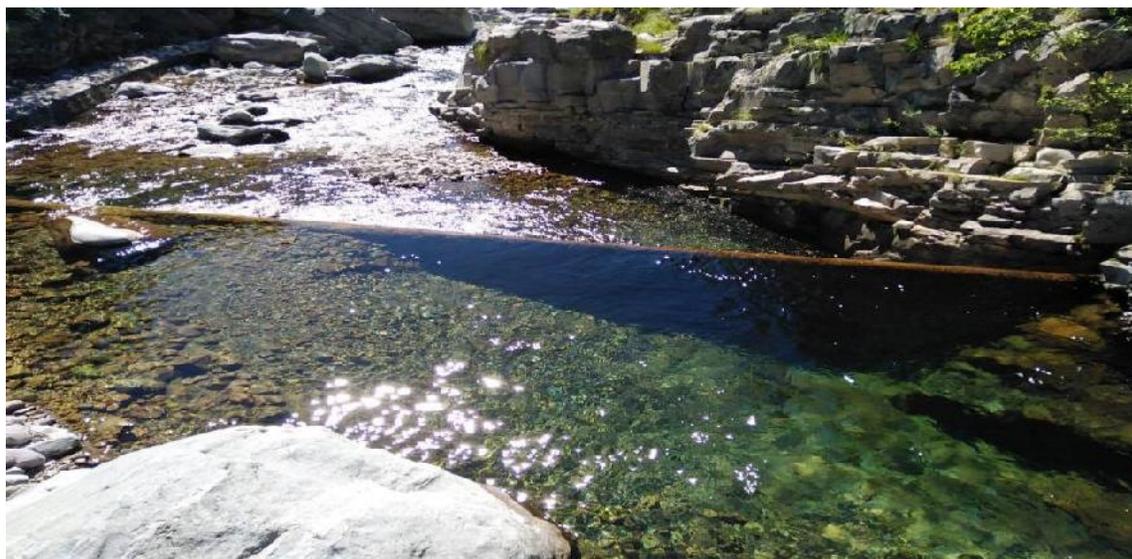


Figura 4.29 Descripción del sistema de Agua Potable de la fuente del río La Victoria

Fuente: Elaboración Propia en base a información de COSAALT R.L.

4.10.1.1 FUENTES DE ABASTECIMIENTO.

La principal fuente de abastecimiento de agua potable para la Ciudad de Tarija, es actualmente el Río Vitoria; las obras de captación se encuentran aproximadamente a 12 Km al oeste de la ciudad. Una segunda captación mediante Galería Filtrante en el Río Erquis; y la tercera captación que entra en funcionamiento en época de estiaje están localizada en el Angosto de Aranjuez, de donde se conducen las aguas del río Guadalquivir al tratamiento existente en Tabladita.



Fotografía 4.1 Fuente de agua del Río La Victoria

Fuente: La Voz de Tarija, 2024

Aparte de las captaciones indicadas existen varios sistemas de agua potable independientes, que se basan sobre aguas subterráneas y con diversos pozos.

Tabla 4.25 Fuentes superficiales y sub superficiales de agua en época de lluvia - Tarija

Fuente	Tipo de captación	Tipo de conducción	Lugar de Tratamiento	Lugares de abastecimiento	Capacidad Instalada en Época de Lluvias (l/s)
Río de la Vitoria	Presa de derivación, Toma Directa y Galería Filtrante	Gravedad	PTA Tabladita	Centro de la ciudad y zona sur de la ciudad	342
Río Guadalquivir (Las Tipas)	Toma directa	Bombeo	PTA Tabladita		100
Río Erquis (Galería Filtrante)	Galería Filtrante	Bombeo	Solo desinfección	Área de Tomatitas y Norte de la ciudad	60
Total de Recurso Disponible					502

Fuente: COSAALT R.L., 2023a

Es la fuente más antigua que abastece de agua a la ciudad de Tarija, construida hace 80 años; el agua es captada mediante tres obras de toma y conducida por gravedad mediante un canal de mampostería de piedra en regular estado de conservación, cuya longitud es aproximadamente 13 km, llegando a un desarenador y luego conducida hasta la planta potabilizadora La Tabladita. Registros históricos demuestran que la máxima capacidad de conducción del canal es de 342 l/s.

Tabla 4.26 Componentes de la fuente principal del Sistema de Agua Potable del río La Victoria

Componentes	Sistema de Agua Potable
Fuentes	<p>1) Caudales: -- Caudal medio época de lluvia de 326 l/s, mínimo 90 l/s, promedio 230 l/s -- Caudal medio época de estiaje 142 l/s -- Caudal medio anual 249 l/s</p> <p>2) Obras de captación: a 12km al oeste de la ciudad, a una altura de 2200 msnm Toma 1: Presa de derivación Rincón de la Victoria del año 1989 Toma 2: Toma directa, a 800 m aguas abajo de la presa de derivación Toma 3: Galería Filtrante del año 1939, a 1.600m aguas abajo de la presa de derivación</p> <p>3) Aducción: Desde la presa de derivación en el río La Victoria hasta el desarenador, y luego a la planta de tratamiento de Tabladita, con una longitud total de aproximadamente 13 km., mediante un canal de mampostería de piedra con tramos de tubería de fierro fundido.</p>

Fuente: COSAALT R.L., 2023a

4.10.1.2 OBRAS DE TOMA SOBRE EL RÍO LA VICTORIA.

4.10.1.2.1 PRESA DE DERIVACIÓN.

La presa derivadora se ubica en la comunidad Rincón de la Victoria, sobre el río del mismo nombre. Dicha obra fue construida en 1989, y está constituida por un vertedero frontal tipo Creager que se dispone prácticamente perpendicular al lecho del río, con una altura aproximada de 2,0 m y una longitud de 20 m. La mencionada estructura de hormigón ciclópeo se halla provista de una toma lateral directa en el margen izquierdo, que capta las aguas a través de una cámara lateral. Este dispositivo es la obra de captación propiamente dicha, tiene en la entrada una rejilla metálica para evitar en la época de crecidas el acceso de material grueso de arrastre o de sólidos flotantes. La cámara de entrada cuenta con una compuerta vertical maniobrable desde la parte superior, cuya acción es la de facilitar la limpieza y permitir regular los caudales de entrada, cuando es necesario. Actualmente, la presa de derivación se encuentra en general en buenas condiciones, sin embargo, cumple su función solamente durante la época seca, captando prácticamente la totalidad del caudal de estiaje.

Durante la época húmeda, el material de arrastre del río pasa por la cresta del vertedero y obstruye la entrada del agua para la toma lateral, por lo que esta toma solo opera durante la época seca.

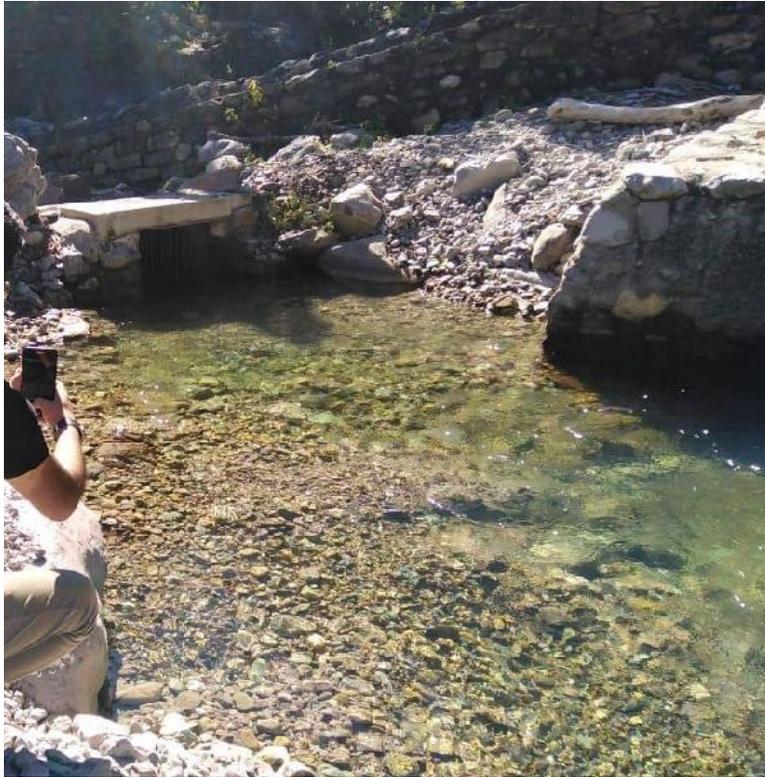


Fotografía 4.2 Presa derivadora del sistema de agua potable

Fuente: Elaboración Propia

4.10.1.2.2 TOMA DIRECTA.

Esta toma consiste en un ingreso directo de las aguas que escurren por el río hacia el canal que baja desde la presa derivadora, aproximadamente a 800 m aguas debajo de esta última. La misma presenta una reja metálica para evitar el ingreso de material de arrastre mayor a 2,5 cm.



Fotografía 4.3 Obra de Toma Directa del sistema

Fuente: Elaboración Propia

4.10.1.2.3 GALERIA FILTRANTE.

Aproximadamente a 1600 m aguas abajo de la presa de derivación, se ubica una galería filtrante, la cual está construida de mampostería de piedra y provista de barbacanas laterales, con una longitud de 30 m, ancho de 0,60 m, y altura de 0,80 m. La galería se halla situada a una profundidad promedio de 6,70 m. La operación de la galería filtrante se limita solamente a la época húmeda, debido a que en estiaje la totalidad del caudal es captado aguas arriba mediante la presa derivadora.

Las aguas captadas en las tres tomas del río La Vitoria se unen en un solo curso aguas abajo, para ser conducidas al desarenador y posteriormente a la planta de tratamiento. Los aforos realizados en el canal aductor permitieron obtener caudales del orden de 342 l/s.



Fotografía 4.4 Galería Filtrante

Fuente: Elaboración Propia

4.10.1.3 ADUCCIÓN DEL SISTEMA.

La conducción del agua desde las tomas de La Victoria comienza con la presa derivadora que se encuentra a una mayor altura en la cuenca. Desde la presa derivadora sale un canal aductor, que también capta las aguas de la toma directa, y aproximadamente 1.9 km aguas abajo se une con un canal que transporta el agua de la galería filtrante; es en este punto donde el agua de la presa derivadora, de la toma directa y la galería filtrante se unen para posteriormente ser transportadas a la planta potabilizadora.

El agua captada fluye por gravedad mediante un canal cubierto con un desnivel aproximado de 284 m hasta el desarenador en La Tabladita. La sección del canal es semicircular en la base, compuesto de mampostería de piedra, con paredes laterales verticales, revestidas con mortero de cemento con espesor que varía de 5 cm a 3 cm. El ancho de la sección del canal es de 0,50 m hasta 0,75 m, y la pendiente de fondo es muy variable en toda su longitud existiendo valores que van desde 0.10% hasta 0.26% en algunos tramos cortos.

A lo largo de la aducción existen tramos intercalados, con puentes acueductos por los que pasa el canal aductor, cruzando quebradas y tramos irregulares.

Antes de llegar a la planta potabilizadora, aproximadamente a 1 km de longitud existe un desarenador, el cual fue reacondicionado en 1988 y financiado por el Banco Iberoamericano del Desarrollo (BID), es de forma rectangular con dimensiones de 14 m de largo y 5 m de ancho. El mismo está compuesto de mampostería de piedra con revoque de mortero sus paredes, y cuenta con un bypass para poder llevar a cabo trabajos de operación y mantenimiento. Se encuentra en óptimo estado y se llevan a cabo trabajos de mantenimiento.



Fotografía 4.5 Canal de aducción

Fuente: Elaboración propia

4.10.2 ÁREA DE INFLUENCIA DEL ANÁLISIS.

De acuerdo a la descripción de todos los componentes a analizar en esta investigación se delimita el área de influencia de las amenazas y eventos adversos a los que están expuestos los componentes del sistema de agua potable, estar en la parte alta de la cuenca del río La Victoria.

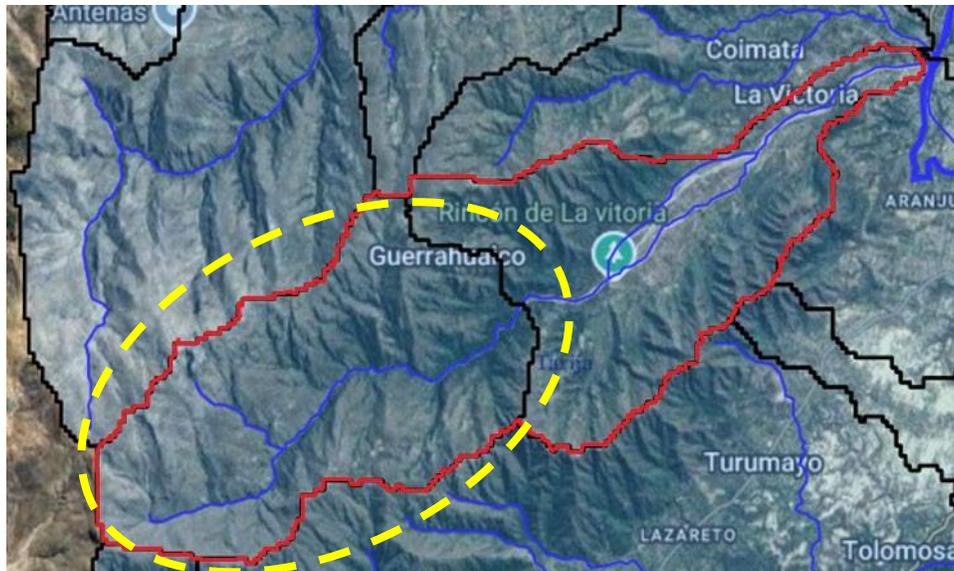


Figura 4.30 Unidades Hidrológicas cuenca del río La Victoria

Fuente: Elaboración Propia

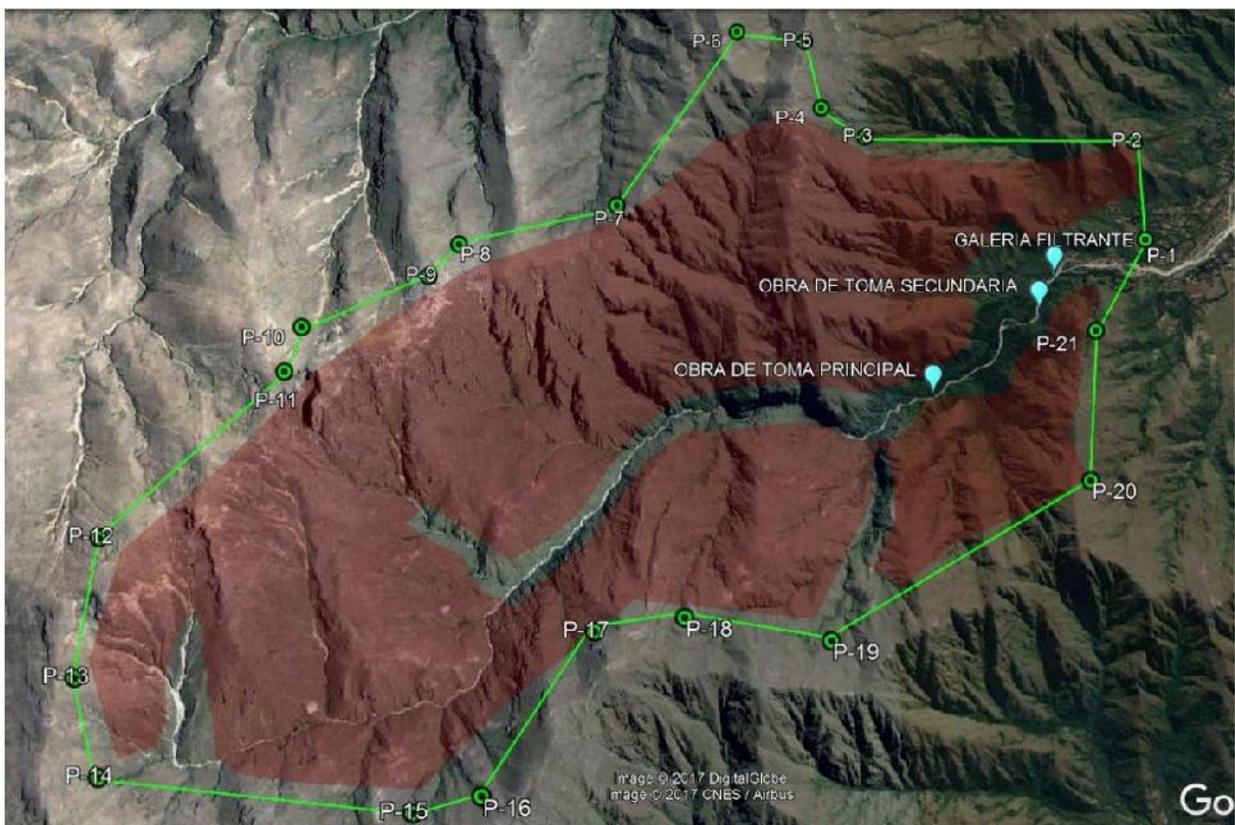


Figura 4.31 Área de influencia de análisis de la cuenca y ubicación de los componentes del sistema

Fuente: Elaboración Propia

4.10.3 USO DE LAS FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO.

4.10.3.1 FUENTES DE AGUA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.

a) Fuentes de agua superficial

Las prestaciones de agua potable y saneamiento básico en Tarija se encuentran a cargo de la EPSA COSAALT R.L., la Entidad abastece con este servicio a la gran mayoría de los barrios de la ciudad de Tarija. El agua potable es obtenida de dos fuentes principales:

1. De agua superficial que proviene del río La Victoria (de donde se extraen entre 342 litros/segundo en la época húmeda del año) y el río Erquis (con unos 40 litros/segundo).
2. Otra toma de agua puntual que se encuentra sobre el río Guadalquivir (las Tipas), de unos 60 litros/segundo con el funcionamiento de una bomba, y 110 litros /segundo que funciona con dos bombas (60 – 100 litros/segundo) (Pasig et al., 2020, p. 12).

Tabla 4.27 Producción de fuentes superficiales y subsuperficiales 2014 – 2018 (m3) - Tarija

Año	2014	2015	2016	2017	2018
Enero	934,865	933,858	910,923	957,438	972,549
Febrero	800,820	833,432	861,174	799,206	922,229
Marzo	995,012	976,684	996,632	877,376	992,374
Abril	961,100	982,938	972,466	954,846	1024,479
Mayo	913,917	1017,852	890,541	956,236	1027,900
Junio	762,851	951,277	640,768	745,887	794,749
Julio	923,676	522,599	527,993	682,506	820,624
Agosto	828,090	679,544	623,156	785,517	834,753
Septiembre	801,174	631,787	646,211	755,584	804,177
Octubre	788,582	636,975	562,330	727,630	838,622
Noviembre	755,814	638,591	738,020	694,430	941,264
Diciembre	854,973	639,396	961,626	774,573	1035,428

Fuente: Pasig et al., 2020

b) Fuentes de agua subterránea

Los pozos de la EPSA COSAALT R.L. son actualmente 53, se encuentran distribuidos a lo largo del casco urbano y periurbano de Tarija. La variación en la producción de agua potable, las áreas o zonas de servicio son modificadas; por ejemplo, el río La Victoria reduce considerablemente su caudal en época de estiaje. Para ello, COSAALT R.L. activa una serie de pozos para reforzar la dotación de agua

a sus usuarias/os. En época húmeda, la cobertura desde La Victoria se amplía a un 60% del caudal distribuido. Adicionalmente, existe pozos independientes denominados: Sistemas de Autoabastecimiento de Recursos Hídricos (SARH), que son utilizados para uso industrial.

En promedio, COSAALT R.L. distribuye 564 litros/segundo de agua potable en Tarija. Esto representa una producción anual de uno 17.9x106m³ de agua. El consumo del recurso (por habitante al día) es de 238 litros/día, lo que representa un consumo anual de 10,3x106m³ de agua para los actuales 205000 habitantes del área urbana.

Ante la reducción drástica que se produce en la época de estiaje, en caudales de las aguas superficiales, COSAALT R.L. hace uso de las aguas subterráneas mediante la explotación de 53 pozos. Esto promedia un caudal cercano a los 180 litros/segundo, con un máximo de hasta de 250 litros/segundo en los meses más críticos. La capacidad instalada de los pozos es de 355 l/s (COSAALT R.L., 2019).

4.10.3.2 BALANCE DE OFERTA DEMANDA DE AGUA POTABLE.

El análisis de oferta y demanda realizado por el “Plan Maestro de Agua Potable y Saneamiento” muestra el aporte de los caudales de cada una de las fuentes principales de agua potable para Tarija, con proyecciones hasta el año 2036, considerando para el mes más crítico del estiaje (Septiembre), así como para el mes más favorable en lluvia (Febrero).

Tabla 4.28 Balance oferta y demanda en fuentes de agua – Tarija con proyección hasta el año 2036

Año	Demanda Máxima Diaria (l/s)	Oferta sin Proyecto (l/s)					Exceso / Déficit		
		La Victoria	Las Tipas	Erquis	San Jacinto	Pozos*	Total	(l/s)	(%)
Estiaje									
2012	658	108	80	80	0	355	623	-35	-5,3%
2016	644	108	80	80	0	355	623	-21	-3,3%
2021	746	108	80	80	0	355	623	-123	-16,5%
2026	879	70,9	80	80	0	355	586	-293	-33,3%
2031	963	70,9	80	80	0	355	586	-377	-39,2%
2036	1093	70,9	80	80	0	355	586	-507	-46,4%
Lluvia									
2012	658	342	0	80	0	355	777	119	18,1%
2016	644	342	0	80	0	355	777	133	20,7%
2021	746	342	0	80	0	355	777	31	4,2%
2026	879	342	0	80	0	355	777	-102	-11,6%
2031	963	342	0	80	0	355	777	-186	-19,3%
2036	1093	342	0	80	0	355	777	-316	-28,9%

Fuente: MMAyA, 2015

Los resultados del balance pasivo en la Tabla anterior muestran que, desde el año 2012 en la época de estiaje, la oferta no logra cubrir la demanda. El balance también indica que, bajo las condiciones actuales, el déficit de oferta en estiaje alcanzaría un 46,4% para el año 2036, requiriendo un caudal adicional de 507 l/s para satisfacer la demanda futura.

Almacenamiento

Para almacenamiento de agua la ciudad de Tarija cuenta con tanques en diferentes zonas de la ciudad siendo en su mayoría apoyados, y existiendo también elevados. Estos tanques de almacenamiento generalmente se encuentran ubicados en cercanías a los pozos perforados que aportan al abastecimiento de agua.

Tabla 4.29 Tanques de almacenamiento de agua en la zona urbana de Tarija

Tanque	Longitud E (m)	Latitud S (m)	Elevación (msnm)	Año de operación	N° Tanques	Volumen (m3)	Tipo	Material
La Loma - Dep. Circular	316869	7618087	1989	1932	1	706	Apoyado	HoAo
La Loma - Dep. Anular	320156	7618452	1920	1932	1	1306	Apoyado	HoAo
La Loma - Dep. Tronco-cónico	320094	7618496	1839	1932	1	839	Apoyado	HoAo
Villa Fátima	320094	7618496	1839	1985	1	150	Elevado	HoAo
Stadium	321557	7617415	1865	1985	1	150	Elevado	HoAo
Daniel Campos	321410	7617805	1825	1980	1	250	Apoyado	HoAo
Narciso Campero	321120	7619454	1892	1980	1	179	Apoyado	HoAo
Villa Busch	322601	7617926	1890	1980	1	50	Apoyado	HoAo
Chapacos - 3 de Mayo	320393	7620219	1911	S/R	1	60	Apoyado	HoAo
Chapacos - O. Zamora	319604	7621170	1871	S/R	1	20	Elevado	HoAo
Tomatas B	317662	7621224	1957	1992	1	550	Apoyado	HoAo
Tomatas A	317581	7621382	1938	S/R	1	61,3	Apoyado	HoAo
Circunvalación	318972	7620295	1861	1998	1	150	Elevado	HoAo
Avit	320853	7620471	1919	1995	1	150	Elevado	HoAo
Avit	320890	7620475	1917	1990	1	150	Elevado	HoAo
Avit	320876	7620443	1915	1980	1	360	Apoyado	HoAo
Albat	320760	761968	1915	S/R	1	250	Apoyado	HoAo
3 de Mayo	320385	7620210	1914	1990	1	150	Elevado	HoAo
San Bernardo	321729	7618890	1938	1999	1	90	Apoyado	HoAo
San Bernardo	321729	7618890	1938	1998	1	20	Elevado	HoAo
San Bernardo	321729	7689890	1938	1998	1	150	Elevado	HoAo
El Constructor	322596	7619091	1958	1998	1	150	Elevado	HoAo
Luis Espinal	323132	7618494	1910	1998	1	240	Elevado	HoAo
Morros Blancos	323342	7617581	1906	1980	1	250	Apoyado	HoAo
Aeropuerto	323392	7616174	1904	1980	1	250	Apoyado	HoAo
San Luis	324230	7613770	1851	1999	1	150	Elevado	HoAo
San Jorge	324532	7615426	1871	1998	1	150	Elevado	HoAo
Obrajes	317509	7616304	1950	1995	1	16	Apoyado	HoAo
Catedral	319126	7621947	1915	1992	1	168	Apoyado	HoAo
Las Barrancas	320189	7616110	1837	2007	1	900	Apoyado	HoAo

Fuente: Plan Maestro Integral De Agua Y Saneamiento Del Valle Central De Tarija Bolivia, s. f.

Distribución

Para la distribución del agua potable en la ciudad de Tarija, se ha dividido la red en zonas de servicio, las cuales son modificadas en las dos épocas (húmeda y seca) en función de la disponibilidad de caudales provenientes de las fuentes superficiales.

Aunque los sistemas no están separados completamente desde el punto de vista hidráulico y físico, debido a las conexiones entre los mismos mediante válvulas de corte que no están cerradas, se les considera como independiente. Sin embargo, según se nos manifestó en COSAALT, están siguiendo una estrategia de interconectar todos los sectores para mejorar la distribución; pero no se nos mencionó que dicha solución sea el resultado de análisis hidráulicos realizados.

Tabla 4.30 Sectores de servicio para la distribución de agua potable - Tarija

Sistema	Nº de Usuarios	Captaciones				Almacenamiento
		Superficiales		Subterráneas		
		Nº	Capacidad (l/s)	Nº	Capacidad (l/s)	
Albat - Avit	2232			3	31,83	4 Tanques
Circunvalación - Tomatas B	1496	2	41,39	2	1,02	3 Tanques
San Bernardo	1648			4	14,39	4 Tanques
Pedro Antonio flores	961			3	11	
Luis Espinal	1119			3	16,74	1 Tanque
Morrios Blancos	1259			2	10,2	
Simon Bolívar	990			3	19,81	1 Tanque
San Jorge II	917			3	7,6	1 Tanque
Aeropuerto	777			2	7,79	1 Tanque
San Luis	785			2	9,33	1 Tanque
3 de Mayo	1359			1	3,69	1 Tanque
Los Chapacos	1207			1	12,22	2 Tanques
Tomatitas	723			1	3,67	2 Tanques
Central	15809	2	281,58	5	17,66	10 Tanques
Totales	31282	4	323	35	167	31 Tanques

Fuente: Elaboración Propia en base a información de COSAALT

Producto de la variación en la producción, las áreas o zonas de servicio son modificadas; por ejemplo, cuando El río La Vitoria reduce considerablemente su caudal, COSAALT activa una serie de pozos para reforzar dichas zonas. En época húmeda, la cobertura desde La Vitoria es amplia. Adicionalmente, hay sistemas considerados como independientes que funcionan idénticamente en la época húmeda como en la época seca, solamente ampliando el número de horas de bombeo por el incremento de la demanda.

4.10.3.3 COBERTURA.

La cobertura del servicio de agua potable en la ciudad de Tarija se entra mayor al 90,7% incrementando en gran medida el numero conexiones en los últimos años, llegando a actualmente contar con 46090 Conexiones de Agua Potable.

De las 126820 viviendas existentes y habitables en la ciudad de Tarija, el 81,48 % accede al agua potable por cañería de red suministrada por COSAALT y el resto a través de pozos, piletas públicas y otros.

Según datos de la subalcaldía de Cercado, de la población del área rural solo el 76% tendría acceso al agua potable.

4.10.3.4 CONTINUIDAD DEL SERVICIO.

El servicio brindado por la EPSA COSAALT en cuanto a la continuidad del racionamiento presenta algunas dificultades en mantener la producción en época seca, ocasionando que se presenten zonas en donde no haya continuidad en el servicio, esto se detalla a continuación:

Los barrios donde se tiene mayor continuidad son los siguientes: Méndez Arcos, Tabladita, Senac, San Antonio, Las Palmas, Luís de Fuentes, Catedral, Virgen de Chaguaya, Amalia Medinaceli, Alto Senac, Las Panosas, Barrio el Carmen, San Roque, Guadalquivir, El Molino, La Pampa, Juan XXIII, Villa Fátima, Bartolomé Attar, 3 de Mayo, Oscar Zamora, Chapacos, Los Álamos y otros; con un promedio de 18.5 horas/día.

Áreas donde existe menor continuidad: Aeropuerto, Morros Blancos, Simón Bolívar, Artesanal, Anaspugio, San Jerónimo Centro, parte de la zona norte que comprende los barrios de: San Bernardo, El Constructor, Andaluz, 1º de Mayo, Juan Pablo II, Libertad, Aranjuez, 15 de Noviembre y otros con un promedio de 14,2 horas/día.

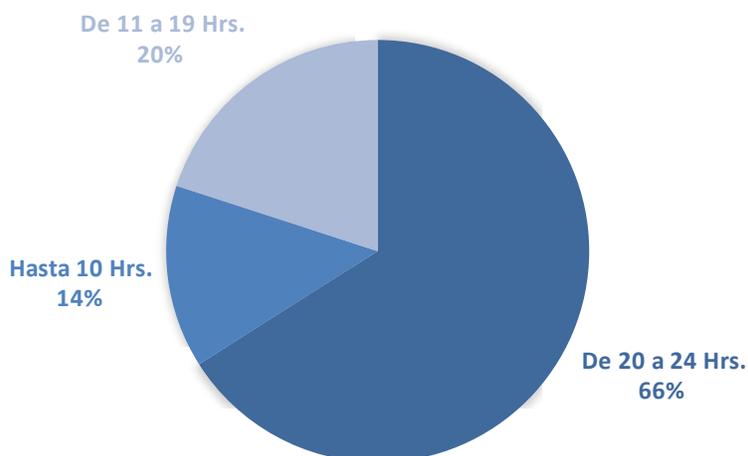


Figura 4.32 Continuidad de servicio de agua potable

Fuente: Elaboración propia en base al Plan Maestro de Agua Potable del Dpto. de Tarija

También podemos observar que el 66% de la población tiene agua de 20 a 24 horas al día, el 20% de 11 a 19 horas al día y un 14% respondió que no tiene continuidad en el servicio estos usuarios se encuentran en los barrios de Palmarcito, San Roque y Senac. De los encuestados el 54% no almacena agua y el 46% respondió que si almacenan agua.

4.10.3.5 CALIDAD DE AGUAS.

De acuerdo con la base de datos de análisis de calidad de agua, tanto en las fuentes como en la red de distribución, proporcionada por COSAALT, se llegó a las siguientes conclusiones:

- En las fuentes superficiales de La Victoria, se observa que en época de lluvias el parámetro de Turbiedad se eleva, mientras que en estiaje todas cumplen con lo establecido en la NB 512.
- El pH promedio en general en todas las muestras con las que se cuenta es de 6,80.
- Las muestras de las aguas realizadas por COSAALT presentan una tendencia corrosiva, en función al índice de Lagelier determinado.
- El río La Vitoria mantiene en general una buena calidad en cuanto a la Turbiedad. Según los datos, la máxima turbiedad reportada es de 12 UNT, mientras que el resto de los valores son menores a 5 UNT (NB 512). En cuanto al color, solo se observa una muestra con un valor superior a 15 UCV, registrada al final de la época de estiaje.

- El análisis de calidad en las redes de distribución concluye que, en algunos casos, el valor de cloro residual no cumple con la norma NB 512, ya que presenta valores por debajo del mínimo requerido de 0,2 mg/l. Asimismo, se observan algunos valores de pH inferiores al rango establecido.

4.10.3.6 CONSUMO DE AGUA POTABLE.

El consumo promedio de agua en el Municipio de Tarija, considerando todos los tipos de usuarios medidos, es de 170 litros por persona por día (lppd), sin incluir las pérdidas. En contraste, el consumo de agua no medido alcanza los 260 lppd en el mismo año.

Según el "Plan Maestro de Agua Potable y Saneamiento", se realizan cálculos de estimaciones quinquenales de dotaciones finales de agua para consumos domésticos y no domésticos. Estos cálculos proyectan que el consumo total per cápita para el periodo de diseño **2036** alcanzará una dotación de **121 litros por persona por día** (lppd).

CAPITULO V

CAPITULO V: APLICACIÓN PRÁCTICA

5.1 APLICACIÓN METODOLÓGICA DEL ANÁLISIS DE RESILIENCIA EN INVERSIONES (ARI) DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.

Para la evaluación del nivel de riesgo en cada componente del proyecto “Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tarija, ubicado en la cuenca del río La Victoria”, se empleó la metodología detallada en el “Manual para la toma de decisiones en Proyectos de Agua Potable y Saneamiento Básico con Infraestructura Resiliente” aprobada mediante Resolución Ministerial N°592 de 16 de octubre de 2018 del Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

En principio al ejecutar el software se generará la siguiente pantalla de tipos de proyecto que se puede analizar con la herramienta, para el presente proyecto corresponde seleccionar “Agua y saneamiento básico” (Figura 5.1):



Figura 5.1 Pantalla de selección del tipo de Proyecto

Fuente: Elaboración Propia, software ARI

Una vez seleccionado, la secuencia de etapas a seguir se describe a continuación (Ver Figura 5.2).



Figura 5.2 Módulos para el análisis de resiliencia climática

Fuente: Loma, 2018

5.1.1 MODULO I: ANÁLISIS DE RIESGOS.

Antes de comenzar con el Módulo I de la herramienta, es importante conocer la ecuación general para la evaluación del riesgo, determinada de la siguiente forma:

$$\text{Riesgo} = \frac{(\text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad})}{(\text{Capacidad de respuesta})} * \text{Probabilidad de ocurrencia}$$

La ecuación nos muestra que el nivel de riesgo se incrementará en función de la probabilidad de ocurrencia de la amenaza y del grado de la sensibilidad a la misma. Por otro lado, el nivel del riesgo se verá aminorado por las capacidades de la población o de las instituciones para reaccionar y evitar o reparar los daños sufridos.

Para la evaluación del riesgo se procederá al llenado del Módulo I que comprende las etapas 0 y 1 (Ver Figura 5.3).



Figura 5.3 Modulo I (etapa 0 y 1) del software ARI

Fuente: Loma, 2018

5.1.1.1 ETAPA 0: INICIO DEL PROYECTO.

5.1.1.1.1 REGISTRO DEL PROYECTO.

Al comenzar a utilizar el software, se inicia con el análisis de riesgo, donde se registra la información básica del proyecto en el sistema. Esto permite obtener un informe final que puede extraerse al finalizar el ARI. La Tabla N° 5.1 muestra un resumen de la información ingresada en el ARI sobre el análisis del sistema de agua potable en la cuenca del río La Victoria.

Tabla 5.1 Información de Registro de Proyectos en el ARI

Campo de Registro	Informe del Proyecto
Título del Proyecto	Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tarija, ubicado en la cuenca del río La Victoria
Departamento	Tarija
Municipio	Tarija
Comunidad	Rincón de la Victoria
Cuenca	La Victoria
Beneficios del Proyecto	Dotación de Agua Potable
Tipo de Proyecto	Sistema de agua potable área urbana con o sin PPA
Estado del Proyecto	Operación
Responsable de la Presente Evaluación	Cristian David Menacho Copa

Fuente: Elaboración Propia

Realizado el registro de un nuevo proyecto, se habilitan las planillas para realizar el análisis de amenazas, vulnerabilidades y capacidades.

Una vez que se llenaron estas tres planillas, se generará una planilla adicional denominada evaluación del riesgo, como se puede ver en la Figura 5.4.



Figura 5.4 Planillas de amenazas, vulnerabilidades y capacidades, Etapa 0

Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.1.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS AMENAZAS EN LA ZONA DEL PROYECTO.

La identificación de las amenazas se realiza mediante el llenado de la planilla (Tabla N° 5.2), cuyas respuestas son justificadas mediante el análisis realizado en el Capítulo IV de este documento, en donde se estudiaron cada una de las interrogantes de este módulo. Dichas amenazas son de origen climático y no climático, actuales, futuras, producto de la variabilidad climática y consideran también las tendencias marcadas por los efectos del cambio climático.

Tabla 5.2 Planilla identificación de amenazas en la zona del proyecto

Amenazas: Algunos de los componentes del proyecto se localiza en:

N°	Pregunta	Respuesta			Explicación / Justificación
		Si	Parcial	No	
AMENAZAS NATURALES					
1	En una zona susceptible a: Inundaciones lentas o progresivas			✓	La zona de estudio no presenta inundaciones lentas por su grado de pendiente de la parte alta de la cuenca
2	En una zona con presencia de Inundaciones súbitas o repentinas (riadas) .	✓			Las inundaciones son repentinas y ocasiona riadas por su gran pendiente de la cuenca y los componentes del sistema de agua potable se encuentran justamente en la zona de afectación de la inundación.
3	Al pie o en laderas con pendientes mayores a 20% con probabilidades de Deslizamientos (descenso masivo y relativamente rápido)	✓			Las obras de toma se encuentran al pie de laderas con pendiente entre 40 - 60 % con gran probabilidad de deslizamientos
4	Cerca o sobre una falla geológica o en una zona sísmica .			✓	No se tiene ningún estudio que puedan evidenciar que puedan demostrar que hay fallas geológicas o sísmicas
5	En una zona susceptible a Sequías , donde los efectos en los últimos años, han sido más intensos y recurrentes.	✓			De acuerdo al análisis de amenazas la parte Alta de la cuenca se encuentra en un índice de escasez de nivel "Alto" superando del 40%, y su recurrencia en gran intensidad es cada 5 años aproximadamente.
6	En una zona susceptible a Heladas	✓			De acuerdo al estudio del MMayA el periodo libre de heladas en la zona es de 7 meses. Presenta un indicador de amenaza Alto.
7	En una zona susceptible a Granizadas	✓			Las granizadas ocurren con gran frecuencia rondando por los 2 años de recurrencia en gran intensidad.
8	En una zona expuesta a vientos fuertes			✓	Los vientos ocurientes en la zona son de un nivel bajo analizando el rango propuesto por la herramienta ya que la magnitud más alta fue de una velocidad máxima de 20 KPH y se registró solamente en el 2010 y 2013.
9	En una zona con alto arrastre de sedimentos en las quebradas .	✓			La zona presenta un alto arrastre de sedimentos debido a los eventos suscitados de deforestación y por su alta pendiente.
10	En una zona con arrastre o caída de rocas y pedrones .	✓			Pendiente muy pronunciadas en todo el lecho del río con gran cantidad de arrastre de pedrones.
11	En una zona plana o con pendientes muy bajas			✓	La cuenca no es de pendiente plana en la parte donde se encuentra el sistema de agua potable.
12	En una zona con baja capacidad portante del suelo y/o meteorización del suelo			✓	La capacidad portante del suelo es alta, debido a la presencia de suelo rocoso
AMENAZAS NATURALES					
13	En una zona expuesta a incendios forestales	✓			Existe gran cantidad de eventos suscitados de incendios en la zona de estudio y su recurrencia cada vez es mayor.
14	En una zona con fuertes procesos de erosión, deforestación y/o desertificación		✓		Existe la erosión en la zona del proyecto, pero al ser un área protegida la deforestación no es en gran cantidad.
AMENAZAS ANTRÓPICAS					

15	En una zona con actividad minera (contaminación minera)			✓	No hay actividad minera en la zona de estudio.
16	En una zona con uso de agroquímicos y/o industrias contaminantes (contaminación química)			✓	No existe industrias en la comunidad de la Victoria con uso de agroquímicos en el área protegida.
17	En una zona con contaminación por aguas residuales y/o residuos de animales			✓	No se encuentra en una zona proveniente de aguas residuales.
AMENAZAS CON CAMBIO CLIMÁTICO					
18	En una zona con incremento de la temperatura ; (consultar con los beneficiarios su percepción)	✓			De acuerdo a la gráfica del análisis histórico de temperatura, y bajo 2 escenarios climáticos con proyección al año 2050 (IPSL_RCP y MIROC_RCP) es evidente el incremento de temperatura. La percepción local también confirma esto.
19	En una zona con variación del patrón temporal de las precipitaciones pluviales con lluvias fuera de temporada e intensas		✓		Hay evidencia de que la variación de precipitaciones existe, sin embargo, no es en gran magnitud.
20	En una zona donde hay retroceso de glaciares por el incremento de temperaturas.			✓	No se encuentra en una zona con presencia de glaciares.

Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.1.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS VULNERABILIDADES Y POSIBLES IMPACTOS.

La identificación de VULNERABILIDAD E IMPACTO, se realiza mediante la planilla (Tabla 5.3), el cual consiste por un lado en la **identificación de los posibles impactos** que las amenazas presentes en la zona tendrían sobre las actividades del proyecto y por otro, en la identificación de carencias o dificultades existentes que podrían afectar su implementación y funcionamiento.

Esta identificación se realizó mediante el **conocimiento de la zona del proyecto**, y con el análisis de la información existente (estudios, proyectos, mapas y otros).

Tabla 5.3 Planilla de identificación de Vulnerabilidad e Impacto

Vulnerabilidades:

N°	Pregunta	Respuesta			Explicación / Justificación
		Si	Parcial	No	
1	Las amenazas ya identificadas afectan negativamente a los medios de vida y recursos naturales en el área de emplazamiento del proyecto.	✓			Las amenazas identificadas impactan de manera significativa en los recursos naturales, afectando principalmente el recurso hídrico.
2	El proyecto o componentes están expuestos a las amenazas identificadas en la PARTE UNO	✓			Prácticamente las amenazas con un grado de nivel "alto" se encuentran en la parte alta de la cuenca al igual que los componentes del sistema de agua potable.
3	Se tiene difícil acceso: al área de intervención, a materiales locales y a mano de obra calificada .		✓		Existe un camino de acceso, pero al encontrarse en un área protegida, el acceso no es libre.
4	Existe marcada situación de pobreza, baja calidad de vida y viviendas precarias .		✓		La calidad de vida en la comunidad es media ya que gozan de los servicios básicos, pero existe deficiencias en su abastecimiento
5	Existe falta de acceso a servicios básicos .			✓	Se cuenta con acceso a servicios básicos.
6	Los beneficiarios carecen de experiencias exitosas en la operación y mantenimiento de sus proyectos.		✓		Se cuenta con una EPSA para la operación y mantenimiento de los sistemas.
7	Existe más del 50% de mora en el pago de tarifas, aportes y/o cuotas mensuales para cubrir los costos de operación y mantenimiento .			✓	La empresa tiene políticas para el cobro de tarifas por lo que su control estricto se ve reflejado en el pago de las tarifas por los usuarios.
8	En la zona existe potencial de generarse conflictos sociales por el uso del agua y/o por la cesión de terrenos para el proyecto.		✓		La comunidad de La Victoria exige mayor abastecimiento para los comunarios al ser la comunidad protagonista de donde se produce agua para Tarija.
9	El proyecto requiere la instalación de macro y micro medidores			✓	La mayor parte de los beneficiarios tienen un micro medidor, el macro medidor es parte del proyecto.

Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.1.4 IDENTIFICACIÓN DE LAS CAPACIDADES.

Consiste en la identificación de **factores que favorecen a la resiliencia del proyecto**, que minimizan los efectos adversos de las amenazas y promueven las aptitudes adaptativas a los efectos del cambio climático. Analiza las capacidades de la población, de las instituciones presentes y las generadas por el propio proyecto (Ver Tabla 5.4).

Esta identificación se realizó mediante el conocimiento de la zona del proyecto, la interacción con la gente más antigua del lugar, así como con autoridades institucionales y con el análisis de la información existente (estudios, proyectos previos, etc.).

Tabla 5.4 Planilla de identificación de capacidades

N°	Pregunta	Respuesta			Explicación / Justificación
		Si	Parcial	No	
1	La zona de emplazamiento del proyecto carece de estudios complementarios de microcuena (Hidrológicos, geológicos, balance hídrico, estudio de suelos, etc.)		✓		Para el proyecto existente se hizo en base a estudios complementarios de microcuena sin embargo, es necesario más estudios para ampliar la información y para un nivel de precisión aun mayor.
2	Los beneficiarios carecen de sistemas alternativos o complementarios en caso de daños o destrucción del proyecto, que permitan el abastecimiento y disposición de agua	✓			Un sistema alternativo que beneficie a toda la población beneficiaria No existe. Sin embargo, dentro del área urbana existen pozos para dotar de agua a un porcentaje de la población.
3	El proyecto necesita de un Plan de Operación y Mantenimiento (preventivo y correctivo)	✓			Según inspección física y entrevistas el sistema carece de mantenimiento preventivo de los componentes.
4	Los beneficiarios carecen de los medios suficientes para realizar reparación y/o rehabilitaciones si el proyecto sufriera daños.		✓		Los beneficiarios no están permitidos para realizar reparaciones en el proyecto. Se encarga la EPSA
5	Los usos y costumbres y/o medios de vida en la zona son vulnerables a la variabilidad y Cambio Climático (resistentes a inundaciones, a deslizamientos, sequías y heladas)			✓	Todas las actividades comunales son vulnerables a la variabilidad del cambio climático por lo que no son resistentes a las amenazas descritas.
6	La población de la zona de influencia del proyecto ignora las amenazas y carece de experiencia local en la gestión de riesgos.		✓		Al ser recurrente las amenazas, la población es consiente de encontrarse expuestos, carece de capacitación para la gestión de riesgos, y desconocen la magnitud que estas amenazas podrían aumentar a futuro. Sin embargo, se cuenta con un sistema de alerta temprana que debe ser fortalecido por la

					Unidad de Riesgos del Municipio.
7	La población en la zona de influencia del proyecto carece de sistemas de alerta temprana y planes de contingencia		✓		Se cuenta con un Sistema de Alerta Temprana, debiendo fortalecerse los planes de contingencia e intervención inmediata.
8	Las organizaciones sociales beneficiarias del proyecto y la Unidad de Gestión de Riesgos del Gobierno Municipal están desvinculadas		✓		Unidad de Gestión de Riesgos y las autoridades de las comunidades afectadas por desastres naturales. Pero no es muy común en esta área protegida.
9	Al Gobierno Municipal le faltan estudios técnicos de amenazas y vulnerabilidades en la zona		✓		Existen estudios, pero se debe actualizarlos para adaptarlos a las amenazas y vulnerabilidades que determinen las acciones y medidas a tomar para evitar la recurrencia de fenómenos adversos dentro del área de estudio del sistema de agua potable.
10	La zona de influencia del proyecto y el Municipio requiere de estudios relacionados con la Adaptación al Cambio Climático .	✓			Es preciso y necesario identificar la afectación por el cambio climático determinando así las acciones y medidas a tomar para evitar la recurrencia de fenómenos adversos dentro del área de estudio del sistema de agua potable.
11	Los habitantes de la zona del proyecto desconocen la importancia del uso adecuado del agua		✓		En los últimos años esto fue reduciendo gracias a las campañas de concientización y gran redundancia en la importancia de este recurso.

Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.1.5 RESÚMEN DE IDENTIFICACIÓN.

Un resumen del estudio de amenazas identificado en la Etapa 0 se presenta a continuación en la Tabla N.º 5.6, el cual se encuentra debidamente respaldado en el Capítulo IV de este documento.

Tabla 5.5 Resumen de Amenazas Identificadas

Tipo de Amenaza	Amenaza	
Amenazas Naturales	1	Inundaciones súbitas o repentinas (riadas)
	2	Déficit hídrico y/o sequías
	3	Heladas
	4	Granizadas
	5	Incendios Forestales
	6	Erosión, deforestación y/o desertificación

	7	Arrastre de sedimentos
Amenazas Antrópicas	8	Contaminación de aguas
Amenazas con Cambio Climático	9	Incremento de la temperatura
	10	Reducción de las precipitaciones

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al análisis realizado se identificaron las vulnerabilidades más relevantes, las cuales se puede ver en la Tabla N.º 5.6.

Tabla 5.6 Resumen de Vulnerabilidades Identificadas

Vulnerabilidades	
1	Afectación a los medios de vida y recursos naturales en el área del proyecto
2	Impacto de las amenazas identificadas sobre los objetivos del proyecto y/o componentes

Fuente: Elaboración Propia

En el sistema no se cuenta con varias capacidades desarrolladas, por lo cual se identificaron las principales falencias observadas y estudiadas, en la Tabla N.º 5.7 se observa un resumen de esto, por otro lado, esta falta de capacidades identificadas son un gran punto de observación para implementar medidas y mejorar con estudios complementarios.

Tabla 5.7 Resumen de Capacidades Identificadas a Mejorar

Capacidades	
1	Inexistencia de sistemas alternativos en caso de daño o destrucción del proyecto
2	La zona requiere de un Plan de Operación y Mantenimiento (Preventivo y correctivo)
3	La zona requiere de estudios de Adaptación al Cambio Climático

Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.2 ETAPA 1: ANÁLISIS DE RIESGO DEL PROYECTO.

En esta etapa, para profundizar la evaluación del riesgo, se generan las planillas de: **principales amenazas, principales afectaciones y principales capacidades a desarrollar** para reducir el riesgo, las cuales permiten identificar las amenazas que podrían afectar la funcionalidad o las capacidades del proyecto; identifican también las afectaciones que estás podrían tener sobre sus componentes y finalmente permiten sugerir el desarrollo de las capacidades en la población para hacerles frente. Después del llenado de las tres planillas, concluye el proceso de análisis preliminar del riesgo en el proyecto (Ver Figura N° 5.5).



Figura 5.5 Análisis del riesgo del Proyecto, Etapa 1

Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.2.1 AMENAZAS PRINCIPALES

Para este apartado se toman en cuenta las amenazas identificadas en la Etapa 0.2, y en base a esto se realiza una identificación tomando en cuenta aquellas **amenazas que efectivamente podrían afectar el funcionamiento del proyecto**, dejando de lado a las que son irrelevantes y además también se especifica el periodo de recurrencia (en años) de estas amenazas.

Estas Amenazas Principales identificadas y registradas en el proyecto se visualiza en la Tabla N° 5.8.

Tabla 5.8 Amenazas Registradas

N°	Amenazas Registradas	Recurrencia Real	Recurrencia para el ARI (Años)
1	Inundaciones súbitas o repentinas	5 años	5
2	Heladas	7 meses	1
3	Incendios forestales	1 año	1
4	Alto arrastre de sedimentos en las quebradas	5 años	5
5	Déficit hídrico y/o sequías	5 año	5
6	Granizadas	2 años	2
7	Zona con arrastre o caída de rocas y pedrones	5 año	5
8	Incremento de temperaturas	5 años	5

Fuente: Elaboración Propia

El estudio específico de todas las amenazas que se analizan en este apartado se realizó en el Capítulo IV del presente documento, sin embargo, a continuación, se muestra un resumen analítico considerando únicamente las principales amenazas identificadas que se muestran en la Tabla 5.8. Es importante mencionar que todo este análisis está respaldado bajo la base de datos de información primaria utilizada, tales como de los Planes de Desarrollo Municipal, Plan Director de la Cuenca Guadalquivir, base de datos DesInventar, mapeo SIG e inspección de la zona y testimonios de los habitantes de la comunidad del Rincón de la Victoria.

a) Eventos Extremos de Inundación

De acuerdo al Plan de Desarrollo Municipal (PDM), se determinó que se tiene eventos extremos de precipitación en la parte alta de la cuenca, dando lugar a escorrentías violentas en pendientes bajas afectando totalmente a los componentes del sistema de agua potable ubicado entre quebradas y por otro lado si la presa cede o falla parcialmente llega a afectar áreas aguas abajo, afectando comunidades, infraestructura y medio ambiente. El periodo de recurrencia de inundación o riada suele ser de 5 años. Esto en base al índice de vulnerabilidad ya analizado anteriormente en el apartado 4.8.1.2 donde se determina el exceso de agua en la cuenca junto con su grado de amenaza.

b) Eventos Extremos de Sequía

Los periodos de sequía son una amenaza principal en la cuenca del río La Victoria ya que, de esto depende la captación de agua en el sistema para su posterior dotación a la población de la ciudad de Tarija.

Para este análisis se empleó el índice de escasez de agua en la cuenca, tanto para una percepción actual y proyección futura (2050) utilizando 7 líneas estratégicas resultando con un grado “Alto” de escasez de agua en la parte alta de la cuenca tanto para el escenario y actual y futuro. Por otro lado, de acuerdo al estudio de “Determinación áreas de recarga subterránea Tarija 2020” la recurrencia de las sequías es de 5 años.

c) Eventos Extremos de Heladas

Las heladas son razonablemente frecuentes en el municipio de Tarija, debido a las bajas temperaturas en algunos meses del año. Su mayor recurrencia en la cuenca en estudio se da en la Cordillera de Sama.

De acuerdo al análisis del apartado 4.8.1.3 el indicador de amenaza es de grado “Alto”, y el periodo libre de heladas es de 7 meses.

d) Eventos Extremos de Granizadas

Las granizadas al igual que los eventos extremos de Heladas son recurrentes en la zona de estudio, el cual según el estudio del PDTI del departamento de Tarija descrito en el apartado 4.8.1.3 la frecuencia de este evento es de 2 años.

e) Eventos Extremos de Incendios

Para la cuenca del río La Victoria los eventos extremos de Incendios son de gran importancia por estar situada en una zona totalmente expuesta ya que se encuentra dentro de La Cordillera de Sama.

De acuerdo al análisis realizado en el apartado 4.8.1.6 donde se realiza la estimación basada en temperatura, biomasa y humedad relativa (factores ambientales naturales), el grado de los eventos extremos de incendios es “Alto”, con una recurrencia constante de cada año.

Por otro lado, el sistema de agua potable se encuentra situado en las cicatrices de incendios identificados por lo que eleva su exposición a esta amenaza.

f) Eventos Extremos de Sedimentos

Los sedimentos arrastrados debido a eventos extremos de precipitación son preocupantes para el volumen de agua que escurre directamente hacia los componentes del sistema de agua potable.

De acuerdo al análisis realizado en el apartado 4.8.1.4 el arrastre de sedimentos proyectado a través de dos escenarios resulta de grado alto, y su recurrencia está en función a las inundaciones (5 Años).

5.1.1.2.2 POSIBLES AFECTACIONES.

Una vez identificadas las principales amenazas, se avanza a la Etapa 1 del ARI, que consiste en determinar las posibles afectaciones que cada componente del sistema de agua potable que está ubicado en el río La Victoria podría experimentar debido a dichas amenazas. La Tabla N°5.9 presenta un resumen de las afectaciones identificadas para cada amenaza.

Tabla 5.9 Resumen de afectaciones por amenaza principal de la cuenca del río La Victoria en el sistema

N°	Amenazas Principales	Posibles Afectaciones Identificadas
1	Inundaciones súbitas o repentinas	Daño hacia la obra de toma principal
		Ocasionar alto arrastre de sedimentos y afectar a la calidad del agua
		Dañar el canal de aducción logrando romperlo o reducir su vida útil
2	Heladas	Reducción del caudal en la fuente de agua
		Congelamiento del líquido en el canal de aducción y bloquear el flujo de agua
		Ocasionar el rompimiento de tuberías aguas abajo y afectar la calidad del agua
3	Incendios forestales	Escasez de agua por falta de vegetación (mayor escorrentía y menor recarga de acuíferos)
		Contaminación severa en la fuente de agua (debido al arrastre de cenizas, tierra y otros sedimentos)
		Deterioro en la calidad del agua y en consecuencia en el proceso de tratamiento
4	Alto arrastre de sedimentos en las quebradas	Obstrucción de filtros en la captación
		Incremento en el tratamiento del agua
		Desgaste y daños en la infraestructura
		Impacto en la calidad del agua
5	Déficit hídrico y/o sequías	Escasez de agua
		Afectación a la dotación de agua potable
		Degradación de los ecosistemas
		Pérdidas económicas
6	Granizadas	Cierres temporales del sistema
		Obstrucción y Bloqueo de Drenajes y Filtros
		Aumento de contaminación del agua

		Costos de mantenimiento
7	Zona con arrastre o caída de rocas y pedrones	Daños en Infraestructura de Captación
		Bloqueos u obstrucción de filtros de captación
		Contaminación de la fuente de agua
8	Incremento de temperaturas	Evaporación de cuerpos de agua
		Mayor demanda de agua
		Degradación de las aguas por formación de algas y bacterias
		Impacto en las fuentes subterráneas (menor nivel freático)

Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.2.3 CAPACIDADES A DESARROLLAR.

Para culminar esta etapa, se identifica las capacidades a desarrollar que se requieren para hacer frente a las amenazas identificadas tomando en cuenta sus posibles afectaciones. Dando como resultado el planteamiento de las siguientes capacidades para reducir el nivel de riesgo del proyecto (Tabla 5.10).

Tabla 5.10 Identificación de las Capacidades a Desarrollar

N°	Principales Capacidades a Desarrollarse
1	Crear un plan de operación y acción rápida ante alguna afectación del sistema.
2	Crear sistemas alternativos o complementarios al sistema actual.
3	Enriquecer los planes de operación y mantenimiento del sistema de agua potable.
4	Incentivar la incorporación de estudios técnicos para el municipio, relacionados a las amenazas, vulnerabilidades y riesgos específicamente en la zona.
5	Implementar un Manejo Integral de Cuencas específico para la cuenca del río La Victoria.
6	La zona de influencia del proyecto y el Municipio requiere de estudios relacionados con la Adaptación al Cambio Climático.
7	Mejorar las normativas que regulen e impidan los incendios en la zona.
8	Implementar sistemas de alerta temprana a eventos extremos.

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2 MODULO II: ANÁLISIS DE RESILIENCIA CLIMÁTICA.

Este apartado, consistirá en realizar los análisis de resiliencia física y funcional de los componentes del sistema junto con la priorización de intervenciones de cada componente ante su amenaza más preponderante y el planteamiento de obras hacia esta, tomando en cuenta la información incorporada en el módulo previo.



Figura 5.6 Modulo II (etapas 2 a 5) de la metodología ARI

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2.1 ETAPA 2: ANÁLISIS DE RESILIENCIA FÍSICA.

En la etapa 2, se definen los componentes del proyecto que se van analizar, y se mide el grado de robustez de cada componente frente a las principales amenazas identificadas mediante el análisis de los criterios de **exposición, calidad de construcción, daño probable y capacidad de respuesta.**

El objetivo principal de esta etapa es identificar a los componentes del sistema que son físicamente NO resilientes frente a la amenaza considerada.

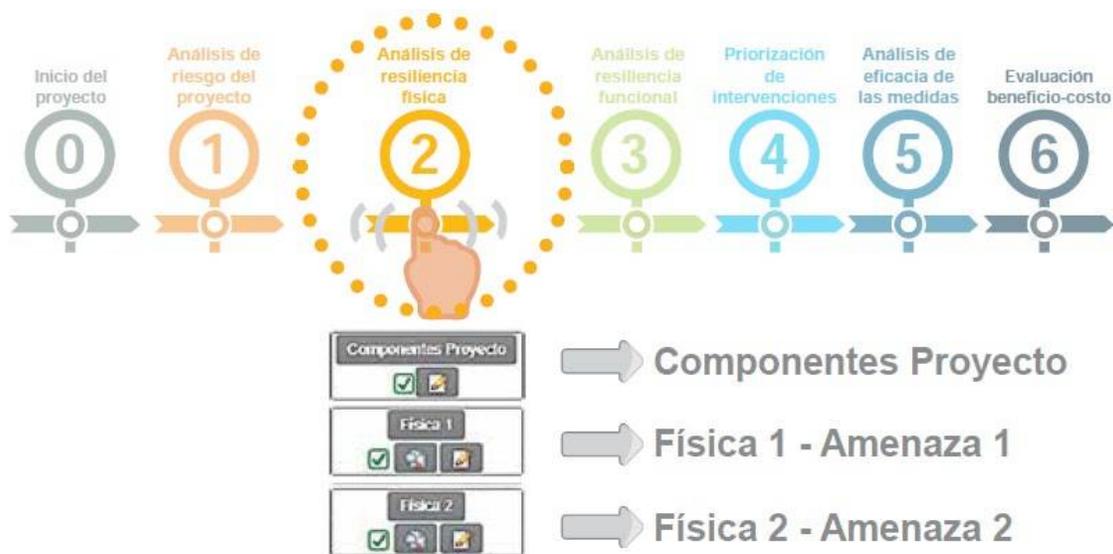


Figura 5.7 Planillas para el análisis de resiliencia física, Etapa 2

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2.1.1 COMPONENTES DEL SISTEMA.

Para realizar el análisis, se ha disgregado el proyecto en los siguientes componentes:

Tabla 5.11 Componentes del proyecto
COMPONENTES DEL PROYECTO

1	Presa Derivadora
2	Toma Directa
3	Galería Filtrante
4	Canal de Aducción
5	Tanque Sedimentador / Desarenador

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2.1.2 RESILIENCIA FÍSICA POR COMPONENTE Y AMENAZA.

El análisis de resiliencia física se realiza para todos los componentes introducidos en el sistema, frente a cada amenaza por separado, formando una matriz de valoración de resiliencia considerando los **criterios de evaluación** con sus respectivos pesos.

A cada componente se le asigna un valor entre 1 y 5, dando por entendido que 1 es el valor más bajo, considerando el grado de riesgo y sensibilidad de los siguientes criterios de evaluación.

- **Criterio 1: Ubicación del componente**, en que grado se encuentra expuesto a la amenaza.
- **Criterio 2: Calidad de construcción**, sí en la zona se cuenta con materiales de calidad y capacidad de controles de calidad.
- **Criterio 3: Daño probable**, frente a la exposición de la amenaza y daño recibido.
- **Criterio 4: Capacidad de respuesta**, de las instituciones o comunarios de la zona para hacer frente a las amenazas en su reparación y rehabilitación.

Esta evaluación se realiza por cada amenaza principal identificado en el proyecto, en la Tabla N° 5.12 se muestra la evaluación de la amenaza de inundación para cada componente.

Tabla 5.12 Análisis de resiliencia Física de la amenaza Inundaciones súbitas

Análisis de Resiliencia Física del proyecto por Componente y por Amenaza																						
AMENAZA :	Inundaciones súbitas o repentinas (riadas)										SUCEDER CADA:					5 años				Nivel de Resiliencia Física del Componente		
COMPONENTES DEL PROYECTO	Criterio 1 Ubicación del componente					Criterio 2 Calidad del componente Diseño y/o construcción					Criterio 3 Daño probable					Criterio 4 Capacidad de respuesta						
	Peso 1-35%					Peso 2-15%					Peso 3-30%					Peso 4-20%						
	MM	M	D	B	MB	MM	M	D	B	MB	PT	PP	R	DL	I	MB	B	ME	A		MA	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
Presa Derivadora		2					2					2						3			2.2	Baja
Toma Directa		2						3				2							4		2.55	Baja
Galería Filtrante					5				4						5				4		1.65	Alta
Canal de Aducción		2					2					2						3			2.2	Baja
Tanque sedimentador / Desarenador					5				4						5				4		1.65	Alta

Fuente: Elaboración Propia

De la misma forma se evalúa para cada amenaza para obtener el nivel de Resiliencia Física de cada componente frente a cada amenaza identificada en la zona de estudio. Estas planillas para cada amenaza se presentan a continuación:

Tabla 5.13 Análisis de resiliencia Física de la amenaza Heladas

Análisis de Resiliencia Física del proyecto por Componente y por Amenaza																						
AMENAZA :	Heladas										SUCEDER CADA:					1 años				Nivel de Resiliencia Física del Componente		
COMPONENTES DEL PROYECTO	Criterio 1 Ubicación del componente					Criterio 2 Calidad del componente Diseño y/o construcción					Criterio 3 Daño probable					Criterio 4 Capacidad de respuesta						
	Peso 1-35%					Peso 2-15%					Peso 3-30%					Peso 4-20%						
	MM	M	D	B	MB	MM	M	D	B	MB	PT	PP	R	DL	I	MB	B	ME	A		MA	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
Presa Derivadora		2						3						4					4		3.15	Media
Toma Directa		2						3						4					4		3.15	Media
Galería Filtrante					5				4						5				4		4.65	Alta
Canal de Aducción		2					2						3						4		2.7	Baja
Tanque sedimentador / Desarenador					5			3						4					4		4.2	Alta

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.14 Análisis de resiliencia Física de la amenaza Incendios Forestales

Análisis de Resiliencia Física del proyecto por Componente y por Amenaza																						
AMENAZA :	Incendios forestales										SUCEDER CADA:					1 años				Nivel de Resiliencia Física del Componente		
COMPONENTES DEL PROYECTO	Criterio 1 Ubicación del componente					Criterio 2 Calidad del componente Diseño y/o construcción					Criterio 3 Daño probable					Criterio 4 Capacidad de respuesta						
	Peso 1=35%					Peso 2=15%					Peso 3=30%					Peso 4=20%						
	MM	M	D	B	MB	MM	M	D	B	MB	PT	PP	R	DL	I	MB	B	ME	A		MA	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
Presa Derivadora			3					3						4					4		3.5	Media
Toma Directa			3					3						4					4		3.5	Media
Galería Filtrante					5					4					5				4		4.65	Alta
Canal de Aducción		2					2						3					3			2.5	Baja
Tanque sedimentador / Desarenador					5					5					5				4		4.8	Alta

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.15 Análisis de resiliencia Física de la amenaza Alto arrastre de sedimentos en las quebradas

Análisis de Resiliencia Física del proyecto por Componente y por Amenaza																						
AMENAZA :	Alto arrastre de sedimentos en las quebradas										SUCEDER CADA:					5 años				Nivel de Resiliencia Física del Componente		
COMPONENTES DEL PROYECTO	Criterio 1 Ubicación del componente					Criterio 2 Calidad del componente Diseño y/o construcción					Criterio 3 Daño probable					Criterio 4 Capacidad de respuesta						
	Peso 1=35%					Peso 2=15%					Peso 3=30%					Peso 4=20%						
	MM	M	D	B	MB	MM	M	D	B	MB	PT	PP	R	DL	I	MB	B	ME	A		MA	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
Presa Derivadora		2						3				2					2				2.15	Baja
Toma Directa		2								4		2						3			2.5	Baja
Galería Filtrante					5					4					5				4		4.65	Alta
Canal de Aducción		2						3					3						4		2.85	Baja
Tanque sedimentador / Desarenador					5					4					5				4		4.65	Alta

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.16 Análisis de resiliencia Física de la amenaza Déficit hídrico y/o sequías

Análisis de Resiliencia Física del proyecto por Componente y por Amenaza																						
AMENAZA :	Déficit hídrico y/o sequías										SUCEDER CADA:					5 años				Nivel de Resiliencia Física del Componente		
COMPONENTES DEL PROYECTO	Criterio 1 Ubicación del componente					Criterio 2 Calidad del componente Diseño y/o construcción					Criterio 3 Daño probable					Criterio 4 Capacidad de respuesta						
	Peso 1-35%					Peso 2-15%					Peso 3-30%					Peso 4-20%						
	MM	M	D	R	MB	MM	M	D	R	MB	PT	PP	R	DI	T	MB	B	ME	A		MA	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
Presa Derivadora		2							4				3						4		3	Media
Toma Directa		2							4					4					4		3.3	Media
Galería Filtrante		2								5					5				4		3.75	Media
Canal de Aducción			3						4						5				4		3.95	Media
Tanque sedimentador / Desarenador					5					5					5				4		4.8	Alta

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.17 Análisis de resiliencia Física de la amenaza Granizadas

Análisis de Resiliencia Física del proyecto por Componente y por Amenaza																						
AMENAZA :	Granizadas										SUCEDER CADA:					2 años				Nivel de Resiliencia Física del Componente		
COMPONENTES DEL PROYECTO	Criterio 1 Ubicación del componente					Criterio 2 Calidad del componente Diseño y/o construcción					Criterio 3 Daño probable					Criterio 4 Capacidad de respuesta						
	Peso 1-35%					Peso 2-15%					Peso 3-30%					Peso 4-20%						
	MM	M	D	R	MB	MM	M	D	R	MB	PT	PP	R	DI	T	MB	B	ME	A		MA	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
Presa Derivadora		2							3						4				4		3.15	Media
Toma Directa		2							3				3						4		2.85	Baja
Galería Filtrante					5				4						5				4		4.65	Alta
Canal de Aducción		2							4				3						4		3	Media
Tanque sedimentador / Desarenador			3						4					4					4		3.65	Media

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.18 Análisis de resiliencia Física de la amenaza Arrastre o caída de rocas y pedrones

Análisis de Resiliencia Física del proyecto por Componente y por Amenaza																						
AMENAZA :	Zona con arrastre o caída de rocas y pedrones										SUCEDER CADA:					5 años	Nivel de Resiliencia Física del Componente					
COMPONENTES DEL PROYECTO	Criterio 1 Ubicación del componente					Criterio 2 Calidad del componente Diseño y/o construcción					Criterio 3 Daño probable					Criterio 4 Capacidad de respuesta						
	Peso 1-35%					Peso 2-15%					Peso 3-30%					Peso 4-20%						
	MM	M	D	B	MB	MM	M	D	B	MB	PT	PP	R	DL	I	MB		B	ME	A	MA	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
Presa Derivadora	1							3				2					2				1.8	Muy Baja
Toma Directa			3				2				1						2				2.05	Baja
Galería Filtrante					5					5					5					5	5	Muy Alta
Canal de Aducción			3					3					3					3			3	Media
Tanque sedimentador / Desarenador					5					5				4					4		4.5	Alta

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.19 Análisis de resiliencia Física de la amenaza Incremento de Temperaturas

Análisis de Resiliencia Física del proyecto por Componente y por Amenaza																						
AMENAZA :	Incremento de temperaturas										SUCEDER CADA:					5 años	Nivel de Resiliencia Física del Componente					
COMPONENTES DEL PROYECTO	Criterio 1 Ubicación del componente					Criterio 2 Calidad del componente Diseño y/o construcción					Criterio 3 Daño probable					Criterio 4 Capacidad de respuesta						
	Peso 1-35%					Peso 2-15%					Peso 3-30%					Peso 4-20%						
	MM	M	D	B	MB	MM	M	D	B	MB	PT	PP	R	DL	I	MB		B	ME	A	MA	
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
Presa Derivadora			3					3						4					4		3.5	Media
Toma Directa			3					3						4					4		3.5	Media
Galería Filtrante				4					4					4					4		4	Alta
Canal de Aducción				4					4					4					4		4	Alta
Tanque sedimentador / Desarenador				4					4					4					4		4	Alta

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2.1.3 RESUMEN DE ANÁLISIS DE RESILIENCIA FÍSICA DE CADA COMPONENTE.

En la Tabla N°5.20 se muestra los valores obtenidos para cada una de las Amenazas analizadas en las anteriores planillas, junto con su grado de nivel de resiliencia física para cada componente del sistema.

Tabla 5.20 Análisis de resiliencia Física de cada componente

Componente	Amenaza 1	Amenaza 2	Amenaza 3	Amenaza 4	Amenaza 5	Amenaza 6	Amenaza 7	Amenaza 8
	Inundaciones subitas	Heladas	Incendios	Alto arrastre de sedimentos	Déficit hídrico	Granizadas	Zona con arrastre de rocas	Incremento de temperaturas
Presa Derivadora	Nivel de resiliencia Baja	Nivel de resiliencia Media	Nivel de resiliencia Media	Nivel de resiliencia Baja	Nivel de resiliencia Media	Nivel de resiliencia Media	Nivel de resiliencia Muy Baja	Nivel de resiliencia Media
Toma Directa	Nivel de resiliencia Baja	Nivel de resiliencia Media	Nivel de resiliencia Media	Nivel de resiliencia Baja	Nivel de resiliencia Media	Nivel de resiliencia Baja	Nivel de resiliencia Baja	Nivel de resiliencia Media
Galería Filtrante	Nivel de resiliencia Alta	Nivel de resiliencia Alta	Nivel de resiliencia Alta	Nivel de resiliencia Alta	Nivel de resiliencia Media	Nivel de resiliencia Alta	Nivel de resiliencia Alta	Nivel de resiliencia Alta
Canal de Aducción	Nivel de resiliencia Baja	Nivel de resiliencia Baja	Nivel de resiliencia Baja	Nivel de resiliencia Baja	Nivel de resiliencia Media	Nivel de resiliencia Media	Nivel de resiliencia Media	Nivel de resiliencia Alta
Tanque sedimentador	Nivel de resiliencia Alta	Nivel de resiliencia Alta	Nivel de resiliencia Alta	Nivel de resiliencia Alta	Nivel de resiliencia Alta	Nivel de resiliencia Media	Nivel de resiliencia Alta	Nivel de resiliencia Alta

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2.2 ETAPA 3: RESILIENCIA FUNCIONAL.



Figura 5.8 Planillas para el análisis de resiliencia funcional, Etapa 3

Fuente: Elaboración Propia

Este apartado tiene una matriz similar a la resiliencia física, pero siguiendo otros criterios de evaluación, teniendo en cuenta que es independiente de alguna amenaza en específico, si no, **se considera todas las amenazas del sistema y componentes**, debiéndose evaluar por pesos ponderados de la misma manera considerando los siguientes criterios:

- **Criterio 1:** Capacidad instalada capaz de satisfacer la demanda actual y futura (Peso 30%).
- **Criterio 2:** Estado de los consensos y acuerdos sociales (Peso 25%).
- **Criterio 3:** Capacidad de operación y mantenimiento (Peso 25%).
- **Criterio 4:** Nivel de eficiencia de aprovechamiento o funcionamiento del componente (Peso 20%).

Esta evaluación a cada componente se puede observar en la siguiente Tabla N°5.21:

Tabla 5.21 Análisis de resiliencia Funcional del proyecto

Análisis de Resiliencia Funcional del Proyecto por Componente																						
COMPONENTES DEL PROYECTO	Criterio 1 Capacidad instalada					Criterio 2 Consensos y Acuerdos					Criterio 3 Operación y Mantenimiento					Criterio 4 Eficiencia en el aprovechamiento					Nivel de Resiliencia Funcional del componente	
	Peso 1=30%					Peso 2=25%					Peso 3=25%					Peso 4=20%						
	D	IN	S	B	OP	D	IN	S	B	OP	D	IN	S	B	OP	MB	B	Me	A	MA		
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
Presa Derivadora				4				3						4					4		3.75	Media
Toma Directa					5			3						4				3			3.85	Media
Galería Filtrante			3						4					4				3			3.5	Media
Canal de Aducción				4				3						4		1					3.15	Media
Tanque sedimentador / Desarenador				4						5				4						4	4.25	Alta

Fuente: Elaboración Propia

De esa evaluación respectiva se obtiene el valor de nivel de resiliencia funcional para cada componente, mismo que se muestra en la siguiente Tabla 5.22:

Tabla 5.22 Análisis de resiliencia Funcional de cada componente

Componente	Resiliencia Funcional
Presa de derivación	Nivel de resiliencia Media 3.75
Toma Directa	Nivel de resiliencia Media 3.85
Galería Filtrante	Nivel de resiliencia Media 3.5
Canal de aducción	Nivel de resiliencia Media 3.15
Tanque de sedimentación	Nivel de resiliencia Alta 4.25

Fuente: Elaboración Propia

De esta evaluación se puede argumentar que el componente tanque sedimentador es el único que presenta un nivel alto de resiliencia funcional, esto es debido a su ubicación, ya que se encuentra cercano a personal de mantenimiento y en cuanto a su capacidad recolecta la proyectada sin inconveniente, ya que, la reducción de caudales le favorece en ese aspecto.

Sin embargo, los otros componentes presentan un **Nivel de resiliencia Media**, debido a que la EPSA encargada del óptimo funcionamiento carece del óptimo aprovechamiento de los componentes en cuanto a los criterios observados.

5.1.2.3 ETAPA 4: PRIORIZACIÓN DE INTERVENCIONES.

En esta etapa gracias a la identificación de los niveles de resiliencia física y funcional en las anteriores etapas, se determinó el nivel de riesgo de cada componente del proyecto, para la atención inmediata de los componentes **NO** resilientes, priorizando el componente con mayor

nivel de riesgo e importancia para el funcionamiento del sistema de agua potable, permitiendo también realizar una primera aproximación de las medidas necesarias para mejorar su nivel de resiliencia.



Figura 5.9 Planillas para la priorización de intervenciones, Etapa 4

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2.3.1 NIVEL DEL RIESGO DE CADA COMPONENTE.

Para identificar el nivel del riesgo en cada uno de los componentes, se consideran dos factores. La **frecuencia** con la que se presenta la amenaza y el **nivel de vulnerabilidad** expresado en su nivel de resiliencia tanto física como funcional.

El siguiente cuadro establece la recurrencia en función de la cantidad de años en la que se presenta:

Tabla 5.23 Indicador de evaluación por recurrencia de las Amenazas

Recurrencia de las Amenazas	
Muy frecuente	De 1 a 5 años
Frecuente	De 6 a 10 años
Eventual	De 11 a 15 años
Poco probable	De 15 a 20 años
Improbable	Mas de 20 años

Fuente: MMyA y HELVETAS Swiss Intercooperation, 2018

En el caso del proyecto del Sistema de Agua Potable de la ciudad de Tarija que se encuentra en la cuenca del río La Victoria, se ha determinado que el nivel de recurrencia de las amenazas es el siguiente:

Tabla 5.24 Recurrencia de Amenazas y probabilidad de ocurrencia

Amenaza	Recurrencia en años	Probabilidad de ocurrencia
Inundaciones súbitas o repentinas	5	Muy Frecuente
Heladas	1	Muy Frecuente
Incendios forestales	1	Muy Frecuente
Alto arrastre de sedimentos en las quebradas	5	Muy Frecuente
Déficit hídrico y/o sequías	5	Muy Frecuente
Granizadas	2	Muy Frecuente
Zona con arrastre o caída de rocas y pedrones	5	Muy Frecuente
Incremento de temperaturas	5	Muy Frecuente

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, para determinar el nivel del riesgo en cada componente se emplea la siguiente matriz de doble entrada:

Tabla 5.25 Matriz de Nivel del Riesgo

		SENSIBILIDAD ANTE LA AMENAZA				
		Resiliencia muy alta	Resiliencia alta	Resiliencia media	Resiliencia baja	Resiliencia muy baja
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LA AMENAZA	Muy frecuente 1-5 años	Riesgo medio	Riesgo alto	Riesgo alto	Riesgo medio	Riesgo muy alto
	Frecuente 6-10 años	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto	Riesgo alto	Riesgo muy alto
	Eventual 11-15 años	Riesgo bajo	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto	Riesgo alto
	Poco probable 16-20 años	Riesgo muy bajo	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo medio	Riesgo alto
	Improbable > 20 años	Riesgo muy bajo	Riesgo muy bajo	Riesgo medio	Riesgo medio	Riesgo medio

Fuente: MMyA y HELVETAS Swiss Intercooperation, 2018

Al tener las matrices de resiliencia física y funcional, se procede a elegir el componente bajo una amenaza principal analizando el nivel del riesgo que cada componente presenta ante cada

amenaza presente. En la tabla N° 5.26 se visualiza el nivel del riesgo obtenido de cada componente del proyecto.

Tabla 5.26 Nivel de riesgo de cada componente del proyecto

Priorización de Intervenciones							
COMPONENTES DEL PROYECTO	Nivel de resiliencia Física	Nivel de resiliencia Funcional	Principal amenaza que pone en riesgo al componente	Probabilidad de ocurrencia	Nivel de riesgo		
Presa Derivadora	2.2	Baja	3.75	Media	Inundaciones súbitas o repentinas (riadas)	Muy Frecuente	Riesgo Muy Alto
	3.15	Media	3.75	Media	Heladas	Muy Frecuente	Riesgo Alto
	3.5	Media	3.75	Media	Incendios forestales	Muy Frecuente	Riesgo Alto
	2.15	Baja	3.75	Media	Alto arrastre de sedimentos en las quebradas	Muy Frecuente	Riesgo Muy Alto
	3	Media	3.75	Media	Déficit hídrico y/o sequías	Muy Frecuente	Riesgo Alto
	3.15	Media	3.75	Media	Granizadas	Muy Frecuente	Riesgo Alto
	1.8	Muy Baja	3.75	Media	Zona con arrastre o caída de rocas y pedrones	Muy Frecuente	Riesgo Muy Alto
	3.5	Media	3.75	Media	Incremento de temperaturas	Muy Frecuente	Riesgo Alto
Toma Directa	2.55	Baja	3.85	Media	Inundaciones súbitas o repentinas (riadas)	Muy Frecuente	Riesgo Muy Alto
	3.15	Media	3.85	Media	Heladas	Muy Frecuente	Riesgo Alto
	3.5	Media	3.85	Media	Incendios forestales	Muy Frecuente	Riesgo Alto
	2.5	Baja	3.85	Media	Alto arrastre de sedimentos en las quebradas	Muy Frecuente	Riesgo Muy Alto
	3.3	Media	3.85	Media	Déficit hídrico y/o sequías	Muy Frecuente	Riesgo Alto
	2.85	Baja	3.85	Media	Granizadas	Muy Frecuente	Riesgo Muy Alto
	2.05	Baja	3.85	Media	Zona con arrastre o caída de rocas y pedrones	Muy Frecuente	Riesgo Muy Alto
	3.5	Media	3.85	Media	Incremento de temperaturas	Muy Frecuente	Riesgo Alto
Galería Filtrante	4.65	Alta	3.5	Media	Inundaciones súbitas o repentinas (riadas)	Muy Frecuente	Riesgo Alto
	4.65	Alta	3.5	Media	Heladas	Muy Frecuente	Riesgo Alto
	4.65	Alta	3.5	Media	Incendios forestales	Muy Frecuente	Riesgo Alto
	4.65	Alta	3.5	Media	Alto arrastre de sedimentos en las quebradas	Muy Frecuente	Riesgo Alto
	3.75	Media	3.5	Media	Déficit hídrico y/o sequías	Muy Frecuente	Riesgo Alto
	4.65	Alta	3.5	Media	Granizadas	Muy Frecuente	Riesgo Alto
	5	Muy Alta	3.5	Media	Zona con arrastre o caída de rocas y pedrones	Muy Frecuente	Riesgo Medio
	4	Alta	3.5	Media	Incremento de temperaturas	Muy Frecuente	Riesgo Alto
Canal de Aducción	2.2	Baja	3.15	Media	Inundaciones súbitas o repentinas (riadas)	Muy Frecuente	Riesgo Muy Alto
	2.7	Baja	3.15	Media	Heladas	Muy Frecuente	Riesgo Muy Alto
	2.5	Baja	3.15	Media	Incendios forestales	Muy Frecuente	Riesgo Muy Alto
	2.85	Baja	3.15	Media	Alto arrastre de sedimentos en las quebradas	Muy Frecuente	Riesgo Muy Alto
	3.95	Media	3.15	Media	Déficit hídrico y/o sequías	Muy Frecuente	Riesgo Alto
	3	Media	3.15	Media	Granizadas	Muy Frecuente	Riesgo Alto
	3	Media	3.15	Media	Zona con arrastre o caída de rocas y pedrones	Muy Frecuente	Riesgo Alto
	4	Alta	3.15	Media	Incremento de temperaturas	Muy Frecuente	Riesgo Alto

Tanque sedimentador / Desarenador	4.65	Alta	4.25	Alta	Inundaciones súbitas o repentinas (riadas)	Muy Frecuente	Riesgo Medio
	4.2	Alta	4.25	Alta	Hieladas	Muy Frecuente	Riesgo Medio
	4.8	Alta	4.25	Alta	Incendios forestales	Muy Frecuente	Riesgo Medio
	4.65	Alta	4.25	Alta	Alto arrastre de sedimentos en las quebradas	Muy Frecuente	Riesgo Medio
	4.8	Alta	4.25	Alta	Déficit hídrico y/o sequías	Muy Frecuente	Riesgo Medio
	3.65	Media	4.25	Alta	Granizadas	Muy Frecuente	Riesgo Medio
	4.5	Alta	4.25	Alta	Zona con arrastre o caída de rocas y pedrones	Muy Frecuente	Riesgo Medio
	4	Alta	4.25	Alta	Incremento de temperaturas	Muy Frecuente	Riesgo Medio

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2.3.2 COMPONENTES PRIORITARIOS.

Para la selección del componente a ser intervenido por amenaza principal, se consideró el nivel de riesgo según los valores de las matrices, criterios de ingeniería, investigación, eventos adversos más frecuentes e importancia del componente en todo el sistema del proyecto, además de contexto pasado y presente de la zona de estudio.

De acuerdo a lo señalado el análisis selección de priorización se realizó en función de los siguientes criterios:

- **Criterio 1: Nivel de resiliencia física**, identifica la robustez física del componente frente a las principales amenazas.
- **Criterio 2: Nivel de resiliencia funcional**, califica la fragilidad del funcionamiento de cada componente en condiciones de amenaza.
- **Criterio 3: Nivel de riesgo**, de cada componente en función de su sensibilidad ante la amenaza y la probabilidad de ocurrencia de la amenaza (periodo de recurrencia) empleando la matriz mostrada en la Tabla 5.25 de nivel del riesgo.
- **Criterio 4: Importancia del componente sobre el resto del sistema**, se tomó en cuenta la analogía de que las obras de captación son más importantes que un componente secundario, por lo tanto, su prioridad de atención será mayor.

En la Tabla N°5.27, se muestra los componentes seleccionados de la Tabla 5.26 por su amenaza más preponderante.

Tabla 5.27 Resumen de Priorización de intervenciones en el sistema

Nivel de Prioridad	Componentes del Proyecto	Nivel de Resiliencia Física	Nivel de Resiliencia Funcional	Amenaza Principal
1	Presa Derivadora	2,2 Baja	3,75 Media	Inundaciones súbitas o repentinas riadas
3	Toma Directa	2,55 Baja	3,85 Media	Inundaciones súbitas o repentinas riadas
2	Canal de Aducción	2,2 Baja	3,15 Media	Inundaciones súbitas o repentinas riadas

Fuente: Elaboración Propia

Es importante destacar que no todos los componentes del proyecto presentan el nivel de resiliencia funcional y física más baja. Se seleccionaron estos componentes debido a que se consideraron más importantes y con mayor impacto en la cuenca, debido al potencial daño al sistema y además de una afectación económica y salud en los beneficiarios del proyecto.

De acuerdo a la Tabla 5.27, resulta que la amenaza principal para los 3 componentes priorizados es la de Inundaciones súbitas o repentinas riadas, poniendo en riesgo a cada componente observado debido a una baja resiliencia tanto física como funcional.

Después de priorizar los componentes, se proponen medidas de mitigación para reducir el nivel de riesgo, sugiriendo **en términos generales** acciones que aumenten la resiliencia de cada componente. Estas medidas se presentan en la Tabla N°5.28, donde también se detallan las posibles consecuencias de no implementarlas considerando los casos más desfavorables.

Tabla 5.28 Resumen de Medidas de Incremento de Resiliencia

Componente del Proyecto	Nivel de Prioridad	Medidas de Incremento de Resiliencia	Consecuencias de No Aplicar las Medidas
Presa de derivación	1	<ul style="list-style-type: none"> • Obras de protección para la obra de captación • Medidas naturales en las riberas • Mecanismos de limpieza o filtración • Monitoreo o sistemas de alerta temprana 	Sufriría daños estructurales, desgaste del material y arrastre o enterramiento por inundación y corte total por colmatación en la boca de captación.
Toma directa	3	<ul style="list-style-type: none"> • Obras de protección para la obra de captación • Restauración de la vegetación ribereña • Fosas de sedimentación 	Desgaste de boca de la captación, deformación de las barreras protectoras de filtración y obstrucción parcial o total.
Canal de aducción	2	<ul style="list-style-type: none"> • Barreras de desvío • Mejoramiento del material del canal 	Deformación o arrastre de parte del canal generando fugas o destruyendo parte del canal.

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2.4 ETAPA 5: ANÁLISIS DE EFICACIA DE LAS MEDIDAS.



Figura 5.10 Planillas para el análisis de eficacia de las medidas, Etapa 5

Fuente: Elaboración Propia

En la etapa 5 de la metodología, se debe realizar el análisis de eficacia de las medidas de reducción de riesgo, por ello, el software ARI, cuenta con el siguiente procedimiento:

1. Identificar factores que incrementan la vulnerabilidad del componente bajo la amenaza priorizada
2. Evaluar la incidencia de los factores en la situación actual y futura considerando el cambio climático
3. Planteamiento de medidas de adaptación
4. Evaluación de incidencia de las medidas de adaptación sobre los factores que incrementan la vulnerabilidad
5. Calcular en porcentaje de riesgo de cada medida

5.1.2.4.1 FACTORES QUE INCREMENTAN LA VULNERABILIDAD.

Se desarrolla con la finalidad de conocer el riesgo actual, futuro y como éste es afectado por el Cambio Climático. Identifica a los factores que hacen vulnerables los componentes no resilientes, construyendo un escenario actual de riesgo. Analiza la incidencia de los efectos del cambio climático en la vulnerabilidad del componente no resiliente, construyendo un escenario del riesgo futuro.

Mediante el análisis de los factores que afectan la vulnerabilidad del componente se identifican a aquellos factores externos o internos al componente que modifican su condición de vulnerabilidad, es decir aquellas propiedades o elementos que hacen que el componente se encuentre más expuesto o sea más sensible ante la amenaza y sobre los cuales se puede realizar algún tipo de intervención para mejorar su condición. De acuerdo a lo anterior, se ha determinado que los componentes del proyecto, se encuentran en riesgo debido a los siguientes factores:

Tabla 5.29 Factores que afectan la vulnerabilidad de cada componente

Componente	Presa Derivadora	Toma Directa	Canal de Aducción
Factores que incrementan la Vulnerabilidad	<ol style="list-style-type: none"> 1. Crecidas ocasionadas por lluvias intensas 2. Incendios Forestales 3. Material de construcción (Edad) 4. Zona con arrastre o caída de rocas y pedrones 5. Alta pendiente 6. Alto arrastre de sedimentos en las quebradas 7. Granizadas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arrastre de sedimentos 2. Riadas 3. Alta pendiente 4. Deforestación 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Riadas 2. Alta pendiente 3. Gran arrastre de sedimentos 4. Deforestación

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2.4.2 ESCENARIOS DE RIESGO.

Con el llenado de la columna **INCIDENCIA ACTUAL** se construye el escenario de riesgos actual, calificando con valores que varían de 1 a 5 cada uno de los factores de vulnerabilidad identificados en la planilla anterior. Estos valores cuantifican su incidencia sobre la vulnerabilidad.

- Se califica con **valor 5** (muy alto) cuando el factor afecta fuertemente la vulnerabilidad del componente

- Se calificará con el **valor 1** (muy bajo), cuando el factor afecta ligeramente la vulnerabilidad del componente.
- En **color rojo** se resaltan aquellos factores que merecen especial atención y sobre los cuales se debe considerar algún tipo de intervención que permita reducir el riesgo del componente.

Luego se realiza el llenado de las opciones habilitadas en la columna **INCIDENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO**, considerando los valores introducidos mediante el paso anterior (incidencia actual). Se toma en cuenta la información relacionada con las tendencias climáticas producto de los efectos del cambio climático y la variabilidad climática obtenida de estudios o la percepción de los pobladores de la zona.

Algunos aspectos que se tomaron en cuenta, para las valoraciones:

- Se analiza la **posible afectación** que tendrá el cambio climático sobre los factores de vulnerabilidad, **modificando su calificación** de incidencia actual, en señal de mayor o menor incidencia.
- Para este caso el factor de vulnerabilidad como “Crecidas ocasionadas por lluvias intensas”, al que se le asignó un valor de 4 para el escenario de incidencia actual, debido al cambio y/o variabilidad del clima (analizado en el capítulo IV) intensificará las lluvias en la zona, por lo que su valor se elevó a 5.
- Por otro lado, para factores de vulnerabilidad internos como “Material de construcción” sobre el cual no afectarán de ninguna manera los efectos del cambio climático, se mantendrá el valor asignado en el primer escenario.

En la Figura 5.11 se muestra este análisis de escenarios de incidencia actual y con incidencia del cambio climático para el componente **NO Resiliente** de prioridad 1, el cual es la presa derivadora del sistema de agua potable.

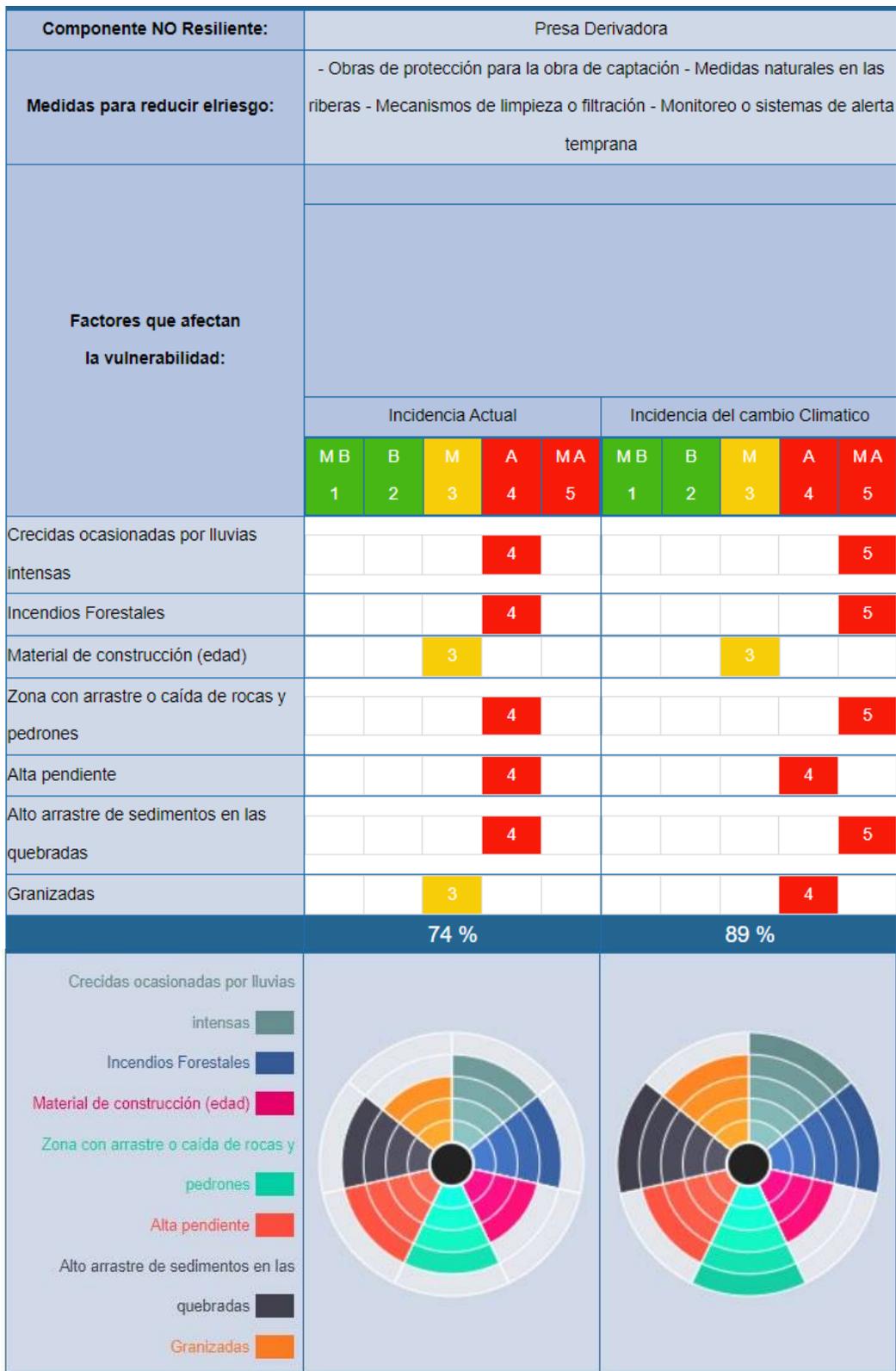


Figura 5.11 Planilla que representan escenarios de riesgo actual y riesgo incorporado con cambio climático

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2.4.3 RESÚMEN DE ESCENARIOS DE RIESGO PARA LOS COMPONENTES

De acuerdo al análisis realizado que se muestra en la Figura 5.11, para cada componente, se ha identificado que los factores identificados, serán intensificados a futuro debido a los efectos del cambio climático, incrementando la vulnerabilidad de los componentes de la zona del proyecto. Por lo tanto, se infiere que el Cambio Climático, modificará la vulnerabilidad en el componente del proyecto de un porcentaje indicativo que representa el nivel del riesgo actual a un porcentaje que representa el nivel del riesgo futuro debido a los efectos del cambio climático, de acuerdo a lo mostrado en la siguiente Tabla:

Tabla 5.30 Nivel de Riesgo Actual y Futuro de componentes prioritarios

Componente	Nivel de Riesgo Actual	Nivel de Riesgo Futuro con incidencia del Cambio Climático
Presa Derivadora	74 %	89 %
Toma Directa	65%	75 %
Canal de Aducción	75%	85 %

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al nivel de Incidencia que representa a futuro el Cambio Climático hacia la **presa derivadora**, justifica aún más su nivel de prioridad de intervención en ese componente.

5.1.2.4.4 IDENTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN.

De acuerdo a la identificación de los factores que afectan la vulnerabilidad de cada componente priorizado en riesgo, se proponen medidas de adaptación para el componente de **prioridad 1 (Presa Derivadora)**, ya que de acuerdo a la evaluación es el componente que pone en más riesgo a todo el sistema tanto en escenario actual como a futuro.

Se propone 3 medidas de adaptación para reducir la vulnerabilidad del componente en el cual se pretende evitar el daño producido.

Para la propuesta de medidas de opciones de adaptación, es importante mencionar que se consideró lo siguiente:

Ya se cuenta con una amplia gama de opciones de adaptación y reducción del riesgo de desastres; no obstante, a menudo se requiere mayor esfuerzo para hacer frente a los posibles

cambios futuros del clima o del medio ambiente. El enfoque en todo tipo de medida considerada, será el de prevención y preparación antes que respuesta.

Las opciones de adaptación pueden clasificarse en **estructurales**, por ejemplo, de acuerdo a sector (agua, salud, etc.) o **no estructurales** por tipos de opciones tales como:

- **Políticas de desarrollo**, este tipo de opciones incluyen las opciones financieras, planificación espacial y leyes o reglamentos.
- **Desarrollo de capacidades**, por ejemplo, la construcción del conocimiento en la mejora de la educación ambiental o la creación de capacidad en la predicción meteorológica o mapas de amenazas. Fortalecimiento del monitoreo y de la evaluación como la ampliación de los programas de monitoreo; el desarrollo de capacidad en el modelamiento de los efectos del cambio climático como también en la investigación.
- **Sensibilización**, esto incluye medidas para lograr un cambio de comportamiento, así como sensibilización. La sensibilización es a menudo un precursor del desarrollo de capacidades.
- **Actividades específicas de adaptación/reducción del riesgo de desastres**, estas actividades buscan reducir los riesgos en lugares específicos, pueden ser medidas en infraestructura que son normalmente opciones técnicas.

Muchas posibles medidas de adaptación no están orientadas específicamente al clima o al medio ambiente, sino que constituyen buenas prácticas que contribuyen a los objetivos más amplios de desarrollo y sostenibilidad.

En la Tabla 5.31 se puede observar las Medidas de Adaptación que se plantearon en este presente proyecto, en función al Daño esperado producto de todo el análisis de riesgo de amenazas realizado en las anteriores etapas de esta metodología.

Tabla 5.31 Identificación de las Medidas de Adaptación

Orden de prioridad	Componente No Resiliente	Daño Esperado
1	Presa Derivadora	Sufriría daños estructurales, desgaste del material y arrastre o enterramiento por inundación y corte total por colmatación en la boca de captación.
Nº	MEDIDAS DE ADAPTACIÓN	
1	Protección con muro de gaviones + reforestación en las riberas de especies que disminuyan la erosión	
2	Forestación en las riberas, siembra de pastos + terrazas de formación lenta	
3	Defensivo con muro de H°C + barreras vegetales de retención + capacitación sobre manejo integrado de cuenca en la comunidad	

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se analiza la propuesta de tres medidas de adaptación y su grado de afectación para cada factor de vulnerabilidad para el componente de la presa derivadora.

Se procede a la calificación de manera similar a la anterior planilla. En este caso, se analiza cómo la medida de adaptación propuesta **modifica o reduce** cada uno de los factores que afectan la vulnerabilidad, con **valores de 1 a 5**.

En la Figura 5.12 se muestra el análisis señalado, en la parte inferior se muestra la generación de nuevos escenarios a futuro de riesgo minimizado por los efectos de la medida de adaptación mostrado en un porcentaje indicativo. Se aprecia como **el riesgo y los efectos del cambio climático reduce con la implementación de las medidas** propuestas.



Figura 5.12 Análisis de Eficacia de las Medidas de Adaptación

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3 MODULO III: EVALUACIÓN BENEFICIO – COSTO.

La evaluación “beneficio-costo con enfoque en costos evitados”, consiste en hacer un comparativo entre los gastos de ejecución de las medidas resilientes versus los costos en que se incurrirían de no contar con la protección y ocurra el desastre. Los costos, consisten principalmente en atención a la emergencia, reconstrucción y rehabilitación, valor de los daños y pérdidas a los usuarios y el valor de continuidad de los beneficios (Ver Figura 5.14).

Por lo anterior representa el beneficio que genera la ejecución de las medidas resilientes que reducen el riesgo en el proyecto por su capacidad de impedir que el proyecto resulte dañado frente a un evento desastroso, prescindiéndose de gastos en reconstrucción, rehabilitación y pérdidas a los usuarios.

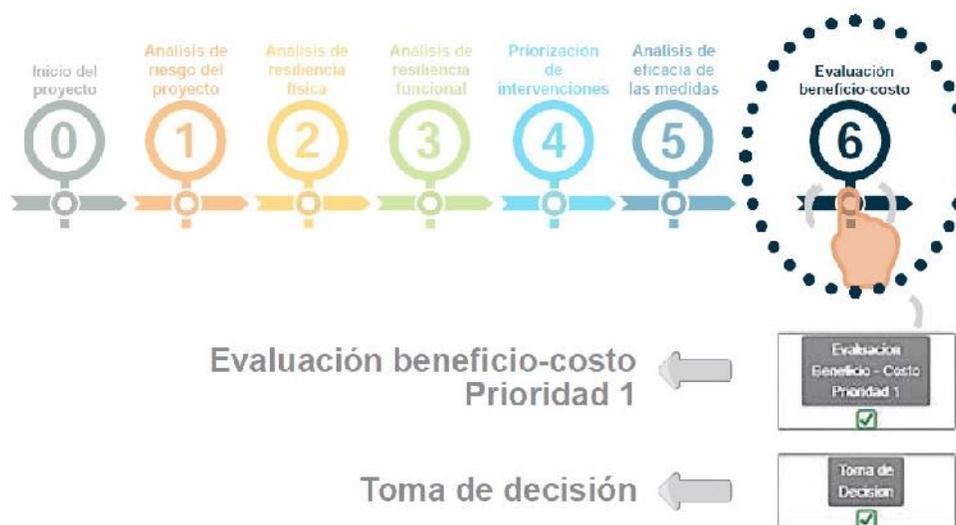


Figura 5.13 Planilla para la Evaluación beneficio – costo
Fuente: Elaboración Propia

Para esta planilla primero se estimó costos de implementación y mantenimiento de las medidas de adaptación propuestas para el sistema de agua potable, ganancias netas o utilidad de la EPSA (COSAALT), ganancias indirectas de parte de los beneficiarios y también se estimó el costo de los componentes que resultarían dañados en caso de que el evento adverso suceda.

5.1.3.1 COSTO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN.

- **MEDIDA DE ADAPTACIÓN 1:** Protección con muro de gaviones + Reforestación en las riberas.

Tabla 5.32 Presupuesto general de Medida de adaptación 1

PRESUPUESTO GENERAL					
MEDIDA: PROTECCIÓN CON MURO DE GAVIONES + REFORESTACIÓN EN LAS RIBERAS					
Nº Item	DESCRIPCIÓN DE ITEM	Unidad	Cantidad	P.U.	Bs
M - 1 MURO DE GAVIONES					
1	COLOCADO DE LETRERO DE OBRA	pza	1	142,7	142,7
2	REPLANTEO Y TRAZADO DE EJE	m	202,5	3,6	729
3	EXCAVACIÓN CON AGOTAMIENTO DE 0 A 4 M (CON EXCAVADORA)	m ³	812,1	119,1	96721,24
4	ARMADO DE GAVIONES TIPO CAJA DE 1x1x2 M C/ DIAFRAGMA	m ³	1620,1	784,9	1271594,87
5	RELLENO Y COMPACTADO CON TIERRA CERNIDA	m ³	405	59,6	24138
M - 2 REFORESTACIÓN EN LAS RIBERAS					
1	ESPECIES EXÓTICAS (OLMO, SAUCE, ACASIAS)	pza	500	10	5000
2	ESPECIES NATIVAS (PINO CIPRES, JARCA)	pza	800	8	6400
3	ESPECIES NATIVAS A (BARROSO, CEDRO)	pza	600	1,2	720
MONTO TOTAL =					1405445,80
LITERAL					
UN MILLÓN CUATROCIENTOS CINCO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y CINCO Y UN 85/100					
Nº Item	DESCRIPCIÓN DE ITEM	Unidad	Cantidad	P.DECENAL.	Bs
1	MANTENIMIENTO DE GAVIONES	m ³	1620,1	80,45	10861,24
2	MANTENIMIENTO DE PLANTAS	gbl	1	2000	2000
MONTO TOTAL =					12861,24
LITERAL					
DOCE MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y UNO 24/100					

Fuente: Elaboración Propia

Para la ejecución de esta medida se plantea emplazar los muros de gaviones en dos franjas de longitudes de 108 y 94,5 m respectivamente, situadas en las riberas cercanas a la obra de captación específicamente en la parte cóncava del cauce considerando esas dos zonas de mayor peligro ante eventos.

- **MEDIDA DE ADAPTACIÓN 2:** Forestación, siembra de pastos y terrazas de formación lenta

Tabla 5.33 Presupuesto general de Medida de adaptación 2

PRESUPUESTO GENERAL					
MEDIDA: FORESTACIÓN, SIEMBRA DE PASTOS Y TERRAZAS DE FORMACIÓN LENTA					
Nº Item	DESCRIPCIÓN DE ITEM	Unidad	Cantidad	P.U.	Bs
M - 1 FORESTACIÓN EN RIBERAS DEL RÍO					
1	ESPECIES EXÓTICAS (OLMO, SAUCE, ACASIAS)	pza	1500	10	15000
2	ESPECIES NATIVAS (PINO CIPRES, JARCA)	pza	3500	8	28000
3	ESPECIES NATIVAS A (BARROSO, CEDRO)	pza	2000	1,20	2400
M - 2 PLANTACIÓN Y SIEMBRA DE PASTOS					
1	PASTO PHALARIS		20000	0,40	8000
M - 3 TERRAZAS DE FORMACIÓN LENTA CON MUROS DE PIEDRA					
1	LIMPIEZA DEL TERRENO	km ²	17,67	225,49	3984,41
2	TRAZADO DE CURVAS DE NIVEL HORIZONTAL	km ²	17,67	78,63	1389,39
3	EXCAVACIÓN DE 0 A 1 M SUELO/AGOTAMIENTO TERRENO SEMIDURO	m ³	1000	62,40	62400
4	CONSTRUCCIÓN DE MURO DE PIEDRA	m ³	500	175,08	87540
5	RELLENO Y COMPACTADO MANUAL	m ³	1000	59,60	59600
MONTO TOTAL =					268313,80
LITERAL					
DOSCIENTOS SESENTA Y OCHO MIL TRESCIENTOS TRECE 80/100					
Nº Item	DESCRIPCIÓN DE ITEM	Unidad	Cantidad	P.DECENAL.	Bs
1	MANTENIMIENTO FORESTAL EN LAS RIBERAS	gbl	1	2500	2500
2	MANTENIMIENTO DE TERRAZAS	gbl	1	3000	2000
MONTO TOTAL =					4500,00
LITERAL					
CUATRO MIL QUINIENTOS					

Fuente: Elaboración Propia

El emplazamiento de la medida de adaptación 2 (forestación), está previsto en las quebradas adyacentes a la obra de captación al igual que las terrazas de formación lenta con muros de piedra.

- **MEDIDA DE ADAPTACIÓN 3:** Protección con H^oC^o + Barreras vegetales de retención + Capacitación

Tabla 5.34 Presupuesto general de Medida de adaptación 3

PRESUPUESTO GENERAL					
MEDIDA: PROTECCIÓN CON H ^o C ^o + BARRERAS VEGETALES DE RETENCIÓN + CAPACITACIÓN					
Nº Item	DESCRIPCIÓN DE ITEM	Unidad	Cantidad	P.U.	Bs
M - 1	MURO DE H^oC^o				
1	COLOCADO DE LETRERO DE OBRA	pza	1	142,7	142,7
2	REPLANTEO Y TRAZADO DE EJE	m	202,5	3,6	729
3	EXCAVACIÓN CON AGOTAMIENTO DE 0 A 4 M (CON EXCAVADORA)	m ³	1309,8	119,1	155993,1
4	MURO DE H ^o C ^o	m ³	1518,8	878,1	1333646,2
5	RELLENO Y COMPACTADO CON TIERRA CERNIDA	m ³	506,3	59,6	30174,7
M - 2	BARRERAS VEGETALES DE RETENCIÓN				
1	ESPECIES EXÓTICAS (OLMO, SAUCE, ACASIAS)	pza	500	10	5000
2	ESPECIES NATIVAS (PINO CIPRES, JARCA)	pza	800	8	6400
3	ESPECIES NATIVAS A (BARROSO, CEDRO)	pza	600	1,2	720
M - 2	CAPACITACIÓN				
	TALLERES	gbl	15	1000	15000
	MATERIALES PARA LAS PRÁCTICAS DE CAMPO	gbl	15	450	6750
	INTERCAMBIO DE EXPERIENCIAS	gbl	1	3500	3500
MONTO TOTAL =					1558055,63
LITERAL					
UN MILLÓN QUINIENTOS CINCUENTA Y OCHO MIL CINCUENTA Y CINCO Y UN 60/100					
Nº Item	DESCRIPCIÓN DE ITEM	Unidad	Cantidad	P.DECENAL.	Bs
1	MANTENIMIENTO MURO DE H ^o C ^o	m ³	1518,79	98,93	12521,13
2	MANTENIMIENTO FORESTAL	gbl	1	2000	2000
MONTO TOTAL =					14521,13
LITERAL					
CATORCE MIL QUINIENTOS VEINTIUNO 13/100					

Fuente: Elaboración Propia

De la misma forma que la medida de adaptación 1, se propone emplazar los muros defensivos en dos franjas cóncavas al lecho del río, y las barreras vegetales en las riberas de la obra de captación.

Por otro lado, los talleres estarán orientados al manejo de cuencas y prevención de desastres con énfasis en amenazas de Incendios Forestales, dirigido hacia los comunarios, siendo que la participación comunal en la zona es de gran importancia para la prevención.

En la Tabla N°5.35 se muestra el contenido mínimo que se impartirá en los talleres.

Tabla 5.35 Contenido a impartir en los talleres

TALLER	CONTENIDO
Talleres Recursos Hídricos	Obras civiles: diques de gaviones, defensivos. Especies forestales y nativas en control de cauces Protección de fuentes de agua (manantiales y pozos mejorados). Sistemas de cosecha de agua. Manejo, mantenimiento y modalidad de ampliación. Control y Prevención de Incendios Forestales Operación y mantenimiento de los sistemas de riego.
Talleres Medidas Físicas	Siembra en contorno Zanjas de infiltración Terrazas de Formación Lenta TFL Terrazas de Formación Lenta (Barreras Vivas) Aplicación de pasto phalaris en las Terrazas de Formación Lenta y las Zanjas de Infiltración
Talleres Medidas Agronómicas	Manejo de labranza en suelos cultivables (barbecho, rastreo, nivelado, melgas). Elaboración de abonos orgánicos (manejo de estiércol, compost, biol-natural). Manejo sostenible de cultivos agrícolas (Fertilización, protección de cultivos, micro riego), rescatando los saberes locales (Aynoqas – Sayañas – Milli). Elaboración de Compostaje en alto y bajo relieve
Talleres Evaluación de Praderas	Evaluación situacional de la capacidad de carga animal (censo de tenencia). Asignación de áreas de pastoreo, con ajuste de carga animal (selección). Construcción de claustros forrajeros. Registro, repoblamiento y evaluación productiva de forrajeras nativas

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3.2 COSTOS EVITADOS.

Por otro lado, se realizó también la identificación de los costos que se evitaría gastar con la construcción de las medidas, o sea, aquellos gastos en los que se incurriría si no se reduce la vulnerabilidad de los componentes del proyecto, lo cual se detalla en la Tabla siguiente:

Tabla 5.36 Costos de rehabilitación y reconstrucción del componente

DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM	COSTO TOTAL (Bs)
CONST. OBRA DE TOMA TIPO AZUD (20 m)	99075,56
TOTAL =	99075,56

Fuente: Elaboración Propia

Este ítem es considerando el caso más desfavorable de reconstrucción de la obra de toma tipo azud, debido a la ocurrencia del evento de la amenaza en riesgo.

Este costo y factor desfavorable será considerado en las medidas de adaptación, siendo que estas están adecuadas para buscar la situación más desfavorable de las amenazas.

Tabla 5.37 Costo de rehabilitación del componente para escenario de medida 2

DESCRIPCIÓN DEL ITEM	COSTO TOTAL (Bs)
REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA OBRA DE TOMA (PRESA DERIVADORA)	56074
TOTAL =	56074

Fuente: Elaboración propia en base al Plan Maestro del Municipio de Tarija

La rehabilitación y mejoramiento esta adecuado al escenario de la medida de adaptación 2 siendo que el grado de afectación llega mayormente por colmatación de sedimentos y arrastre.

Por otro lado, la herramienta ARI, analiza las pérdidas de ganancias esperadas antes de la ocurrencia del evento, para el caso de agua potable se considera la No facturación de la EPSA por corte de abastecimiento durante los días que dure su rehabilitación.

En la Tabla N° 5.38 se detalla este cálculo de pérdidas de ganancias esperadas.

Tabla 5.38 Monto anual de cobro de facturación por COSAALT

N°	INDICADORES DEL POA (COSAALT)	Unidad	Resultados
1	Volumen de agua facturado	m ³	11584662
2	Conexiones nuevas Agua Potable	#	43387
3	Conexiones nuevas Alcantarillado	#	37574
4	Medidores instalados y cambiados	#	37953
5	Facturación	Bs	46066305
6	Recaudado	Bs	52152423

Fuente: COSAALT R.L., 2023b

De acuerdo al reporte anual de la EPSA, la recaudación anual para el año 2023 fue de 52152423 Bs. En base a este dato se puede obtener valores de pérdidas esperadas por facturación en los días que afectaría el evento adverso hacia el sistema.

Tabla 5.39 Perdidas de ganancias esperadas antes del evento

PERDIDAS DE GANANCIAS ESPERADAS ANTES DEL DAÑO	Unidad	Resultados	Considerando 70% (epoca húmeda)
Recaudación por día	Bs	142883,35	100018,345
Considerando 2 días sin abastecimiento	Bs	285766,70	
Considerando 7 días sin abastecimiento	Bs	1000183,45	

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla N° 5.39 muestra las estimaciones de cálculo de recaudación por día y también se muestra el cálculo estimando los días de desabastecimiento cuando se presente el daño en la

infraestructura de la obra de captación por lo cual no habrá facturación, considerando diferentes tiempos probables de reparación.

Para el cálculo de **Costos Indirectos**, se hizo en base a datos proporcionados de la investigación “*Determinantes de la demanda de agua natural y purificada en botellones de 20 litros en la Ciudad de Tarija, Peña (2019)*” donde se determina el consumo promedio de los habitantes de la ciudad de Tarija y de las empresas. Estos datos se resumen en la Tabla N° 5.40 que se presenta a continuación:

Tabla 5.40 Pérdidas Indirectas

Total botellones/mes	Total litros/mes	Consumo promedio (litros/familia)	Consumo promedio (litros/persona)
194	3880	57,91	12,357

Indicador de Consumo	P.U. (Promedio)	Bs/L	Bs/persona/mes	Bs/dia	Dias sin abastecimiento	Pob. Total	COSTO TOTAL
Consumo alternativo por Botellon	16,45	0,8225	10,1636	0,3388	7	244000	578649,477
					1	244000	57864,948
Indicador de Salud							
Salud (Prenatal e infantil)	GBL	10000	-	-	-	10000	10000
MONTO TOTAL =							588649,48

Fuente: Elaboración Propia

De las pérdidas indirectas inciden varios factores a tomar en cuenta, sin embargo, para este proyecto se consideró primordial dos factores que son buscar un consumo alternativo de agua y la afectación a la salud infantil por beber aguas sin tratamiento (provistas por los carros cisternas que abastecerán durante el periodo de rehabilitación del componente dañado del sistema de agua potable).

5.1.3.3 CARACTERÍSTICAS Y UBICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN.

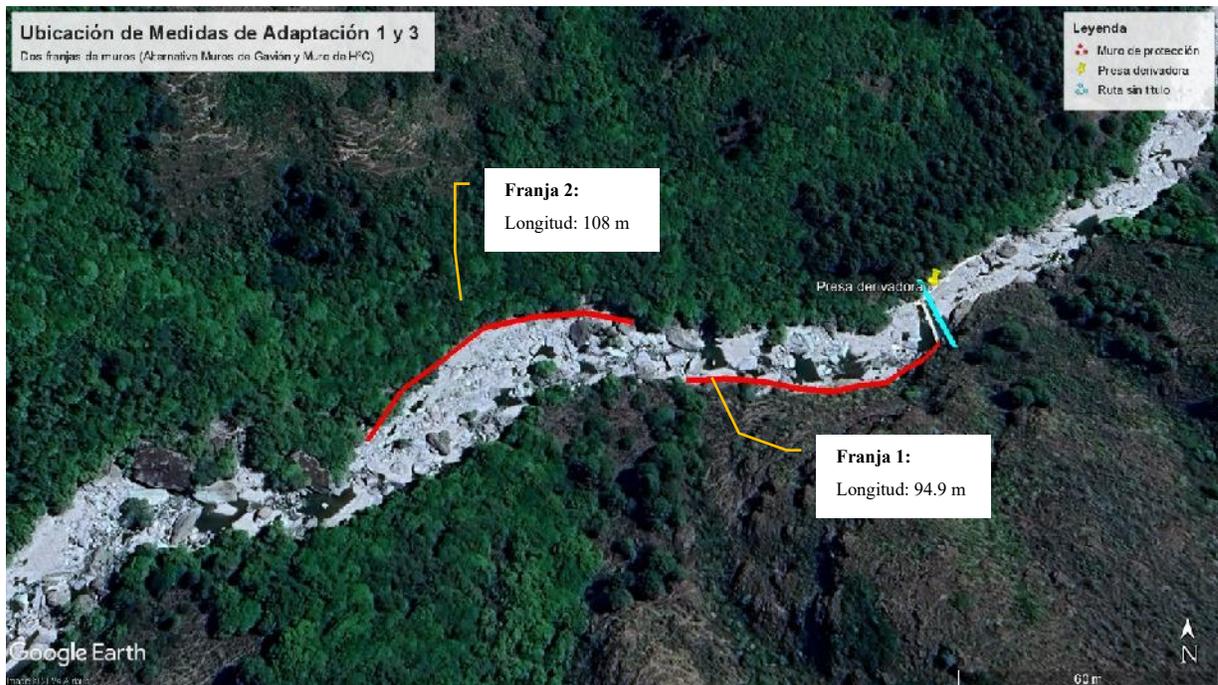


Figura 5.14 Ubicación de emplazamiento de las medidas de adaptación 1 y 3

Fuente: Elaboración Propia

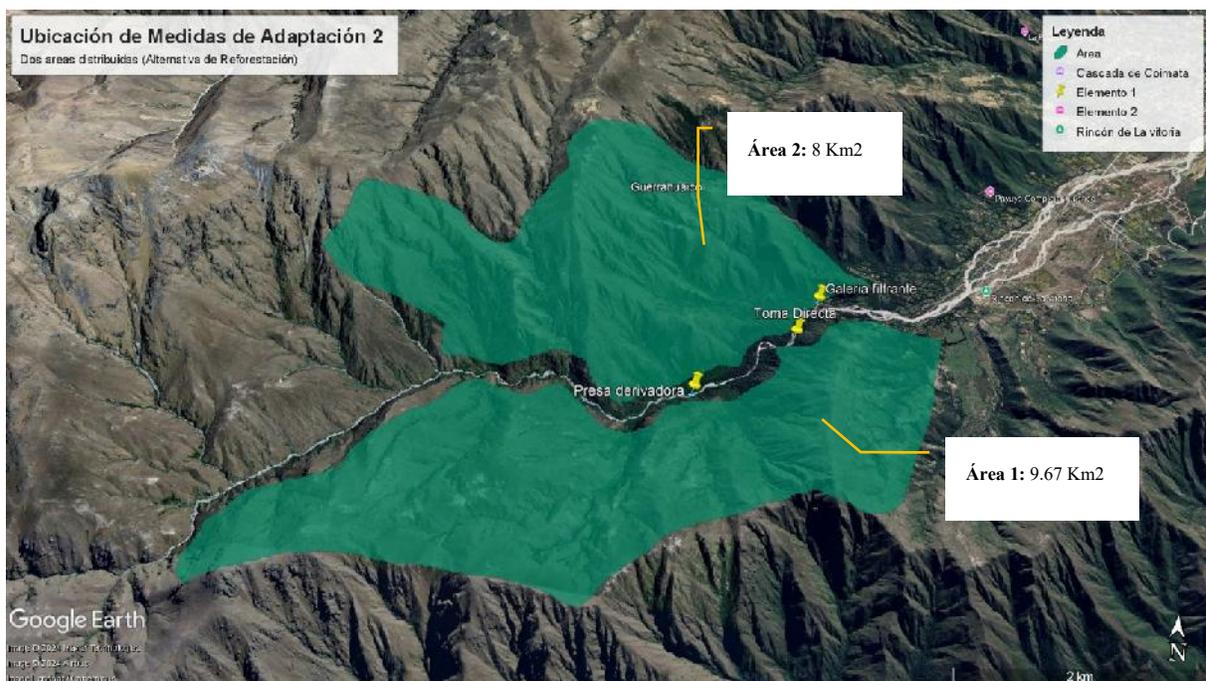


Figura 5.15 Áreas de Reforestación en la cuenca

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3.4 EVALUACIÓN DEL BENEFICIO – COSTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.

Finalmente, en esta etapa aplicamos una planilla para cada una de las medidas de adaptación propuestas, de modo que cada opción de adaptación identificada cuente con su evaluación de beneficio/costo, hasta encontrar la medida con mejor relación beneficio-costo e interesante reducción de riesgo, los cuales se detallan en los siguientes cuadros:

MEDIDA DE ADAPTACIÓN 1:

Tabla 5.41 Evaluación de Beneficio – Costo de la Medida 1

Evaluación Beneficio - Costo								
Principal amenaza que pone en riesgo el componente	Sucede cada	Componente No resiliente	Prioridad	Medida para elevar la resiliencia del componente	Daños esperados en el componente y sus consecuencias en caso de no implementar la medida resiliente.			
Inundaciones súbitas o repentinas (riadas)	5 años.	Presa Derivadora	1 ^o	- Obras de protección para la obra de captación - Medidas naturales en las riberas - Mecanismos de limpieza o filtración - Monitoreo o sistemas de alerta temprana	Sufriría daños estructurales, desgaste del material y arrastre o enterramiento por inundación y corte total por colmatación en la boca de captación.			
Medida de adaptación seleccionada para lograr la resiliencia del componente:			Protección con muro de gaviones + reforestación en las riberas de especies que disminuyan la erosión					
Costo de la Medida	Costos evitados	Descripción		Factor: Beneficio / Costo:	Porcentaje de pérdidas evitadas		Probabilidad de Ocurrencia	
Costo de implementación (Bs.) CMR =	Costo de rehabilitación y reconstrucción del componente que resultaría dañado (Bs.) Cr=	Costo del caso mas desfavorable en el que se tenga que reconstruir la obra de toma		Número de años de protección n =	50 %	70 %	90 %	100 %
1.405.440	99.075				1	0.1	0.1	0.2
Costo anual de operación y mantenimiento (Bs/año) Coym =	Costo de las pérdidas directas ocasionadas a los beneficiarios: (Bs.) Pd =	5	0.4		0.6	0.7	0.8	100 %
12.861	0	10	0.6		0.9	1.1	1.3	200 %
Rentabilidad mínima del proyecto (%) i =	Valor de las perdida de ganancias esperadas antes del daño (Bs.) Pg =	20	0.8		1.1	1.5	1.6	400 %
12.67	1000180	30	0.9	1.2	1.5	1.7	600 %	
		Perdidas indirectas (salud, migración, seguridad alimentaria, etc.): (Bs) Pi =		Interpretación Factor Costo - Beneficio				
	588.649	Salud + Consumo de agua alterno		Para reducir el riesgo en el componente no resiliente Presa Derivadora , se requiere la implementación de la medida: Protección con muro de gaviones + reforestación en las riberas de especies que disminuyan la erosión. Que tiene un costo de Bs. 1.405.440, con una relacion de beneficio costo de 1.2, lo cual implica que por cada un boliviano que se invierta en resiliencia se evitan Bs. 1.2 en pérdidas, reconstrucción y atención a la emergencia. Esto en consideración de que al año 30 de la implementación de la medida se tiene una efectividad del 70 % en la reducción del riesgo y un 600 % de probabilidad de que suceda el evento.				

Fuente: Elaboración Propia

La implementación de esta medida tiene buena aceptación y es viable, ya que, resulta que tiene una relación beneficio – costo de 1,2, lo que implica que por cada boliviano invertido en resiliencia se evitan 1,2 Bs en pérdidas por reconstrucción y gastos de atención a la emergencia, considerando que al año 30 de la implementación de la medida se tiene una efectividad del 70 % en la reducción del riesgo y un 600 % de probabilidad de que suceda el evento.

MEDIDA DE ADAPTACIÓN 2:

Tabla 5.42 Evaluación de Beneficio – Costo de la Medida 2

Evaluación Beneficio - Costo									
Principal amenaza que pone en riesgo el componente	Sucede cada	Componente No resiliente	Prioridad	Medida para elevar la resiliencia del componente	Daños esperados en el componente y sus consecuencias en caso de no implementar la medida resiliente.				
Inundaciones súbitas o repentinas (riadas)	5 años.	Presa Derivadora	1 °	- Obras de protección para la obra de captación - Medidas naturales en las riberas - Mecanismos de limpieza o filtración - Monitoreo o sistemas de alerta temprana	Sufriría daños estructurales, desgaste del material y arrastre o enterramiento por inundación y corte total por colmatación en la boca de captación.				
Medida de adaptación seleccionada para lograr la resiliencia del componente:			Forestación en las riberas, siembra de pastos + terrazas de formación lenta						
Costo de la Medida	Costos evitados	Descripción	Factor: Beneficio / Costo:	Porcentaje de pérdidas evitadas					
Costo de implementación (Bs.) CMR =	Costo de rehabilitación y reconstrucción del componente que resultaría dañado (Bs.) Cr=			50 %	70 %	90 %	100 %		
268.313	99.075	Mejoramiento y rehabilitación de la obra de captación	Número de años de protección n	1	0.3	0.4	0.5	0.5	20 %
Costo anual de operación y mantenimiento (Bs/año) Coym =	Costo de las pérdidas directas ocasionadas a los beneficiarios: (Bs.) Pd =			5	1.0	1.4	1.8	2.0	100 %
4.500	0			10	1.5	2.1	2.7	3.0	200 %
Rentabilidad mínima del proyecto (%) i =	Valor de las pérdida de ganancias esperadas antes del daño (Bs.) Pg =			20	1.9	2.6	3.4	3.8	400 %
12.67	100018	No hay facturación por 1 día (considerando su rehabilitación de la obra de captación aproximadamente)		30	2.0	2.8	3.6	4.0	600 %
	Perdidas indirectas (salud, migración, seguridad alimentaria, etc.): (Bs) Pi =		Interpretación Factor Costo - Beneficio						
	588.649	Salud + consumo de agua externo por los beneficiarios	Para reducir el riesgo en el componente no resiliente Presa Derivadora , se requiere la implementación de la medida: Forestación en las riberas, siembra de pastos + terrazas de formación lenta . Que tiene un costo de Bs. 268.313, con una relacion de beneficio costo de 1.0, lo cual implica que por cada un boliviano que se invierte en resiliencia se evitan Bs. 1.0 en perdidas, reconstruccion y atencion a la emergencia. Esto en consideracion de que al año 5 de la implementación de la medida se tiene una efectividad del 50 % en la reduccion del riesgo y un 100 % de probabilidad de que suceda el evento.						

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, esta medida de adaptación igual tiene buena aceptación y es viable, ya que, resulta que tiene una relación beneficio – costo de 1,0, lo que implica que por cada 1 boliviano invertido en resiliencia se evitan 1 Bs en pérdidas por reconstrucción y gastos de atención a la emergencia, considerando que año 5 de la implementación de la medida se tiene una efectividad del 50 % en la reducción del riesgo y un 100 % de probabilidad de que suceda el evento.

MEDIDA DE ADAPTACIÓN 3:

Tabla 5.43 Evaluación de Beneficio – Costo de la Medida 3

Evaluación Beneficio - Costo												
Principal amenaza que pone en riesgo el componente	Sucede cada	Componente No resiliente	Prioridad	Medida para elevar la resiliencia del componente	Daños esperados en el componente y sus consecuencias en caso de no implementar la medida resiliente.							
Inundaciones súbitas o repentinas (riadas)	5 años.	Presa Derivadora	1°	- Obras de protección para la obra de captación - Medidas naturales en las riberas - Mecanismos de limpieza o filtración - Monitoreo o sistemas de alerta temprana	Sufriría daños estructurales, desgaste del material y arrastre o enterramiento por inundación y corte total por colmatación en la boca de captación.							
Medida de adaptación seleccionada para lograr la resiliencia del componente:			Defensivo con muro de H°C° + barreras vegetales de retención + capacitación sobre manejo integrado de cuenca en la comunidad									
Costo de la Medida	Costos evitados	Descripción		Factor: Beneficio / Costo:	Probabilidad de Ocurrencia							
Costo de implementación (Bs.) CMR =	Costo de rehabilitación y reconstrucción del componente que resultaría dañado (Bs.) Cr=	Caso mas desfavorable de reconstrucción total de la obra de captación principal		Porcentaje de pérdidas evitadas		20 %						
1.558.060	99.075			50 %	70 %		90 %	100 %				
Costo anual de operación y mantenimiento (Bs/año) Coym =				Número de años de protección n	1		0.1	0.1	0.2	0.2	200 %	
Rentabilidad mínima del proyecto (%) i =					5		0.4	0.5	0.7	0.7	400 %	
Valor de las perdida de ganancias esperadas antes del daño (Bs.) Pg =					10		0.6	0.8	1.0	1.1	600 %	
Perdidas indirectas (salud, migración, seguridad alimentaria, etc.): (Bs) Pi =			20		0.7	1.0	1.3	1.5				
588.649			30	0.8	1.1	1.4	1.6					
Interpretación Factor Costo - Beneficio												
Para reducir el riesgo en el componente no resiliente Presa Derivadora , se requiere la implementación de la medida: Defensivo con muro de H°C° + barreras vegetales de retención + capacitación sobre manejo integrado de cuenca en la comunidad. Que tiene un costo de Bs. 1.558.060, con una relacion de beneficio costo de 1.4, lo cual implica que por cada un boliviano que se invierta en resiliencia se evitan Bs. 1.4 en pérdidas, reconstrucción y atención a la emergencia. Esto en consideracion de que al año 30 de la implementación de la medida se tiene una efectividad del 90 % en la reducción del riesgo y un 600 % de probabilidad de que suceda el evento.												

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, la medida de adaptación 3 llega a tener una aceptación muy viable, ya que, resulta que tiene una relación beneficio – costo de 1,4, lo que implica que por cada 1 boliviano invertido en resiliencia se evitan 1,4 Bs en pérdidas por reconstrucción y gastos de atención a la emergencia, considerando que año 30 de la implementación de la medida se tiene una efectividad del 90 % en la reducción del riesgo y un 600 % de probabilidad de que suceda el evento.

5.2 RESUMEN DE FACTORES BENEFICIO – COSTO DE PROPUESTAS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN.

El análisis de los factores Beneficio – Costo (B/C), es evaluada según los siguientes criterios:

- Menor a 1, la medida es económicamente inviable.
- Entre 1 y 2, la medida es económicamente viable.
- Mayor a 2, la medida es altamente viable y recomendable implementar

Al tener el análisis de costos estimados de implementación, rehabilitación ante las amenazas identificadas, reducción de riesgo de cada medida y ocurrencia de los desastres, se determina el factor Beneficio – Costo (B/C) de cada medida en la Tabla N° 5.44. Cada una de estas medidas son recomendaciones, dando lugar a posibles medidas más adecuadas a la realidad y economía del lugar.

Tabla 5.44 Resumen de Factores Beneficio – Costo de Propuestas de Medidas de Implementación

Componente No Resiliente	Medida	Nivel de Riesgo	Costo de Medida (Bs)	Costos Evitados (Bs)	B/C
Presa Derivadora	Protección con muro de gaviones + reforestación en las riberas de especies que disminuyan la erosión	57 %	1405440	1687904	1,2
	Forestación en las riberas, siembra de pastos + terrazas de formación lenta	57 %	268313	787742	1,0
	Defensivo con muro de H°C + barreras vegetales de retención + capacitación sobre MIC en la comunidad	60 %	1558060	1687904	1,4

Fuente: Elaboración Propia

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que cualquiera de las tres medidas de mitigación propuestas es técnicamente viable, ya que todas demuestran resiliencia frente a los efectos del cambio climático, logrando mitigar de manera efectiva la amenaza principal identificada en la cuenca del río La Victoria en relación con el sistema de agua potable. Sin embargo, la **medida de adaptación N.º 3** destaca como la alternativa más adecuada, al alcanzar el mayor índice de Beneficio-Costo y reducir el riesgo en un 60%. Por lo tanto, se recomienda priorizar esta opción dentro del conjunto de medidas planteadas.

CAPITULO VI

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES.

Este estudio ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de las componentes del sistema de agua potable de la ciudad de Tarija que se encuentran dentro de la cuenca del río La Victoria, ante la susceptibilidad de fenómenos adversos concentrándose en el contexto de adaptación al cambio climático y análisis de amenazas, vulnerabilidades y riesgos climáticos. Como resultado de este análisis, se han formulado propuestas concretas de medidas de adaptación para abordar las amenazas predominantes en la cuenca evaluando la factibilidad mediante el análisis de beneficio – costo.

El análisis de variabilidad climática realizado para la cuenca La Victoria, reveló un histórico descenso de precipitación y aumento de temperatura notablemente. Y en mayor magnitud mediante proyección futura de escenarios climáticos, llegando a valores de reducción de precipitación de 5,44% anual y un aumento de temperatura de 1,85 °C en el escenario más pesimista de cambio climático analizado MIROC-ESN_ RCP8.5 proyectado para el periodo 2020 – 2050 de acuerdo a base de datos del Plan Director de Cuenca Guadalquivir.

La cuenca del río La Victoria es una zona con alta vulnerabilidad climática debido a la variación de temperatura y precipitación, que ocasiona la sucesión de eventos extremos en la zona. Esto implica una afectación directa hacia los componentes principales del sistema de agua potable que abastece agua hacia la ciudad de Tarija, ocasionando perjuicios indirectos hacia la población beneficiaria de este servicio.

Las amenazas ambientales identificadas en la cuenca del río La Victoria son diversas, principalmente destacando 8 amenazas preponderantes, que son: Inundaciones súbitas o repentinas, Heladas, Incendios forestales, Alto arrastre de sedimentos, Déficit hídrico y/o sequías, Granizadas, e Incremento de temperaturas. De acuerdo a la inspección en campo de la zona de estudio, algunas de estas amenazas fueron muy sobresalientes debido a las huellas históricas dejadas por su magnitud, tal como es el caso de los incendios forestales.

Para analizar el grado de estas amenazas preponderantes fue importante relacionarlas con escenarios de mapas SIG mediante la creación de escenarios que comprenda visualizar el

nivel de magnitud de las amenazas y a su vez las vulnerabilidades que la cuenca del río La Victoria presenta. Logrando obtener niveles de indicador de amenaza para las más principales como ser: inundaciones con un nivel “Promedio” (0,91-1,10), heladas con un nivel “Alto” (1,11-1,50), incendios con un nivel “Muy Alto” con un valor >1,51. En cuanto a las vulnerabilidades presentes de acuerdo al aspecto de sensibilidad de la misma forma la cuenca presenta un nivel “Muy Alto” >1,51, en cambio que para el aspecto de capacidad de adaptación la cuenca presenta un nivel de “Alto” (1,11-1,50). Este enfoque permite una comprensión más amplia del contexto local de la zona de estudio.

El diagnóstico de la situación actual de los componentes del sistema de agua potable que se encuentran en la cuenca del río La Victoria refleja el deterioro de todas las obras y un mal manejo operacional, aumentando en alto grado la vulnerabilidad del sistema y poca capacidad de adaptación de riesgos.

La herramienta metodológica Análisis de Resiliencia en Inversiones (ARI) permitió identificar el nivel de riesgo al que se encuentra expuesto cada componente del proyecto del sistema de agua potable, evaluando el nivel de resiliencia de cada uno de sus componentes del sistema ante las amenazas. De esta identificación resultó que la amenaza “Inundaciones súbitas o repentinas riadas” es la amenaza principal que pone en riesgo a la mayor parte de los componentes del sistema. El nivel de riesgo obtenido se obtuvo en función de la resiliencia que presentó cada componente, tanto en un nivel físico y funcional, logrando obtener los siguientes resultados:

Nivel de Prioridad	Componentes del Proyecto	Nivel de Resiliencia Física	Nivel de Resiliencia Funcional	Amenaza Principal	Nivel de Riesgo
1	Presa Derivadora	2,2 Baja	3,75 Media	Inundaciones súbitas o repentinas riadas	Muy Alto
3	Toma Directa	2,55 Baja	3,85 Media	Inundaciones súbitas o repentinas riadas	Muy Alto
2	Canal de Aducción	2,2 Baja	3,15 Media	Inundaciones súbitas o repentinas riadas	Muy Alto
4	Galería Filtrante	4,65 Alta	3,5 Media	Inundaciones súbitas o repentinas riadas	Alto

De acuerdo a los riesgos presentes identificados en los componentes de mayor prioridad del sistema de agua potable se propone 3 medidas de mitigación de riesgos para cada componente logrando un total de 9 medidas a implementar para elevar el nivel de resiliencia de cada componente. Sin embargo, la herramienta ARI permite desarrollar y analizar únicamente 3 medidas prioritarias en el componente de mayor riesgo del sistema logrando analizar su eficacia mediante escenarios de riesgo actual y futuro. Por lo que debido a su prioridad se selecciona el componente de Presa Derivadora.

Según los resultados del análisis de riesgos y factores que aumentan la vulnerabilidad del componente de la Presa Derivadora el factor preponderante que desencadena y aumenta la magnitud de las otras amenazas es los Incendios forestales ya que, debido a esta amenaza las riadas son de mayor magnitud al no existir cobertura vegetal, el arrastre de sedimentos es mayor hacia las obras hidráulicas expuestas, la calidad del agua se ve afectada por causa de esta amenaza y desencadena en poca retención de agua subterránea lo que afecta directamente a la captación sub superficial.

Se propone de 3 medidas de mitigación para el componente en riesgo (presa derivadora), para lograr hacer resiliente el sistema. Estas alternativas logran reducir el nivel del riesgo inicial de la presa derivadora que es de 89% en diferentes valores para cada alternativa, siendo que para la: Protección con muro de gaviones más reforestación en las riberas con especies que disminuyan la erosión y la alternativa de Forestación en las riberas, siembra de pastos mas terrazas de formación lenta , logra reducir el riesgo a 57% y mientras que para la tercera alternativa de Defensivo con muro de H°C° mas barreras vegetales de retención mas capacitaciones sobre manejo integrado de cuenca en la comunidad reduce el riesgo en 60%.

Se obtuvo el indicador de beneficio costo de cada medida resiliente que permitió identificar la medida más viable para su implementación, producto de esto la mejor alternativa de medida de adaptación es: Defensivo con muro de H°C + barreras vegetales de retención + capacitación sobre manejo integrado de cuenca en la comunidad, teniendo un valor de 1558060 Bs de implementación evitando un costo de 1687904 Bs en rehabilitación/reconstrucción y reduciendo el riesgo de la presa derivadora de 89% a un 60 % y obteniendo beneficio – costo de 1,4, lo que implica que por cada 1 boliviano invertido en resiliencia se evitan 1,4 Bs en pérdidas por reconstrucción y gastos de atención a la

emergencia, considerando que año 30 de la implementación de la medida se tiene una efectividad del 90 % en la reducción del riesgo y un 600 % de probabilidad de que suceda el evento.

6.2 RECOMENDACIONES.

Es esencial realizar un estudio de manejo integral de cuencas en las principales cuencas del Departamento de Tarija, tal como es el caso de la cuenca del río La Victoria debido a que ahí se encuentra la principal producción de agua de todo el Municipio y no existe información específica como tal para esta cuenca.

Por otro lado, es importante señalar que la mayoría de los estudios existentes se han centrado en la cuenca Guadalquivir, lo que ha resuelto en una perspectiva general con relación a los estudios de impacto ambiental, preservación de biodiversidad y estado actual de subcuencas.

Es importante mencionar que para llevar a cabo la medida de implementación en este trabajo es importante realizar un estudio más preciso para su correcto emplazamiento considerando otros factores, pero sin alterar completamente el prediseño debido a que esto puede verse afectado en el estudio de si nivel de resiliencia ya analizado.

Al considerar propuestas de medidas de mitigación es importante la implementación de medidas sociales, como planes de mitigación en el marco de la gestión de riesgos, que pueden incluir estrategias de ordenamiento territorial, involucramiento comunitario y participativo, así como acciones de educación y sensibilización. Teniendo un enfoque dirigido al manejo integral de cuencas con el objetivo de reducir al máximo las amenazas ocasionadas por actividades humanas ya que es un factor muy importante para que las amenazas no existan.