



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE Y AGUA

Planificación Hídrica de la **CUENCA TUPIZA**



Plan Director de la Cuenca Tupiza

2022



Créditos

Planificación Hídrica de la Cuenca Tupiza
Plan Director de la Cuenca Tupiza

Autores

Nilo Lima Quispe y Melina Balderrama

Co-autores

Adriana Soto Trujillo
Angélica Moncada
Blanca Vega
Carla Liera
Cecilia Tapia Benítez
Claudia Coleoni
Cristo Facundo Pérez
David Purkey
Gustavo Ayala
Héctor Angarita
Ivana Bellido
Jack Sieber
Jairo Mosquera
Juanita Gómez González
Kim Andersson
Pamela Claire
Laura Forni
Madeleine Fogde
Marisa Escobar
Natalia Ortiz Díaz
Nhilce N. Esquivel
Sarah Dickin
Sophia Espinoza
Tania Santos
Yesica Rodríguez

Coordinadora

Marisa Escobar

Editor

Roberto Quevedo Sopepi - UAGRM

Diseño y diagramación

Juan Manuel Rada

Fotografías

Cristo Facundo Pérez / Juan Manuel Rada

ISBN

978-99974-51-25-5

Depósito Legal

8-1-463-2022 PO

Digitalización Institucional

La Paz - Bolivia
Septiembre de 2022

Publicación del Programa Bolivia WATCH, SEI y Ministerio de Medio Ambiente y Aguas del Estado Plurinacional de Bolivia

© Todos los derechos reservados.



Contenido

	ACRÓNIMOS	8
	PRÓLOGO	10
	PRESENTACIÓN	12
	INTRODUCCIÓN	12
1	ANTECEDENTES	14
	1.1 Plan Director de la Cuenca del Río Tupiza del 2018	14
	1.2 Proceso conducente a la actualización y complementación del PDCRT del 2018	15
	1.3 Programa Bolivia WATCH	16
	1.4 Metodología de la formulación del PDCRT del 2021	17
2	DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA	19
	2.1 Ubicación, Delimitación y División Espacial de la cuenca	19
	2.2 División político-administrativa dentro de la cuenca	19
	2.3 Cobertura de la tierra	20
	2.4 Geología	21
	2.5 Fisiografía	23
	2.6 Clima y cambio climático	24
	2.7 Recursos Hídricos	26
	2.8 Minería	27
	2.9 Caracterización demográfica y sociocultural	30
	2.9.1 Idioma, identificación étnica y tipo de hogar	30
	2.9.2 Actividades económicas, acceso a vivienda y tierras	31
	2.9.3 Acceso a educación	33
	2.9.4 Acceso a agua para consumo y riego	34
	2.9.5 Acceso a saneamiento	34
	2.9.6 Acceso a otros servicios básicos	35
	2.9.7 Características migratorias	35
	2.9.8 Impactos socioeconómicos relacionados a eventos climáticos	35
	2.9.9 Conflictos sociales	36
3	HERRAMIENTAS ANALÍTICAS Y MODELOS	37
	3.1 Modelo WEAP	37
	3.1.1 Hidrología y datos de entrada	37
	3.1.2 Demanda de agua	38
	3.1.3 Aguas subterráneas	38
	3.1.4 El modelo de la cuenca	38
	3.2 Modelo WASH Flows	39
	3.3 Modelo REVAMP	40
	3.4 Modelo de Toma de Decisiones Participativa (MTDP)	42
	3.4.1 Estructura del MTDP	43
4	PROBLEMÁTICAS Y VULNERABILIDADES PRIORIZADAS EN LA CUENCA	44
	4.1 Agua y saneamiento	45
	4.1.1 Provisión de agua doméstica	46
	4.1.2 Saneamiento doméstico	46
	4.1.3 Higiene	47
	4.2 Riego	48

4.3	Minería	49
4.4	Riesgos hidroclimáticos	50
4.4.1	Inundaciones	52
4.4.2	Heladas y granizadas	54
4.5	Funciones Ambientales	55
4.5.1	Priorización de las microcuencas	56
4.5.2	Problemáticas principales asociadas a las microcuencas priorizadas	59
4.6	Institucionalidad	60
4.6.1	Antecedentes de institucionalidad intersectorial en la cuenca	60
4.7	Equidad social y de género	61

5

MARCO ESTRATÉGICO		66
5.1	Visión	66
5.2	Misión	67
5.3	Líneas estratégicas	67

6

MARCO PROGRAMÁTICO		68
6.1	Agua segura para hogares, saneamiento e higiene	68
	Línea de acción agua segura para hogares	69
	Línea de acción de saneamiento básico	73
6.2	Equidad de género y mejorar la calidad de vida	80
6.2.1	Línea de acción de empoderamiento: Capacitación a mujeres en liderazgo y participación para la toma de decisiones	81
6.2.2	Línea de acción de comunicación y concientización: Campañas de comunicación y concientización sobre la aplicación del PDC	83
6.2.3	Línea de acción para el desarrollo de habilidades: Capacitación a hombres y mujeres en acciones de gestión del agua, saneamiento y riego	83
6.2.4	Línea de acción de toma de decisiones: Incrementar la participación de las mujeres en las estructuras organizativas y de decisión a nivel comunal, municipal y nacional	85
6.3	Protección, conservación y preservación de ecosistemas estratégicos con enfoque en las funciones ambientales	86
6.3.1	Línea de acción de Manejo Integral de Cuenca/microcuenca	86
6.3.2	Línea de acción de monitoreo de la calidad hídrica	89
6.4	Producción sostenible con uso eficiente de agua para riego	93
6.4.1	Línea de acción de elaboración de ITCPs en sistemas de riego para su mejoramiento	94
6.4.2	Línea de acción de acciones de elaboración y ajustes de EDTPs en sistemas de riego	95
6.4.3	Línea de acción de acciones en la Etapa de Inversión	98
6.5	Educación y cultura ambiental y del agua	99
6.5.1	Línea de acción para la capacitación a actores de la cuenca	100
6.5.2	Línea de acción para promover el conocimiento de la cuenca en el currículo escolar	100
6.5.3	Línea de acción para promover la investigación y generación de conocimiento en la cuenca	100
6.5.4	Línea de acción para la comunicación de la cuenca	100
6.5.5	Línea de acción para la articulación y el diálogo local	101
6.5.6	Línea de acción para el monitoreo participativo	101
6.5.6	Línea de acción para el fondo concursable para proyectos pequeños de actores en la cuenca	101

6.5.7 Línea de acción para la capacitación en producción más limpia en la cuenca	102
6.6 Gestión de riesgos hidroclimáticos, prevención, mitigación y adaptación al cambio climático	102
6.6.1 Línea de acción para promover la Ley de Gestión de Riesgos municipal y su reglamentación	105
6.6.2 Línea de acción para el desarrollo capacidades y destrezas en personal técnico municipal y operadores de servicios esenciales en el desarrollo de inversiones en infraestructura resiliente al clima	106
6.6.3 Línea de acción para incorporar la reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático en el Plan Territorial de Desarrollo Integral y en las inversiones del municipio de Tupiza	107
6.7 Gestión de la minería sustentable para prevención y mitigación de impactos ambientales de la actividad minera	108
6.7.1 Línea de acción para la gestión de conflictos y relaciones comunitarias sobre agua, minería y otros	109
6.7.2 Línea de acción para la creación o fortalecimiento de unidades técnicas, municipales y otras, en temas de minería, agua y cuencas	109
6.7.3 Línea de acción para la educación y capacitación en temas relativos a la problemática real de la minería, agua y medio ambiente en la cuenca	110
6.7.4 Línea de acción para la adecuación ambiental por parte de operadores mineros anómalos	110
6.7.5 Línea de acción para la gestión de información técnica minera	110
6.7.6 Línea de acción para la evaluación de Pasivos Ambientales Mineros (PAM)	111
6.7.7 Línea de acción para la inventariación de recursos hídricos, superficiales y de subsuelo	111
6.7.8 Línea de acción para la mitigación y remediación estructural de Pasivos Ambientales Mineros (PAM)	111
6.8 Gestión inter- institucional, territorial y financiera para mejorar la gobernanza e implementación del Plan Director de Cuenca	112
6.8.1 Línea de acción para la conformación y/o consolidación de las instancias operativas y de coordinación para la implementación del Plan Director de la Cuenca del río Tupiza y de la Plataforma Interinstitucional	112
6.8.2 Línea de acción para la gestión de marco normativo habilitante	113
6.8.3 Línea de acción para la difusión, socialización y documentación de experiencias en el marco del Plan Director de la Cuenca del río Tupiza	113
6.8.4 Línea de acción para el fortalecimiento institucional y desarrollo de capacidades en actores locales, privados, funcionarios públicos de los municipios y la gobernación departamental que coadyuven en la gestión del PDC	114
6.8.5 Línea de acción para la gestión de conflictos sobre el agua y los recursos naturales de la cuenca	115

7

REFERENCIAS

116

Índice de tablas

Tabla 1.	Área de las unidades de cobertura de la tierra en la cuenca del río Tupiza	20
Tabla 2.	Distribución de unidades geológicas en la cuenca del río Tupiza	22
Tabla 3.	Distribución de áreas fisiográficas en la cuenca del río Tupiza	24
Tabla 4.	Valores de percentil 50 de la precipitación mensual multianual en la cuenca del Río Tupiza	25
Tabla 5.	Valores de percentil 50 para la temperatura promedio mensual multianual en las subcuencas del Río Tupiza	25
Tabla 6.	Balance hídrico promedio mensual multianual para periodo 1980-2015	26
Tabla 7.	Balance hídrico promedio mensual multianual bajo escenarios de cambio climático (2022-2055)	27
Tabla 8.	Resumen de microcuencas, minas y pasivos en la Cuenca Tupiza - Estarca	28
Tabla 9.	Caracterización y ubicación de los sitios o áreas con IAEP	30
Tabla 10.	Idioma, identificación étnica y tipo de hogar, según zona de la cuenca	31
Tabla 11.	Acceso a vivienda y tierras, según zona de la cuenca	33
Tabla 12.	Nivel de educación de los jefes y las jefas, según zona de la cuenca	33
Tabla 13.	Acceso a agua, según zona de la cuenca	34
Tabla 14.	Acceso a instalaciones de saneamiento, según zona de la cuenca	35
Tabla 15.	Acceso a servicios básicos, según zona de la cuenca	35
Tabla 16.	Características migratorias, según zona de la cuenca	35
Tabla 17.	Impactos socioeconómicos de los eventos climáticos, según zona de la cuenca	36
Tabla 18.	Percepción sobre conflictos sociales, según zona de la cuenca	36
Tabla 19.	Herramientas y modelos (R) desarrollado en el marco de la formulación del PDCRT	37
Tabla 20.	Escalera del JMP para los servicios de agua potable (OMS-UNICEF, 2017)	40
Tabla 21.	Escalera del JMP para los servicios de saneamiento (OMS-UNICEF, 2017)	40
Tabla 22.	Escalera del JMP para los servicios de higiene (OMS-UNICEF, 2017)	40
Tabla 23.	Formulación de incertidumbres futuras (X) e indicadores de desempeño (M)	44
Tabla 24.	Indicadores clave de suministro de agua, saneamiento e higiene domésticos	45
Tabla 25.	Resumen de eventos históricos con efectos desastrosos en la cuenca Tupiza	50
Tabla 26.	Afectaciones y pérdidas por inundación en la cuenca Tupiza de fuente desinventar.org	52
Tabla 27.	Afectaciones y pérdidas por inundación en la cuenca Tupiza de fuente GAM Tupiza	53
Tabla 28.	Afectaciones y pérdidas por heladas en la cuenca Tupiza según el GAM Tupiza	54
Tabla 29.	Afectaciones y pérdidas por granizadas en la cuenca Tupiza según el GAM Tupiza y desinventar.org	55
Tabla 30.	Criterios utilizados para la construcción del modelo de priorización de microcuencas de la cuenca del río Tupiza	56
Tabla 31.	Priorización de microcuencas en el proceso de concertación de la cuenca	

	del río Tupiza	58
Tabla 32.	Índice de Agua Rural-periurbano	64
Tabla 33.	Líneas de acción y acciones de intervención	68
Tabla 34.	Propuesta de comunidades para tanque cosechador de lluvia	69
Tabla 35.	Gestión del tanque cosechador de lluvia	70
Tabla 36.	Distribución de la población beneficiada con el pozo profundo con red simplificada	70
Tabla 37.	Gestión del pozo semi profundo con red simplificada	70
Tabla 38.	Distribución de población para las comunidades beneficiadas del pozo profundo con red convencional	70
Tabla 39.	Gestión del pozo semi profundo con red convencional	71
Tabla 40.	Costos renovación de red de agua potable en área urbana lote I	72
Tabla 41.	Costos renovación de red de agua potable en área urbana, lote II	73
Tabla 42.	Costos renovación de red de agua potable en area urbana, lote III	73
Tabla 43.	Distribución de la población de las comunidades beneficiadas con la construcción del alcantarillado simplificado + PTAR descentralizada	74
Tabla 44.	Distribución de la población de las comunidades beneficiadas con la construcción de humedales artificiales domésticos	75
Tabla 45.	Distribución de la población de las comunidades beneficiadas con la construcción de baños secos (ECOSAN)	76
Tabla 46.	Presupuesto Estimado Sistema Alcantarillado Sanitario y PTAR centro Urbano de Tupiza	77
Tabla 47.	Resultados de análisis de laboratorio de lodos PTAR Tupiza	80
Tabla 48.	Contenido de capacitación para el fortalecimiento y liderazgo de mujeres (Nivel 1 - Básico)	81
Tabla 49.	Costos de implementación de talleres de fortalecimiento y liderazgo de mujeres de la cuenca del río Tupiza	82
Tabla 50.	Contenido de capacitación para WASH y riego a hombres y mujeres	83
Tabla 51.	Costos de implementación de talleres de capacitación en WASH y riego a hombres y mujeres de la cuenca del río Tupiza	84
Tabla 52.	Propuesta de Fondo Concursable para Mujeres lideresas de la cuenca	85
Tabla 53.	Costos de implementación de Fondos Concursables para Mujeres lideresas de la cuenca del río Tupiza	85
Tabla 54.	Costos de implementación de talleres de capacitación en paridad de género a los diferentes niveles de gobierno en la cuenca del río Tupiza.	85
Tabla 55.	Componentes de la propuesta de acciones para el Manejo Integral de Cuencas - Cuenca del río Tupiza	86
Tabla 56.	Duración de la acción de monitoreo de calidad de agua de la cuenca del río Tupiza por actividad	92
Tabla 57.	Costo de la acción de monitoreo de calidad de agua de la cuenca del río Tupiza por actividad	92
Tabla 58.	Presupuesto estimado para la elaboración de los ITCPs	95
Tabla 59.	Proyectos que requiere ajustes de EDTPs previos	96
Tabla 60.	Costo total de la acción de EDTPs en sistemas de riego	96
Tabla 61.	Costo de proyectos priorizados para inversión	99
Tabla 62.	Medidas priorizadas y sus indicadores de seguimiento	103
Tabla 63.	Propuesta de niveles de cursos para el programa de desarrollo de capacidades	107

Índice de figuras

Figura 1.	Pilares del programa Bolivia WATCH	17
Figura 2.	Proceso de formulación del Plan Director de la Cuenca del Río Tupiza (Lima et al. 2021)	18
Figura 3.	Mapa de ubicación y delimitación de las unidades hidrográficas de la cuenca del río Tupiza	19
Figura 4.	Mapa de cobertura de la tierra de la cuenca Tupiza. Elaborado con una imagen Sentinel del año 2019	21
Figura 5.	Mapa de unidades geológicas de la cuenca del río Tupiza	23
Figura 6.	Mapa de unidades fisiográficas de la cuenca del río Tupiza	24
Figura 7.	Caracterización de la minería en la cuenca del río Tupiza	27
Figura 8.	Principales actividades económicas de los jefes y las jefas de hogar, según zona de la cuenca	31
Figura 9.	Principales actividades económicas de mujeres jefas de hogar, según zona de la cuenca	32
Figura 10.	Principales actividades económicas de hombres jefes de hogar, según zona de la cuenca	32
Figura 11.	Nivel de educación de mujeres jefas de hogar, según zona de la cuenca	33
Figura 12.	Nivel de educación de hombres jefes de hogar, según zona de la cuenca	34
Figura 13.	Producto grillado de GMET Bolivia a una resolución espacial de 0.05° y una resolución temporal diaria	38
Figura 14.	Esquemática del modelo WEAP de la cuenca de la Cuenca Tupiza y Estarca	39
Figura 15.	Esquema de la integración de revamp y weap a nivel cuenca	41
Figura 16.	Ejemplo de casos de aplicación de la herramienta WEAP-REVAMP	42
Figura 17.	Modelo de toma de decisiones participativa (MTDP) para formulación del PDCRT	43
Figura 18.	Problemáticas y vulnerabilidades priorizadas en la cuenca	44
Figura 19.	Programa Conjunto de Monitoreo (JMP) Agua – Calidad del servicio de agua en la cuenca del río Tupiza	46
Figura 20.	Programa Conjunto de Monitoreo (JMP) Saneamiento – Calidad del servicio de saneamiento en la cuenca del río Tupiza	47
Figura 21.	Programa Conjunto de Monitoreo (JMP) Higiene – Calidad del servicio de higiene en la cuenca del río Tupiza	47
Figura 22.	Demanda de agua para riego histórica en la cuenca del río Tupiza y variación porcentual bajo efectos de cambio climático	48
Figura 23.	Área óptima bajo riego histórica en la cuenca del río Tupiza y variación porcentual bajo efectos de cambio climático	49
Figura 24.	Índice de uso potencial de la Minería en la Cuenca del Río Tupiza	50
Figura 25.	Niveles de análisis para la priorización de cuencas	56
Figura 26.	Mapa de priorización de microcuencas en el proceso de concertación para la cuenca del río Tupiza	58
Figura 27.	Distribución de los actores en la cuenca por nivel de participación (Fuente: elaborado en base a WATCH 02, 2021)	61

Figura 28.	Gráfica de barras que indican las horas anuales dedicadas a la colección de agua para el hogar en las comunidades rurales (eje y). El color de las barras (y el valor por encima de las mismas) indican la porción de ese tiempo que es llevado a cabo por las mujeres de los hogares rurales	62
Figura 29.	Grafica de barras que muestra las áreas de riego (eje y) para las comunidades rurales. Las barras están coloreadas de acuerdo con el riego optimo (verde) y las áreas que no pueden ser irrigadas (marrón) debido a la falta de agua dependiendo de la disponibilidad del recurso y los requerimientos agrícolas	63
Figura 30.	Esta figura contiene una gráfica y un mapa. la gráfica de la izquierda muestra grillas de colores que van desde valores bajos de cobertura de requerimientos agrícolas (en rojo) a valores altos de los mismos (en verde). Las columnas son las comunidades agrícolas y las filas son las proyecciones climáticas hasta 2025 y hasta 2050. El mapa de la derecha muestra para cada comunidad, que porción de la producción agrícola es para la venta (rojo) y para el autoconsumo (verde)	63
Figura 31.	Mapa de porcentaje de la producción agrícola que es para autoconsumo. Proporciones altas de autoconsumo se muestran con círculos más grandes y de color verde. Valores más bajos se muestran con círculos pequeños de color amarillo	64
Figura 32.	Acciones de la línea de agua segura para hogares	69
Figura 33.	Mapa del proyecto de trasvase Estarca	72
Figura 34.	Acciones para el saneamiento básico de la cuenca	73
Figura 35.	Componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Descentralizada propuesta	74
Figura 36.	Esquema de un humedal artificial doméstico (módulos b, c y d)	76
Figura 37.	Componentes de un baño seco ecológico y especificaciones generales.	77
Figura 38.	Ubicación espacial de acciones y medidas en la microcuenca Palala - Tambillo	88
Figura 39.	Ubicación espacial de las acciones y medidas en la microcuenca Tatasi	89
Figura 40.	Ubicación espacial de las acciones y medidas en la microcuenca Cabecera del río Salo	89
Figura 41.	Geovisor GEOSINCA: Calidad de agua en cuerpos hídricos en Bolivia, manejado y operado por SIMOVH	90
Figura 42.	Puntos de monitoreo de calidad de agua actuales y proyectados en la cuenca del río Tupiza	91
Figura 43.	Proyectos de riego para ITCP de mejoramiento y para ajuste de EDTPs de la cuenca	97
Figura 44.	Etapa I para la integración del RRD y ACC en PTDI: evaluación del riesgo	108
Figura 45.	Etapa II para la integración del RRD y ACC en PTDI: integración	108

Nota:

Si no se indica lo contrario, tanto la fuente de las figuras como de las tablas es propia.

Acrónimos

ACC:	Adaptación al Cambio Climático
ADR:	Apoyo a las Decisiones Robustas
BHSB:	Balance Hídrico Superficial de Bolivia
CC:	Cambio Climático
COE:	Centro de Operaciones de Emergencia
COMURADE:	Comité Municipal de Reducción del Riesgo y Atención de Desastres
CPE:	Constitución Política del Estado
DBO:	Demanda Biológica de Oxígeno
DESCOM:	Desarrollo Comunitario
DOFA:	Debilidades (D), Oportunidades (O), Fortalezas (F), Amenazas (A)
ECOSAN:	Baño ecológico
EDA:	Enfermedad Diarreica Aguda
EDTP:	Estudio de Diseño Técnico de Preinversión
EMPSAAT:	Empresa Municipal Prestador de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario Tupiza
ET:	Evapotranspiración
ETA:	Entidades Territoriales Autónomas
FAM-Bolivia:	Federación de Asociaciones Municipales de Bolivia
Fm:	Formación
GAD:	Gobierno Autónomo Departamental
GADP:	Gobierno Autónomo Departamental de Potosí
GAM:	Gobierno Autónomo Municipal
GIRH:	Gestión Integral de Recursos Hídricos
GMET:	Gridded Meteorological Ensemble Tool
GRD:	Gestión del Riesgo de Desastres
IAEP:	Impacto Ambiental Evidente o Potencial
IMP:	Índice Multidimensional de Pobreza
ISALP:	Investigación Social y Asesoramiento Legal en Potosí
ITCP:	Informe Técnico de Condiciones Previas
JMP:	Programa de Monitoreo Conjunto
LMGR:	Ley Municipal de Gestión del Riesgo
MAE:	Máxima Autoridad Ejecutiva
MIC:	Manejo Integral de Cuencas
MMAyA:	Ministerio de Medio Ambiente y Agua
MTDP:	Modelo de Toma de Decisiones Participativa
ODS:	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OGC:	Organismo de Gestión de Cuencas
OMS:	Organización Mundial de la Salud
PAM:	Pasivos Ambientales Mineros
PCP:	Precipitación
PDC:	Plan Director de Cuenca

PDCRT:	Plan Director de la Cuenca del Río Tupiza
PDES:	Plan de Desarrollo Económico Social
PDSI:	Plan de Desarrollo Integral
PEA:	Población Económicamente Activa
PLUS:	Plan de Uso del Suelo
PNC:	Plan Nacional de Cuencas
POA:	Plan Operativo Anual
PTAR:	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
PTDI:	Plan Territorial de Desarrollo Integral
Q:	Escorrentía
R2U:	Unidad de Recuperación de Recursos
RCH:	Reglamento de Contaminación Hídrica
RCP:	Ruta Representativa de Concentración
RRD:	Reducción del Riesgo de Desastres
SEI:	Instituto de Ambiente de Estocolmo
SIDA:	Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo
SIG:	Sistema de Información Geográfica
SIMOVH:	Sistema de Monitoreo y Vigilancia Hídrica
SLIM:	Servicios Legales Municipales
TESA:	Estudio Técnico, Económico, Social y Ambiental
UCEP:	Unidad de Coordinación y Ejecución del Programa
UGR:	Unidad de Gestión del Riesgo
UNEP:	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
UNICEF:	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
VAPSB:	Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico
VRHR:	Viceministerio del Recurso Hídrico y Riego
WASH:	Agua Potable, Saneamiento e Higiene
WEAP:	Water Evaluation And Planning
XLRM:	Incertidumbres (X), Estrategias (L), Herramientas Analíticas (R), Indicadores de Desempeño (M)

PRÓLOGO

DAVID PURKEY - Director del Centro SEI Latinoamérica

Junio de 1992 fue un momento clave en términos de compromiso global al desarrollo sostenible. En Río de Janeiro, la comunidad internacional se comprometió a tres convenios marcos relacionados con cambio climático, biodiversidad y desertificación. Estos convenios siguen vigentes. Sin embargo, debemos recordar que otros retos en el camino hacia el desarrollo sostenible se discutieron en Brasil, y en reuniones preparativas antes de la cumbre en Río. Un tema que recibió mucha atención fue la gestión de recursos hídricos.

En una reunión preparativa, organizada en Dublín en Irlanda a principios de 1992, el rol de la gestión de agua en el desarrollo sostenible fue un tema muy discutido. El fruto de esta discusión fue un acuerdo sobre una serie de principios para informar al manejo de los recursos hídricos:

El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.

El aprovechamiento y la gestión del agua deben inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles.

La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua.

El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico.

Con estos principios, los participantes en Dublín esperaban sembrar los elementos clave de otro convenio marco global, centrado en el agua, que surgiría de la cumbre de Río.

No lo lograron. Principalmente, porque los representantes de los países del mundo presentes en ese momento en Brasil no consiguieron definir un papel para las Naciones Unidas en algo que depende tanto de las condiciones físicas, políticas, y sociales locales. Sin embargo, los Principios de Dublín quedaron sobre la mesa e informaron la

gestión de recursos hídricos a nivel de cuencas hidrográficas alrededor del mundo.

Uno de los países que consideró los Principios de Dublín en su planeación de recursos hídricos fue Bolivia, donde el instrumento principal de planeación y de la toma de decisiones en cuencas bolivianas, bajo el Plan Nacional de Cuenca 2017-2020, era el Plan Director de Cuenca (ahora es la Estrategia de Planificación Hídrica de Cuenca, EPHIC). Este documento es el Plan Director de la Cuenca del río, y fue el resultado de una colaboración entre el Instituto del Ambiente de Estocolmo, con el apoyo económico y político de la Agencia Sueca del Desarrollo Internacional, el Ministerio de Medio Ambiente y Agua, y los actores locales implicados en la gestión de los recursos hídricos en esta cuenca.

Alineado con los Principios de Dublín, el desarrollo de este plan capitalizó la visión compartida que el agua en esta cuenca es un recurso finito y esencial de conocer profundamente su dinámica como la base para todos los otros procesos de planificación de la inversión pública en el territorio. Asimismo, la formulación de este PDC fue un proceso muy participativo y largo. Debido a la crisis política y social del año 2019 y posteriormente con el evento sanitario de la pandemia covid 19, el cronograma inicialmente definido se extendió, tuvimos más tiempo de contacto con los actores y más empatía mutua también. Destacamos el trabajo con las mujeres de la cuenca, quienes tuvieron un rol central en el diseño del Plan, también se logró la priorización de intervenciones a nivel de la cuenca que pueden recibir un apoyo económico de las varias fuentes de financiamiento disponibles en Bolivia. Los ecos de Dublín resuenan en este plan.

El desarrollo de este Plan de Cuenca necesitó una cartografía mucho más precisa que la que existía antes y también la generación de información de variables relacionadas a la infraestructura sanitaria, usos y costumbres, rol de la mujer en la gestión del agua, demanda de agua para riego y otras variables; información recolectada en una ambiciosa encuesta cuyos resultados son riquísimos y es material para la producción de

publicaciones técnicas y científicas que orientan al sector y que pueden ser recogidas en el nuevo Observatorio propuesto por el PPRH (Plan Plurinacional de Recursos Hídricos 2021-2025).

Esta nueva información informó la construcción de una plataforma participativa para la toma de decisiones, basada en una aplicación de WEAP; una iniciativa acompañada por capacitación suficiente para permitir que los actores claves de la cuenca continúen usando la información y la plataforma para mejorar la gestión de agua en la cuenca. Gracias a este enfoque, el Plan pudo definir intervenciones específicas en el ámbito del Manejo Integral de Cuencas que se alinean, perfectamente, con intervenciones en el ámbito de la gestión integral de recursos hídricos.

Estas son verdaderas innovaciones que han resultado en un poderoso Plan Director para

dirigir las intervenciones implementadas en esta cuenca en el corto y mediano plazo. En los 30 años entre el acuerdo sobre los Principios de Dublín y la producción de este Plan Director de Cuencas, hemos aprendido mucho sobre cómo implementar una gestión integrada de los recursos hídricos. Este plan refleja las mejores partes de esos aprendizajes.

Un agradecimiento y admiración a todas las personas involucradas que contribuyeron y seguirán aportándole a su desarrollo y, más importante aún, su implementación.

David Purkey, Ph.D.

Director Regional para América Latina
Instituto del Ambiente de Estocolmo
Bogota, Colombia



PRESENTACIÓN

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Tupiza, ubicada al sur del departamento de Potosí y con 2,309 km² de extensión, alberga a más de 47 mil personas, correspondiente al 6% de la población del departamento. En su territorio se establecen sistemas de vida de los cuales dependen el bienestar y el desarrollo, no solo de la población de la cuenca y del departamento de Potosí, sino también de otras áreas del país y la región. La cuenca hace parte de las cabeceras de la macrocuenca del Plata, otorgándole también una enorme importancia regional a su manejo integrado y sustentable. Actualmente, la cuenca se enfrenta a múltiples desafíos relacionados con su manejo sostenible, principalmente por el excesivo uso de la tierra que provoca la minería y los impactos de esta actividad sobre los recursos naturales. El uso del agua para consumo humano y para riego de cultivos de muchas comunidades se ha visto fuertemente afectado por esta problemática, especialmente por la calidad y cantidad del agua disponible una vez se ha usado en la actividad minera. También, existe un deterioro de los suelos, debido principalmente al manejo del mismo puesto que en la cuenca no se implementaban prácticas para garantizar la sostenibilidad en el uso de la tierra. Asimismo, son evidentes las bajas condiciones socio-económicas bajo las que se desarrollan la mayoría de las poblaciones de los municipios de la cuenca, experimentando un alto grado de analfabetismo, problemas de salubridad y seguridad social con fallas en la atención y apoyo que se deben recibir por parte de los diferentes niveles del Estado Plurinacional. A esto se suma el limitado acceso a servicios básicos como el agua y saneamiento dentro de la cuenca.

De acuerdo con lo anterior, son claras las necesidades por las cuales atraviesa la cuenca y las comunidades que habitan en ella. El cambio climático y otros factores de gran incertidumbre como el crecimiento poblacional y los cambios de uso de suelo tenderán a agravar las

problemáticas actuales de la cuenca. Por lo que, es necesario emprender de manera prioritaria acciones que permitan revertir y resolver los problemas actuales para evitar condiciones críticas y, así, habilitar condiciones que permitan su ocupación sustentable en el largo plazo. Además, considerando que el manejo del agua y del suelo corresponden a aspectos clave para el adecuado desarrollo de una población, se requiere un trabajo conjunto para el manejo integral de los diversos recursos de la cuenca como la preservación de la cobertura vegetal, protección de obras civiles como apoyo a la producción, la calidad del agua, mejora de la calidad ambiental de las comunidades, uso racional del suelo, entre otros. Esto también va a contribuir de manera sustancial en la mejora del acceso a agua segura y saneamiento.

Frente a estos desafíos en la cuenca, el presente Plan Director de la Cuenca del Río Tupiza (PDCRT) es un instrumento orientador y operativo de corto, mediano y largo plazo. Este busca contribuir con la integración y articulación entre las acciones de los diversos agentes autónomos territoriales presentes en la cuenca, con miras a una priorización e implementación armónica de dichas acciones, en la que se reconozcan las interconexiones biofísicas, sectoriales y territoriales que hacen a la cuenca una unidad de planificación estratégica. El Plan Director de Cuenca (PDC) actualmente se constituye en una herramienta sectorial para la planificación bajo el concepto de la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) y Manejo Integral de Cuencas (MIC), promovida por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA). Asimismo, el PDC se concibe en el contexto del Plan Nacional de Cuenca (PNC) y su implantación a través del Programa Plurianual desarrollado por el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR), en las diferentes fases de este¹. A través de estos mecanismos los diferentes resultados previstos al momento de implementar un PDC contribuyen al Plan de Desarrollo Económico Social (PDES) del estado plurinacional y, al mismo tiempo, a los diferentes

¹ Programa 2017 – 2020, y el consecuente programa en formulación para el 2021 – 2025.

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en el marco de trabajo de los países miembros de las Naciones Unidas².

En este sentido, el presente documento cuenta con un análisis legal e institucional sobre los diferentes mecanismos que se requieren en el PDC para su implementación por parte de las entidades territoriales, sector público y privado, así como organizaciones sociales, para que las directrices de acciones en temas de uso de los recursos hídricos presentes en la cuenca estén articuladas a través de las estructuras organizacionales de

las comunidades y municipios desde lo local, hacia las herramientas de planificación a nivel sectorial, regional y nacional. Con esto, los conceptos de GIRH aplicados en el contexto de cuenca ayudan a la gestión de acciones integrales con los correspondientes recursos financieros requeridos provenientes de las diferentes fuentes disponibles, que puedan ser implementadas desde las entidades locales y regionales que participan del PDC, con la directriz y seguimiento del sector y el estado nacional.



² Ministerio de Planificación para el Desarrollo – ONU Bolivia (2018). Marco de complementariedad de Naciones Unidas para el vivir bien en Bolivia 2018 - 2022

1 ANTECEDENTES

1.1 Plan Director de la Cuenca del Río Tupiza del 2018

En el año 2018 el VRHR-MMAyA realizó el primer PDCRT con el fin de orientar la gobernabilidad y la gestión integral del agua y, en general, de los recursos naturales de la cuenca, considerando que debe existir una participación efectiva de todos los actores institucionales, sociales, económicos y organizacionales de ésta y que todo esto debe darse de una manera ordenada, coordinada, articulada, planificada, concertada e institucionalizada. Para ello, se requería de la elaboración de un diagnóstico integral del estado de la cuenca para ese momento y de la formulación de una propuesta consensuada de Lineamientos Estratégicos e Institucionales para el correspondiente PDC.

Por un lado, para la elaboración del diagnóstico integral de la cuenca se requería en primer lugar de la recopilación, sistematización, levantamiento y análisis de toda la información primaria y secundaria sobre la cuenca. En segundo lugar, la implementación de la metodología del árbol de problemas y análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) para la priorización y el establecimiento de las correlaciones existentes en la cuenca. En tercer lugar, la creación de una base de datos geográficos en coordinación con el MMAyA. En cuarto lugar, el análisis sistemático a partir de la correlación espacial y temporal de las variables indicadoras del estado ambiental, socioeconómico y de las capacidades institucionales, políticas y normativas que permitieran el planteamiento de los lineamientos estratégicos del PDC. En quinto lugar, la identificación y validación de las líneas estratégicas e institucionales, así como acciones prioritarias con base en procesos participativos. Por último, la generación de una propuesta de estructura institucional participativa (Plataforma Interinstitucional) para el liderazgo de la implementación del PDCRT.

Por otro lado, para la formulación de la propuesta de lineamientos estratégicos e institucionales era necesario el establecimiento de una guía para el desarrollo de la cuenca que contara

con la participación y compromiso tanto de los actores públicos como privados, así como de los cívicos sociales. Asimismo, la definición de las responsabilidades para todos estos actores involucrados dentro del PDC. Adicionalmente, la identificación de las grandes líneas y prioridades de acciones estratégicas para la cuenca, las cuales debían ser desarrolladas y ejecutadas por los distintos niveles dentro del marco de las autonomías establecidas por el Estado Plurinacional de Bolivia; todo esto considerando que debe ser posible la articulación entre los diferentes niveles de planificación territorial y nacional de cuencas.

PROBLEMÁTICAS PRIORIZADAS

De acuerdo con el trabajo participativo realizado en diferentes talleres con los actores involucrados dentro del PDC y contemplando sus aportes, se plantearon tres grandes áreas de trabajo como base para el establecimiento de las líneas estratégicas del PDC, correspondientes al área de agua, saneamiento básico, recursos naturales, medio ambiente y gestión de riesgos; área de economía plural y área institucional. Para cada una de estas se identificó una problemática principal con sus correspondientes causas principales y consecuencias directas. Estas corresponden en primer lugar al manejo inadecuado de la cuenca del río Tupiza, en segundo lugar, se tiene la baja producción y productividad de las actividades económicas y en último lugar las capacidades institucionales limitadas, respectivamente.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS

Como resultado del proceso participativo a través de los distintos talleres ejecutados, se llegó a la formulación de siete líneas estratégicas, las cuales se enuncian a continuación:

1. Calidad hídrica (Gestión integral, control y monitoreo del Recurso Hídrico – Agua y Saneamiento Básico: Urbano Rural).
2. Protección, conservación, preservación y uso sostenible de la biodiversidad y ecosistemas estratégicos (subcuencas).
3. Promoción y tecnificación del desarrollo sectorial productivo sostenible (Economía Plural: Sectores Agrícola, Minero, Turístico – Tecnologías

Limpias de Producción y Protección).

4. Cultura ambiental y comprometida con el Medio Ambiente.

5. Gestión de riesgos y prevención para la mitigación y adaptación al cambio climático.

6. Prevención y mitigación de impactos ambientales mineros.

7. Gestión institucional eficaz y eficiente – Plataforma Institucional.

En el Cuadro 1 se presentan las acciones que se plantearon para cada una de las líneas estratégicas.

Línea estratégica	Acciones
1. Calidad hídrica (Gestión integral, control y monitoreo del Recurso Hídrico – Agua y Saneamiento Básico: Urbano Rural).	Protección de áreas de recarga hídrica, protección de las vertientes de agua dulce y agua filtrante, programa de tratamiento y disposición de aguas ácidas de la minería, promoción para la elaboración de la Ley Marco de Aguas para la Vida a nivel Nacional, fortalecimiento a los operadores de los sistemas de agua potable y desechos líquidos, programa de construcción de sistemas de agua potable, programa de construcción de sistemas de alcantarillado en áreas urbanas, control y monitoreo permanente a los sistemas de provisión de agua potable.
2. Protección, conservación, preservación y uso sostenible de la biodiversidad y ecosistemas estratégicos (subcuencas).	Programas de manejo integral de las subcuencas del río Tupiza, fortalecimiento de los niveles de control de la normativa ambiental nacional, departamental y municipal, control del cumplimiento a normas en el manejo de áridos, fortalecimiento a la gestión integral de los residuos sólidos y líquidos de la cuenca del río Tupiza – Relleno sanitario – reciclado, mantenimiento del área protegida de Pálala Alta, forestación y reforestación para la protección de suelos, programas de manejo y control de suelos.
3. Promoción y tecnificación del desarrollo sectorial productivo sostenible (Economía Plural: Sectores Agrícola, Minero, Turístico – Tecnologías Limpias de Producción y Protección).	Recuperación de tierras productivas en las riberas de los ríos, forestación y reforestación, fortalecimiento a la producción de camélidos, programa de construcción de atajados para uso agrícola y pecuario, fortalecimiento de la producción agropecuaria sostenible, programa de adecuación de la producción minera en función de criterios ambientales, programa de mantenimiento y construcción de sistemas de riego de uso eficiente del agua (riego tecnificado – galería filtrantes), control y evaluación ambiental de minas productivas, programa de control operacional de yacimiento y plantas de concentración de minerales, turismo comunitario.
4. Cultura ambiental y comprometida con el Medio Ambiente.	Programas de concientización y capacitación a los ciudadanos de las comunidades y vecinos del área urbana en temas de control y protección del medio ambiente.
5. Gestión de riesgos y prevención para la mitigación y adaptación al cambio climático.	Implementación del sistema de alerta temprana, programa de construcción de muros de protección a las riberas de los ríos principales, programa de canalización de los ríos de la cuenca del río Tupiza.
6. Prevención y mitigación de impactos ambientales mineros.	Promoción para la revisión de la Ley Minera de cooperativas, prevención y mitigación de las actividades mineras, programa de gestión de tratamiento y disposición de desechos mineros (pasivos ambientales), encapsulamiento de diques y desmontes (pasivos ambientales).
7. Gestión institucional eficaz y eficiente – Plataforma Institucional.	Creación y fortalecimiento de la Plataforma Interinstitucional para la promoción y coordinación de acciones de la Cuenca del Río Tupiza, programa de fortalecimiento institucional en temas medio ambientales a los miembros de la Plataforma Interinstitucional, implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo a las actividades de la Plataforma Interinstitucional.

CUADRO 1. ACCIONES PARA LAS LÍNEAS ESTRATÉGICAS PLANTEADAS EN EL DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA DEL 2018.

1.2 Proceso conducente a la actualización y complementación del PDCRT del 2018

De acuerdo con el marco orientador de los PDC, los ejes estratégicos en general deben ser consensuados y definidos por los diferentes actores que conforman la Plataforma Interinstitucional, sin embargo, estos son complementados y/o modificados conforme se desarrolle la elaboración, formulación y

socialización del PDC. En ese contexto, el PDC es un instrumento de planificación dinámica que puede ser actualizado y complementado en sus diferentes etapas de formulación e implementación de acuerdo con las prioridades y/o problemáticas emergentes. Para avanzar con la implementación del PDCRT del 2018, una etapa esencial es la elaboración del plan plurianual de implementación de los lineamientos estratégicos y las acciones de intervención. Sin embargo,

para proceder con dicha etapa es necesario complementar y reforzar algunos aspectos del diagnóstico y de los lineamientos estratégicos que se mencionan a continuación:

- Análisis de vulnerabilidad de la cuenca a mediano y largo plazo que considere el cambio climático. En el diagnóstico del 2018, las problemáticas se evaluaron solo considerando la situación de ese año. La planificación requiere de la evaluación de los indicadores de desempeño en el largo plazo, es decir, cómo el sistema o la cuenca podría responder a los cambios del clima u otros factores de incertidumbre futura.

- Desarrollo de herramientas analíticas que conecten la oferta de agua y la demanda sectorial que permita hacer un balance hídrico no solo para las condiciones actuales sino también para un horizonte futuro. En el diagnóstico del 2018 se alcanzó a desarrollar solamente un balance hídrico para condiciones actuales. El balance hídrico en el horizonte futuro permite incorporar los impactos potenciales del cambio climático.

- Complementar la información de las acciones de intervención de los lineamientos estratégicos propuestos. Para avanzar con el plan plurianual de implementación, las acciones de intervención requieren contar con información básica respecto a las características técnicas, beneficiarios, sitios de implementación, indicadores de impacto, y costos referenciales. Esta información no se encuentra disponible en el PDCRT del 2018.

- A partir de la formulación del PDCRT del 2018, sucedieron eventos como las inundaciones que dejaron grandes afectaciones a la infraestructura de saneamiento (especialmente a Planta de Tratamiento de Aguas Residuales), sistemas de riego, terrenos agrícolas, viviendas y entre otros. Esto produjo la necesidad de revisar las problemáticas priorizadas con anterioridad y de la misma manera, los lineamientos estratégicos.

Con estas consideraciones se justifica el proceso de actualización y complementación del PDCRT del 2018 para que este instrumento de planificación responda a las realidades actuales de la cuenca.

1.3 Programa Bolivia WATCH

La Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (SIDA, por sus siglas en inglés) viene contribuyendo al sector y después de varios financiamientos, en el año 2018 suscribe

un convenio con el Instituto de Ambiente de Estocolmo (SEI, por sus siglas en inglés) para desarrollar un programa que apoye la integración de dos subsectores en los cuales históricamente hubo inversiones en Bolivia: Agua Potable y Saneamiento Básico, y Recursos Hídricos. En acuerdo con el MMAyA, como cabeza del sector, se determina asignar tres cuencas de las catorce priorizadas para que el SEI formule sus respectivos PDC. Las cuencas asignadas son la cuenca del Río Tupiza, la cuenca del Río Pampa Huari y la cuenca de los Ríos Choqueyapu-La Paz. De manera que, el Programa Bolivia WATCH del SEI, surge como una respuesta a la necesidad de planificar el recurso hídrico en las cuencas asignadas, innovando en este tema con la integración del saneamiento sostenible. WATCH es el acrónimo de la integración de WASH (Agua Potable, Saneamiento e Higiene) al enfoque de cuenca o hidrología, WASH+H.

A partir del año 2019, en estrecha relación con el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR) se inicia el trabajo de la formulación de los PDCs, para lo que se contó con más de una treintena de expertos internacionales del SEI (de los centros regionales ubicados en Bogotá, California y Estocolmo) y aproximadamente una veintena de consultores externos. Visitas de campo, estudios especializados, talleres y trabajo de gabinete se desarrollaron para lograr el primero de los tres PDC cuyo proceso de formulación se enmarca en los lineamientos del MMAyA y con el que se desarrollaron herramientas científicas y procesos participativos para garantizar el involucramiento de los actores clave de la cuenca del Río Tupiza, el primer PDC en ser concluido.

La formulación de un PDC para el SEI persigue el objetivo transversal de ser un instrumento que ayuda a la "Toma de Decisiones" de las autoridades que tienen esta responsabilidad sobre el recurso hídrico. En el marco legal de competencias, esto corresponde a los Gobiernos Departamentales y a los Gobiernos Municipales. Para lograr este propósito el diseño del Programa Bolivia WATCH define tres pilares (**Figura 1**). El primero, relacionado con la Caracterización de la Cuenca, es decir, comprender el funcionamiento de la cuenca a partir de sus características biofísicas, hidrográficas, demográficas, sociales, económicas y considerando también la mirada de su afectación por el cambio climático. En este pilar se identifican, clasifican y priorizan los problemas (desde la perspectiva de los actores de la cuenca) que afectan negativamente a las condiciones de la cuenca y generan vulnerabilidades. Tanto

el segundo pilar como el tercero, "Opciones de Gestión del Agua" y "Opciones de Saneamiento", respectivamente, exploran las estrategias orientadas a reducir las vulnerabilidades

identificadas en los temas centrales a partir de la identificación de los problemas percibidos y detectados en las cuencas.

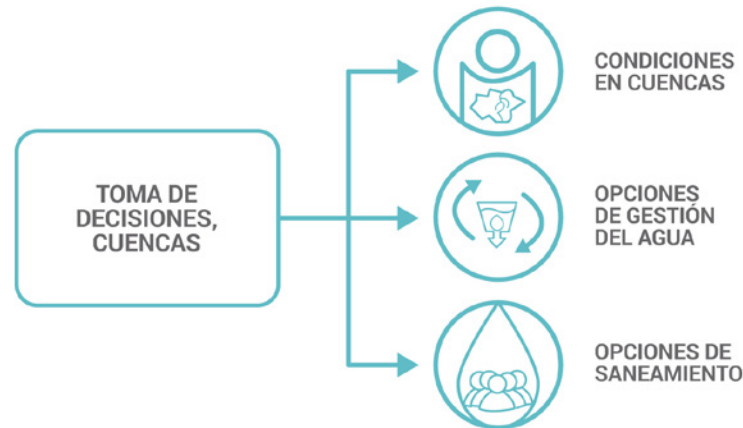


FIGURA 1. PILARES DEL PROGRAMA BOLIVIA WATCH

1.4 Metodología de la formulación del PDCRT del 2021

La metodología empleada para la formulación del PDC Tupiza sigue el Marco Orientador para la Formulación de Planes Directores de Cuenca desarrollado por el VRHR en el año 2014 (Ministerio de Medio Ambiente y Agua 2014). Según este marco, el proceso de formulación de este instrumento de planificación debe seguir las siguientes etapas: (i) Diagnostico integral, (ii) Priorización de problemas, (iii) Construcción y validación de líneas estratégicas, y (iv) Acuerdo y aprobación. Con base en la experiencia de la formulación del PDC Rocha en el año 2019 y el enfoque del programa Bolivia WATCH, se operativizaron las etapas del Marco Orientador en otras subetapas, lo que permitió la adopción del marco de Apoyo a las Decisiones Robustas (ADR) desarrollado por SEI (Purkey et al. 2018). El ADR consiste en un proceso de apoyo a la toma de decisiones para identificar, de manera participativa, estrategias que permitan satisfacer diferentes objetivos, considerando un amplio rango de posibles futuros inciertos; por ejemplo, establecer cuáles acciones permitirán satisfacer el acceso al agua de manera confiable y eficiente, no solo en el presente, sino también considerando diferentes escenarios de cambio climático, crecimiento de la población, y necesidades de los sectores productivos, entre otros. Asimismo, el ADR se apoya en el uso de modelos y herramientas analíticas, que van acompañados de un proceso de desarrollo de capacidades y participación de las partes interesadas. El enfoque acompaña a las partes interesadas y a los responsables de la

toma de decisiones en el proceso de planeación de los recursos hídricos en las cuencas.

El ADR contempla dos fases: (i) Preparación y formulación, y (ii) Evaluación y acuerdo (Purkey et al. 2018). La primera fase consta de seis pasos para identificar de manera participativa cuáles son los objetivos existentes en una cuenca y, más importante, si estos objetivos pueden o no ser satisfechos con la gestión actual y los cambios potenciales en los próximos años. De esta manera, es posible determinar el nivel de vulnerabilidad de la cuenca para cumplir estos objetivos; por ejemplo, en la medida que se incremente la población o la demanda sectorial, o los cambios en el clima reduzcan la oferta de agua, pueden generarse o acentuarse conflictos por acceso o inducir la degradación ambiental de las fuentes de agua y la posibilidad de aprovechamiento para otros usuarios. La segunda fase es un proceso participativo de tres pasos para la evaluación de diferentes opciones de gestión que ayudan a identificar acciones robustas que podrían satisfacer objetivos diversos bajo una amplia gama de incertidumbres.

Al comparar el marco orientador de los PDC con el marco ADR, se identificaron oportunidades para generar un nuevo marco que apoye la adopción e implementación de los lineamientos metodológicos de la política nacional actual. A través de su enfoque concreto para la toma de decisiones, el ADR contribuye en el diseño de planes de cuenca mediante:

- La incorporación de incertidumbres a

mediano y largo plazo generados por factores externos o inciertos como cambio climático, cambio de uso del suelo, cambio demográfico, entre otros.

- La aplicación de herramientas de modelación en la formulación de acciones de intervención, que no solo considera el balance hídrico entre oferta y demanda para condiciones históricas, sino también la evaluación integrada y la comparación de las diferentes alternativas y estrategias de intervención de una cuenca; por ejemplo, cómo aquellas intervenciones orientadas al aprovechamiento del agua con un objetivo particular tendrán repercusiones sobre otros objetivos, intereses o regiones.

- La adopción de indicadores o medidas cuantitativas de desempeño que ayuden a proyectar el progreso hacia metas y objetivos de mediano y largo plazo, a los cuales los modelos tienen un gran potencial para contribuir de manera efectiva.

Bajo estas consideraciones, se desarrolla un nuevo enfoque integrado constituido por diez pasos (Figura 2). El proceso inicia con un compromiso institucional de las entidades territoriales y, además, acompañado de un mapeo de actores que debe contribuir a la conformación de la Plataforma Interinstitucional. Luego, sigue la identificación participativa de los problemas, en conjunto con la recopilación de información existente y trabajo de campo, para la caracterización de los mismos que permita

la construcción de una base de datos para la constitución de herramientas de modelación y escenarios futuros. La identificación de problemas es codesarrollada entre las diferentes partes interesadas y, por lo tanto, facilita el proceso de diagnóstico de la cuenca al dirigir los esfuerzos de caracterización a temáticas clave priorizadas. Los modelos, por su parte, coadyuvan la priorización participativa de los problemas, permitiendo complementar vacíos de información sobre el estado actual y la exploración de las tendencias de la cuenca ante las diversas incertidumbres futuras.

El proceso continúa con la identificación de acciones de intervención, es importante partir del inventario de las acciones y planes de intervención sectoriales existentes en las diferentes entidades territoriales, principalmente aquellas en estado de inversión previa. El siguiente paso es el diseño de un Modelo de Toma de Decisiones Participativa (MTDP), como una herramienta que facilita la evaluación de acciones de intervención y la construcción de acuerdos entre diferentes actores. Finalmente, las acciones acordadas deben ser agrupadas en líneas estratégicas y en un marco programático de implementación coherente y plausible con objetivos claramente establecidos y posibles opciones de financiación que conduzcan a la elaboración de un documento de planificación que debe ser aprobado por los actores.

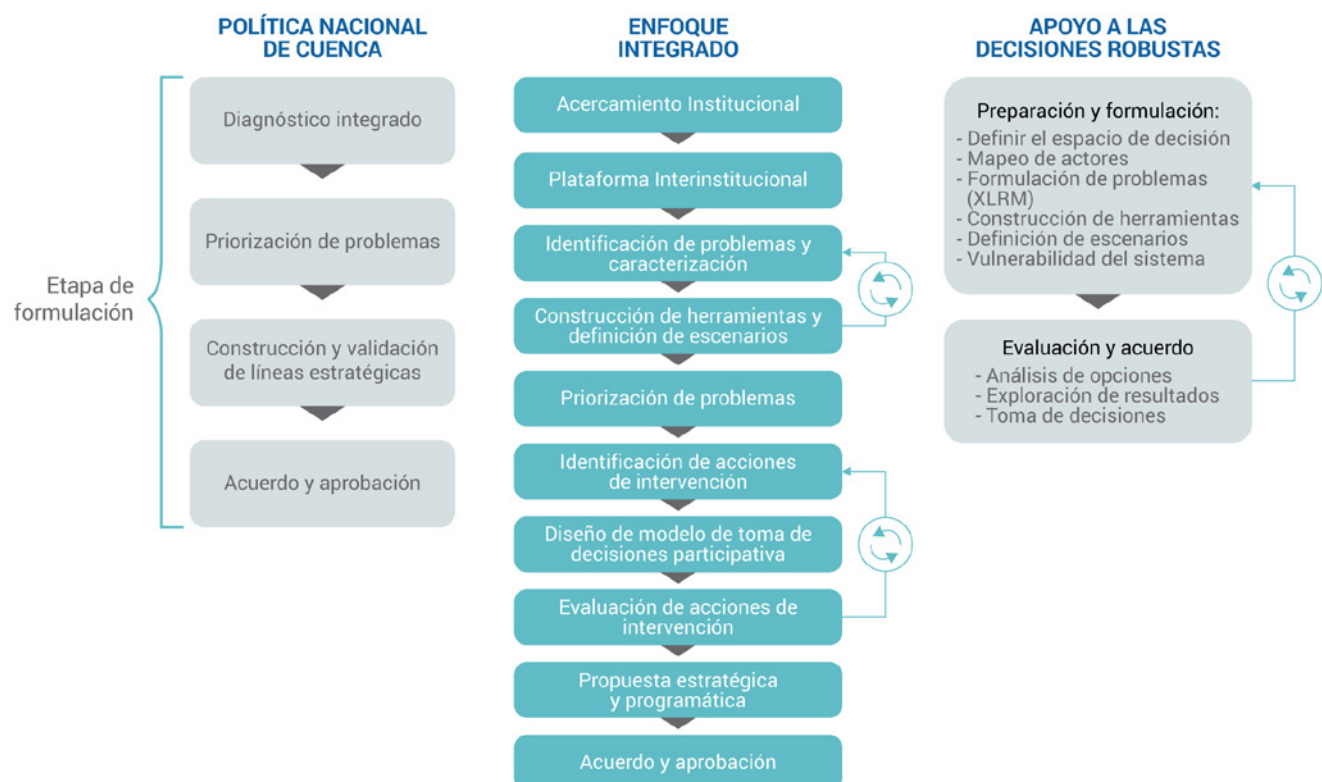


FIGURA 2. PROCESO DE FORMULACIÓN DEL PLAN DIRECTOR DE LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA (LIMA ET AL. 2021).

DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA 2

2.1 Ubicación, Delimitación y División Espacial de la cuenca

La cuenca del Río Tupiza se encuentra ubicada al sureste del departamento de Potosí y abarca una superficie aproximada de 2,309 km². La parte más baja de la cuenca se encuentra en el margen oriental a una altitud aproximada de 2,800 msnm (Figura 3). Esta zona corresponde a la zona de valles de los ríos Tupiza y Salo, donde se desarrolla agricultura de riego y secano. La parte más alta de la cuenca está sobre los 4,844 msnm y corresponde a la zona occidental del territorio destinado principalmente a la minería y al pastoreo extensivo.

Desde el punto de vista hidrográfico, la cuenca está drenada por varios ríos secundarios como:

Salo, Chilco, Sorokhaya y Tatasi; estos son afluentes del río Tupiza. A su vez el río Tupiza es afluente del río San Juan del Oro, que drena sus aguas al río Pilcomayo. Con base en esto y de acuerdo con la metodología de Pfafstetter de Bolivia, se han delimitado 57 microcuencas de Nivel 6. Estas microcuencas cumplen con el criterio de las inversiones para su manejo, es decir, sus áreas son menores a 100 km².

2.2 División político-administrativa dentro de la cuenca

Gran parte de la superficie de la cuenca se encuentra en el territorio de la provincia Sur Chichas y en los extremos este y oeste que incluyen las provincias Nor Chichas, Nor y Sur Lipez; aunque con una menor proporción. Los

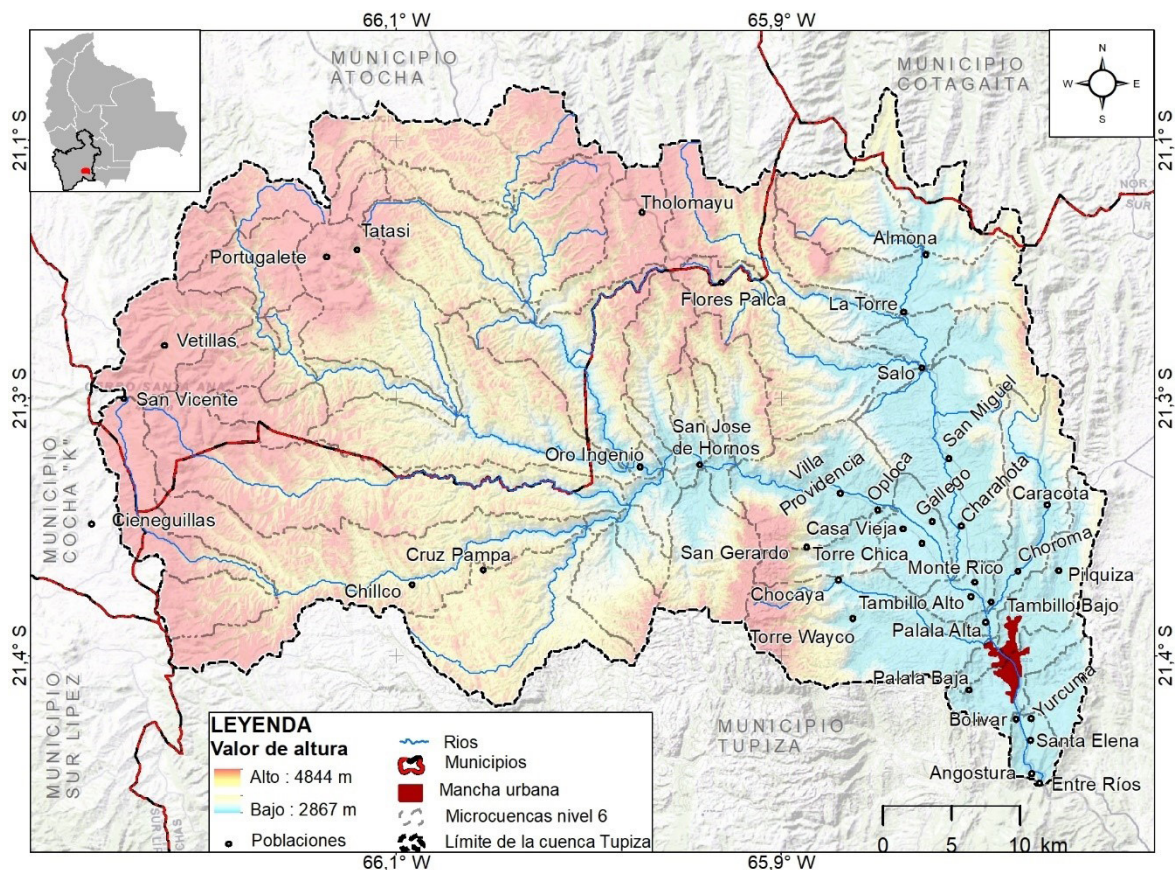


FIGURA 3. MAPA DE UBICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA.

límites municipales que atraviesan esta cuenca son Tupiza (1,452 km²), Atocha (824 km²), Cocha "K" (11 km²) y Cotagaita (21 km²) (**Figura 3**); para fines de este PDC solo se han considerado los tres primeros. Según el Censo de Población y Vivienda del año 2012, existen 38 comunidades distribuidas en toda la extensión de la cuenca. En el municipio de Tupiza se encuentran 29 comunidades, espacialmente muy concentradas alrededor de la ciudad de Tupiza, la cual se constituye como el principal centro urbano. La mancha urbana de Tupiza abarca una superficie aproximada de 5 km². En el municipio de Atocha y Cocha "K" se encuentran solamente 6 y 2 comunidades, respectivamente. De acuerdo con el censo mencionado, la población total es de aproximadamente 47,594 habitantes. Asimismo, los municipios de Tupiza y Atocha hacen parte de las Mancomunidades de Municipios de Chichas.

2.3 Cobertura de la tierra

La cuenca está caracterizada por presentar los siguientes pisos ecológicos: semiárido, árido y altiplánico con dominio andino. El mapa de cobertura vegetal elaborado en el año 2019 se presenta en la **Figura 4**. La cobertura dominante son los matorrales ralos altoandinos (41% de la cuenca, ver **Tabla 1**) distribuidos en el piso ecológico subpuna semiárida. Esta unidad de cobertura se localiza principalmente al este y oeste de los ríos Tupiza y Salo en la zona de baja altitud de la cuenca, también se encuentra dispersa hacia la parte centro – oeste de la cuenca en zonas de altura media. La composición florística de esta unidad de cobertura se constituye mayormente por vegetación arbustiva densa espinosa de porte bajo, desarrollada en suelos semiáridos de profundidad media y con escasa cobertura

herbácea. La especie de mayor presencia es la "Acacia caven" de nombre común churqui.

La vegetación dispersa vivaz en pedregales en el piso ecológico Puna Altoandina con aproximadamente 845 km², ocupa cerca del 37% del área de la cuenca (**Tabla 1**). Esta se distribuye en zonas de mayor altitud al noroeste y suroeste de la cuenca. La vegetación dominante es herbácea arbustiva baja xerofítica con presencia de cactus dispersos. Por otra parte, los depósitos de arena playas, dunas y suelo desnudo están presentes en la zona con mayor pendiente y superficies escarpadas erosionadas con disección fuerte, donde el suelo está expuesto y representan aproximadamente el 21% del área de la cuenca (**Tabla 1**). Esta unidad hace presencia alrededor del río Pálala y en los angostos de los ríos Tres Palcas y Chorros. También está presente en el río Machacaya en la comunidad de Cruz Pampa.

Las unidades de cobertura restantes constituyen cerca del 2% de la superficie del territorio. Generalmente las áreas de cultivos se encuentran en las llanuras aluviales de los ríos Salo y Tupiza, las cuales se caracterizan por la presencia de nutrientes que son acumulados en época de lluvias, sin embargo, dichas áreas reciben amenazas de riesgo de inundación en época de aguas altas. Por otro lado, los bosques nativos altoandinos se encuentran muy dispersos, representados en pequeñas manchas compuestas de vegetación nativa de Acacias, Polylepis, Cestrum parqui, Schinus molle como especies dominantes. La mancha urbana corresponde a la ciudad de Tupiza, donde se concentra la mayor cantidad de población. La nieve estacional se encuentra hacia el oeste de la cuenca en la zona de mayor elevación.

Unidades de cobertura	Área (km ²)	Porcentaje de la cuenca
Matorrales y Monte Ralo Andino de Subpuna Semiárida	946.39	40.98
Vegetación Dispersa Vivaz en pedregales Puna Alto Andino	845.14	36.60
Depósitos de Arena Playas y Dunas. Suelo Desnudo	479.47	20.76
Bosque Nativos Alto Andinos de Subpuna Semiárida	14.96	0.65
Cultivos de Agricultura Múltiple	15.22	0.66
Estructura Urbana y Rural Ciudades y Pueblos	4.29	0.19
Nieve Estacional	2.37	0.10
Cuerpos de Agua	1.39	0.06
Bofedales	0.17	0.01

TABLA 1. ÁREA DE LAS UNIDADES DE COBERTURA DE LA TIERRA EN LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA.

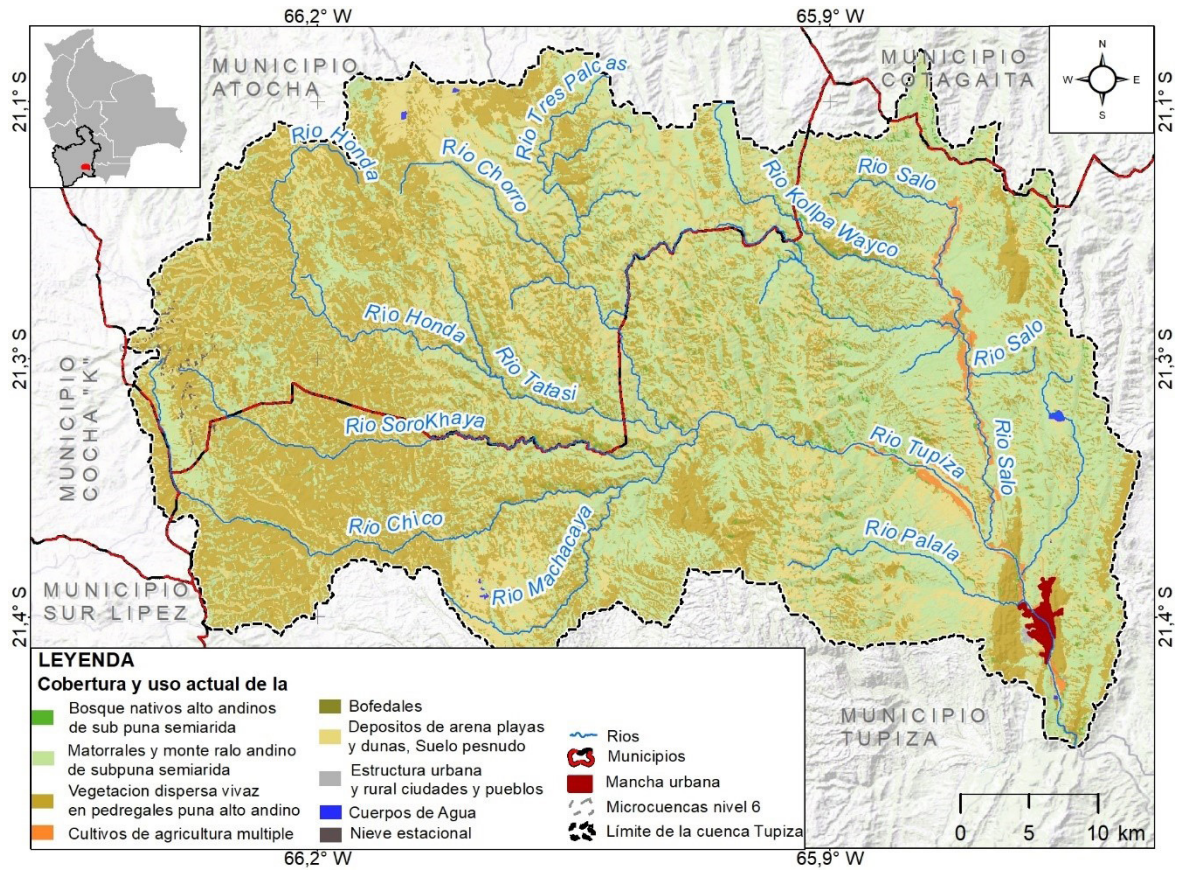


FIGURA 4. MAPA DE COBERTURA DE LA TIERRA DE LA CUENCA TUPIZA. ELABORADO CON UNA IMAGEN SENTINEL DEL AÑO 2019

2.4 Geología

Referentes al tiempo geológico del territorio de la cuenca del río Tupiza, se diferencian formaciones correspondientes al eón fanerozoico, específicamente a las eras: Paleozoica (541 millones de años), Mesozoica (252 millones de años) y Cenozoica (66 millones de años). En la **Figura 5** se muestra el mapa de unidades geológicas presentes en la cuenca. Asimismo, su distribución en términos de área se puede ver en la **Tabla 2**.

El territorio constituido en la era Paleozoica representa el 70% del área de la cuenca, su periodo geológico corresponde en su totalidad al Ordovícico, con presencia de formaciones asociadas a las épocas:

- Inferior: Equivale al 21% del territorio, corresponde a la unidad geológica Fm. Cieneguilla, la cual representa un 15% del territorio total de la cuenca. A su vez, esta unidad presenta una litología asociada a lutitas y limolitas grises oscuras, con niveles de areniscas.
- Medio: Representa el 43% del territorio, incluye la unidad geológica Fm. Otavi, compuesta por limolitas y lutitas con areniscas intercaladas

(20% de la cuenca), la unidad geológica Fm. Obispo, compuesta por lutitas grises, con concreciones esferoidales generalmente fosilíferas (6% de la cuenca), la unidad geológica Fm. Agua y Toro, compuesta por lutitas y limolitas gris verdosas a gris oscuras (3% de la cuenca) y la unidad geológica Fm. Mojona, conformada por lutitas grises intercaladas con horizontes de areniscas (1% de la cuenca).

- Superior: Ocupa el 36% del territorio conformado en la era paleozoica, su clase se denomina Tacsariano, incluye la unidad geológica Fm. Kollpani, compuesta por limolita, areniscas con lutitas intercaladas (11% de la cuenca), la unidad geológica Fm. Marquina, conformada por areniscas gris verdosas con limolitas y lutitas intercaladas (5% de la cuenca), la unidad geológica Fm. Angosto, compuesta por limolitas y lutitas con areniscas intercaladas o lutitas y limolitas gris verdosas a gris oscuras (2% de la cuenca) y la unidad geológica Fm. Tapial que está compuesta por lutitas y limolitas grises oscuras con niveles de areniscas grises claras, la cual ocupa el 7% del territorio total de la cuenca.

Las formaciones pertenecientes a la era Mesozoica ocupan el 2% del territorio total de la cuenca. Se evidencia presencia de áreas pertenecientes a los periodos Cretácico y Cuaternario. En el periodo

Cretácico Superior de clase Andino se encuentra la unidad geológica Fm. Aroifilla compuesta por areniscas, limolitas rojizas, con niveles de basalto. Por otra parte, en el periodo Cretácico Inferior de clase Andino, se encuentra clasificada la unidad geológica Fm. Angostura caracterizada por micro conglomerados, conglomerados y cuarcitas marrón violáceas claras. El territorio formado en el periodo Cuaternario pertenece a la época del Pleistoceno y presenta una litología asociada a intrusivos subvolcánicos.

La superficie perteneciente a la era Cenozoica equivale al 27% de la cuenca y se clasifica a su vez según el periodo:

- Paleógeno: Correspondiente a la época Oligoceno de clase Andino, ocupa el 1% del área de la cuenca. A esta configuración pertenece la unidad geológica Fm. Nazareno con una conformación litológica de arcillitas, areniscas arcillosas rojizas a anaranjadas y conglomerados polimícticos.

- Terciario: La época Mioceno de clase Andino, representa el 13% del territorio. Estas características incluyen la Fm. Choroma con lavas dacíticas y tobas grises amarillentas (1%), la Fm. Nazareno con areniscas arcillosas, arcillitas y tobas, marrones rosados (1%), la Fm. Oploca con conglomerados con clastos de areniscas, lutitas y andesitas (6%), la Fm. Tupiza con conglomerados polimícticos, rojizos, clastos, lutitas, areniscas calizas y cuarzos (4%) y, por último, la unidad Quechuana superior con configuraciones de calizas arenosas, areniscas calcáreas, margas o coladas de lava andesítica a dacítica. (2%).

- Cuaternario: Asociado a la época Pleistoceno de clase Andino, representa el 13% de la cuenca. Incluyen la Fm. Villazón con depósitos consolidados de gravas, arenas y arcillas con horizontes tobáceos; los depósitos aluviales que pueden estar constituidos por cantos, gravas, arenas, limos y arcillas o material suelto de bloques y gravas (0.03%) y los depósitos coluvio fluviales con litología de gravas, limos y arcillas (10%).

Unidad geológica	Área (km ²)	Área (%)	Unidad geológica	Área (km ²)	Área (%)
Dep. aluvial	73.6	3.19	Fm. Nazareno	30.3	1.31
Dep. Coluvio-fluvial	220.6	9.55	Fm. Obispo	140.8	6.10
Fm. Agua y Toro	58.3	2.53	Fm. Oploca	132.6	5.74
Fm. Angosto	49.9	2.16	Fm. Otavi	450.5	19.51
Fm. Angostura	4.6	0.20	Fm. Quechuana superior	35.2	1.53
Fm. Aroifilla	18.9	0.82	Fm. Tapial	167.3	7.25
Fm. Choroma	32.0	1.39	Fm. Tupiza	95.6	4.15
Fm. Cieneguilla	341.9	14.80	Fm. Villazón	0.8	0.03
Fm. Kollpani	247.1	10.70	Intrusivos	21.4	0.93
Fm. Marquina	118.1	5.12	Intrusivos Subvolcánicos	36.3	1.57
Fm. Mojona	32.9	1.43			
TOTAL GENERAL				2309	100

TABLA 2. DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES GEOLÓGICAS EN LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA

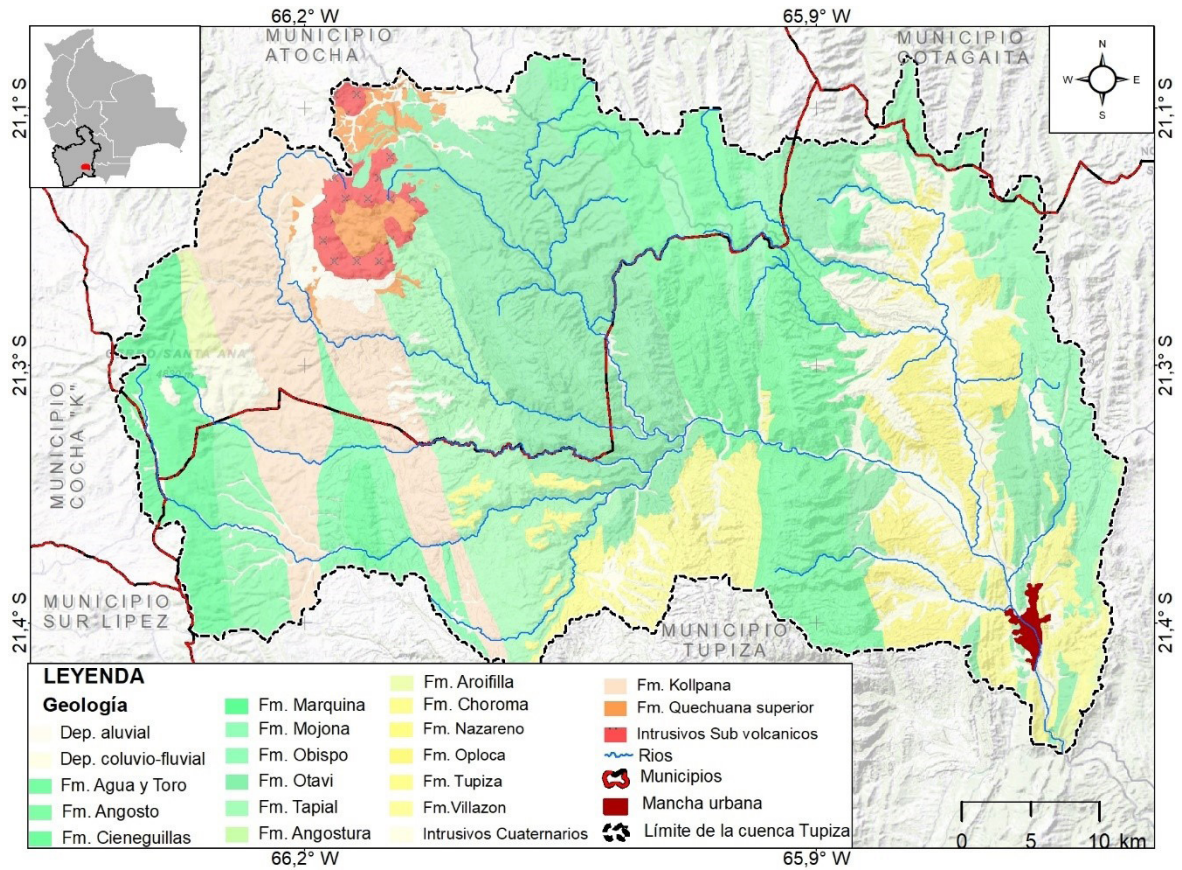


FIGURA 5. MAPA DE UNIDADES GEOLÓGICAS DE LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA

2.5 Fisiografía

La cuenca pertenece a la provincia fisiográfica Cordillera Oriental. Las unidades fisiográficas varían desde llanuras aluviales de poca pendiente en las inmediaciones de la Quebrada Tambillo Bajo y los ríos Salo y Tupiza; hasta serranías altas en el nororiente de la cuenca, en los límites con la Provincia Nor Chichas. En la **Figura 6** se presenta el mapa de las unidades fisiográficas de la cuenca. Asimismo, en la **Tabla 4** se presenta la relación de áreas y porcentajes correspondientes a las unidades fisiográficas presentes. La unidad fisiográfica predominante corresponde a las Montañas Bajas con Disección Fuerte ocupando el 29% del territorio de la cuenca, con presencia en la zona centro – oeste, en el área de influencia de los ríos Chorro, Tres Palcas, Tatasi, Honda y la parte alta del río Tupiza. Por su parte, la unidad fisiográfica Montañas Medias con Disección Moderada ocupa el 9% del área, con presencia en los municipios de Atocha y Tupiza, en dicha unidad se localizan los nacimientos de los ríos Chorro y Sorokhaya.

Las Colinas Medias con Disección Moderada poseen una de las menores proporciones en la cuenca con un valor equivalente al 1%, distribuyéndose en la divisoria de las

Provincias Sur Chichas y Nor Lipez. La unidad correspondiente a Colinas Bajas con Disección Moderada (13%), se ubica en el suroeste de la cuenca e incluye el territorio de la comunidad de Chillco, en el cual las pendientes son bajas con ondulaciones suaves. Las unidades correspondientes a serranías representan el 34% del área total de la cuenca, del cual el 1% corresponde a Serranías Altas con Disección Moderada ubicadas entre los municipios Tupiza y Cotagaita, el 13% corresponde a Serranías Medias con Disección Moderada ubicadas en el extremo suroriente en inmediaciones de los ríos Chico y Sorokhaya; y el 20% corresponde a Serranías Medias con Disección Fuerte con presencia en el centro y el extremo oriental de la cuenca, abarcando los nacimientos de los ríos Kollpa Wayco y de la Quebrada Tambillo Bajo. Las cuevas (pendientes) se localizan en la zona de confluencia de los ríos Salo y Tupiza, ocupando un porcentaje equivalente al 11% del territorio, caracterizado por sus pendientes moderadas a bajas. La llanura aluvial representa el 3% y circunda el río principal de la cuenca Tupiza y el río Salo, con pendientes bajas.

Unidades fisiográficas	Área (km ²)	Porcentaje de la cuenca
Serranías Altas con Disección Moderada	23.78	1.03
Serranías Medias con Disección Fuerte	454.87	19.70
Serranías Medias con Disección Moderada	302.02	13.08
Montañas Bajas con Disección Fuerte	678.62	29.39
Montañas Medias con Disección Moderada	207.35	8.98
Colinas Medias con Disección Moderada	23.32	1.01
Colinas Bajas con Disección Moderada	290.7	12.59
Llanura Aluvial con Disección Ligera	57.73	2.50
Superficie de erosión con Disección Fuerte	14.08	0.61
Cuestas (pendientes) con Disección Fuerte	256.3	11.10

TABLA 3. DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS FISIGRÁFICAS EN LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA

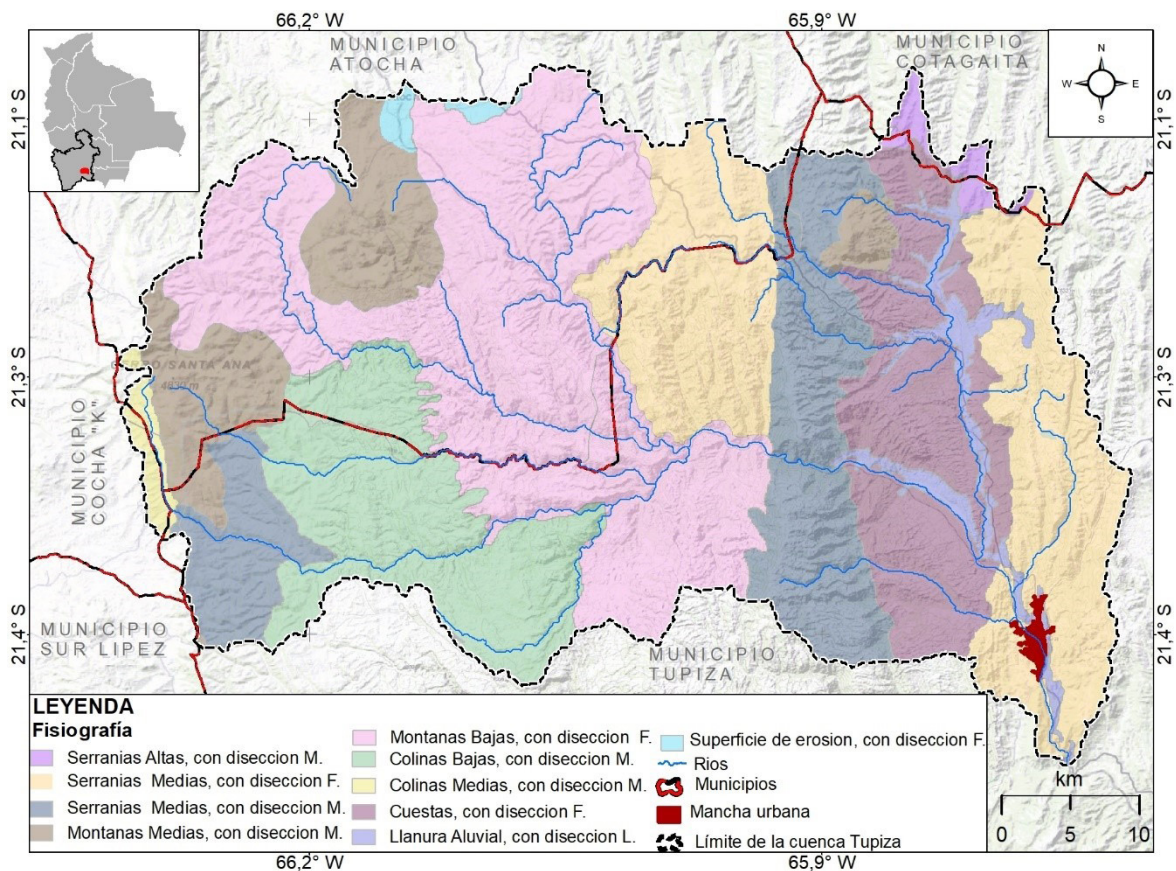


FIGURA 6. MAPA DE UNIDADES FISIGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA

2.6 Clima y cambio climático

Según Roche et al. (1992), en Bolivia se presenta una estación lluviosa comprendida entre los meses de diciembre a marzo, una estación seca entre mayo y agosto, y dos periodos de transición que separan estas épocas, uno en abril y otro de septiembre a noviembre. En la cuenca Tupiza los patrones estacionales de precipitación son similares a los mencionados. El percentil 50 de la precipitación multianual para el periodo histórico entre 1980-2015 es de 269 mm (Tabla 4), de la

cual el 88% ocurre en los meses lluviosos (con un máximo en el mes de enero con 79 mm – 29%), un 11% en los meses de transición y menos del 1% en los meses de la estación seca. En los meses de mayo a agosto correspondientes a la condición seca, la mediana de la precipitación es menor a 1 mm en cada mes, siendo junio el mes con precipitación más baja.

El escenario de cambio climático a escala de la cuenca informado por el modelo CMCC-CM para el RCP8.5 indica que la precipitación anual podría

incrementarse hasta en un 3%, a nivel estacional en algunos meses lluviosos existe un decremento que serían hasta de un 17% y 20% (diciembre y marzo respectivamente) y en febrero se presentarían incrementos de hasta un 30% (Tabla 5). El modelo informa también incrementos en la estación seca, y para la época de transición un incremento en abril y septiembre y reducción en los meses de octubre y noviembre entre 31% y 18% respectivamente (Tabla 4). Por otro lado, el modelo IPSL-CM5A-LR indica que la precipitación anual podría reducirse hasta en un 9%. Esto puede

explicarse teniendo en cuenta que los meses con reducciones porcentuales significativas son en la época de transición en los meses de octubre y noviembre entre un 23% y 11% respectivamente, además de los meses de diciembre y marzo correspondientes a la época de lluvia donde reducción es mucho más considerable variando entre un 24% y 45% respectivamente. Una reducción menos significativa se presenta en el mes de enero, el mes de mayor lluvia. En los meses de época seca se presentan aumentos, pero las magnitudes son muy pequeñas.

Mes	Histórico (1980 – 2010) (mm)	CMCC-CM (2020 – 2050) (mm)	IPSL-CM5A-LR (2020 – 2050) (mm)
Ene	79.5	78.0	77.7
Feb	48.9	64.2	51.5
Mar	49.2	39.2	27.1
Abr	4.9	4.9	5.6
May	0.7	5.5	5.9
Jun	0.1	1.4	1.5
Jul	0.2	6.1	1.3
Ago	0.3	4.0	4.9
Sep	1.2	5.6	3.9
Oct	6.1	4.2	4.7
Nov	18.3	15.0	16.4
Dic	60.2	50.0	45.6
Total	269.5	278.0	246.1

TABLA 4. VALORES DE PERCENTIL 50 DE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL MULTIANUAL EN LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA

El valor de la mediana para la temperatura multianual es de 9.4°C, siendo el periodo de octubre a abril el de valores de mediana de temperatura mayores a 10°C, presentando las más altas en diciembre y enero con 12.5°C y 12.4°C respectivamente (Tabla 5). Los meses de

mayo a septiembre, en la época seca, presentan una mediana de temperatura menor a 10°C, siendo junio y julio los meses más fríos con valores de 5°C. El escenario de clima informado por los dos modelos seleccionados indica un incremento de la temperatura anual de 1.8°C para

Mes	Histórico (1980 - 2010) (°C)	CMCC-CM (2020 - 2050) (°C)	IPSL-CM5A-LR (2020 - 2050) (°C)
Ene	12.4	14.3 (+1.9)	14.1 (+1.7)
Feb	11.8	13.8 (+2.0)	13.7 (+1.9)
Mar	11.6	13.8 (+2.2)	13.4 (+1.8)
Abr	10.1	11.7 (+1.6)	11.6 (+1.5)
May	7.0	8.9 (+1.9)	8.8 (+1.8)
Jun	5.0	6.4 (+1.4)	6.3 (+1.2)
Jul	5.0	6.4 (+1.5)	7 (+2.1)
Ago	6.7	8.1 (+1.4)	8.2 (+1.5)
Sep	8.2	10.1 (+1.9)	10.1 (+1.8)
Oct	10.7	12.5 (+1.8)	12.6 (+1.9)
Nov	11.9	14 (+2.0)	14.4 (+2.5)
Dic	12.5	14.8 (+2.2)	14.6 (+2.1)
Total	9.4	11.2 (+1.8)	11.2 (+1.8)

TABLA 5. VALORES DE PERCENTIL 50 PARA LA TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL EN LAS SUBCUENCAS DEL RÍO TUPIZA

el periodo 2020-2050. Para el modelo CMCC-CM los aumentos varían entre 1.4°C (junio) y 2.2 °C (diciembre y marzo), mientras que para el modelo IPSL-CM5A-LR, el incremento de temperatura varía entre 1.2°C (junio) y 2.5°C (noviembre).

2.7 Recursos Hídricos

El balance hídrico a paso de tiempo diario para el periodo 1980-2015 fue implementado en WEAP. Los resultados promedio agregados a nivel mensual se muestran en la **Tabla 7**. Estos indican que la precipitación promedio multianual en la cuenca es 338.2 mm y la evapotranspiración es 256.3 mm. La evapotranspiración representa

el 76% de la precipitación, lo cual es típico de zonas semiáridas. En términos de la escorrentía, esta representa el 31% de la precipitación. Es importante aclarar que en la **Tabla 7** no se incluye la lámina de riego como entrada al balance hídrico, razón por la cual los porcentajes no suman exactamente el 100%; es decir, que el porcentaje restante corresponde a riego que también fue simulado con WEAP. El 77% de la escorrentía sucede en la estación lluviosa, lo cual indica que la cuenca tiene una baja regulación hídrica. De esta manera, en el resto de los meses los ríos tienen caudales muy bajos, lo cual también repercute en el suministro de agua para los diferentes usos existentes en la cuenca.

Mes	Precipitación (mm)	Evapotranspiración (mm)	Escorrentía (mm)
Ene	98.2	63.9	24.2
Feb	88.8	53.8	32.8
Mar	59.3	53.8	19.4
Abr	12.9	21.2	4.5
May	1.6	7.2	3.1
Jun	0.0	2.3	2.5
Jul	0.8	1.5	2.5
Ago	2.7	2.0	2.6
Sep	1.8	2.8	2.6
Oct	10.4	5.7	2.8
Nov	21.2	17.3	3.5
Dic	40.3	24.6	6.1
Anual	338.2	256.3	106.5

TABLA 6. BALANCE HÍDRICO PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL PARA PERIODO 1980-2015

El balance hídrico bajo escenarios de cambio climático para el horizonte 2022-2052 se muestra en la **Tabla 7**. Tanto el modelo IPSL-CM5A-LR como el CMCC-CM indican una disminución en la precipitación y escorrentía anual. Respecto a la evapotranspiración existen discrepancias entre los modelos. El efecto combinado debido a los cambios en la precipitación y temperatura genera unas reducciones considerables en la escorrentía. A nivel anual estas reducciones varían entre 35%

y 38%. A nivel mensual casi en todos los meses se observan reducciones, considerando que en la estación lluviosa las magnitudes de reducción son considerables. En meses críticos (octubre y noviembre) para el suministro de agua también se podrían reducir los caudales hasta en un 24%. Estas cifras indican la necesidad de plantear acciones resilientes que permitan dar solución a esta problemática, las cuales se verán reflejadas más adelante en el documento.

Mes	IPSL-CM5A-LR RCP8.5 (2022-2052)			CMCC-CM RCP8.5 (2022-2052)		
	PCP (mm)	ET (mm)	Q (mm)	PCP (mm)	ET (mm)	Q (mm)
Ene	85.3 (-13.2%)	54.9 (-14.1%)	17.6 (-27.1%)	87.34 (-11.0%)	61.09 (-4.4%)	18.16 (-24.8%)
Feb	59.0 (-33.6%)	50.3 (6.6%)	14.7 (-55.2%)	65.76 (-26.0%)	53.54 (-0.5%)	14.48 (-55.8%)
Mar	33.4 (-43.6%)	37.1 (-31.0%)	7.5 (-61.3%)	38.29 (-35.4%)	41.66 (-22.5%)	7.97 (-58.9%)
Abr	8.8 (31.4%)	16.2 (-23.6%)	3.0 (-33.2%)	8.02 (-37.9%)	18.21 (-14.2%)	3.34 (-26.4%)
May	7.7 (369.1%)	7.7 (6.7%)	2.5 (-18.0%)	7.43 (355.3%)	8.02 (10.9%)	2.53 (-17.3%)
Jun	3.7 (13652.3%)	4.6 (97.0%)	2.2 (-13.7%)	3.11 (11424.7%)	4.39 (89.5%)	2.20 (-12.7%)
Jul	3.1 (279.1%)	4.0 (158.6%)	2.2 (-14.0%)	9.80 (1092.3%)	6.77 (341.3%)	2.89 (14.1%)
Ago	9.0 (229.8%)	6.3 (218.0%)	2.6 (-1.4%)	6.28 (131.0%)	6.63 (232.1%)	2.57 (-1.7%)
Sep	10.1 (448.0%)	10.6 (273.1%)	2.8 (6.7%)	7.00 (280.5%)	8.54 (200.3%)	2.51 (-3.6%)
Oct	6.1 (-41.5%)	6.6 (15.1%)	2.3 (-17.9%)	7.39 (-29.2%)	6.77 (18.0%)	2.29 (-17.1%)
Nov	19.0 (-10.2%)	13.4 (-22.5%)	2.6 (-24.3%)	18.33 (-13.5%)	13.96 (-19.4%)	2.66 (-23.0%)
Dic	47.4 (17.5%)	32.9 (33.7%)	6.0 (0.4%)	54.34 (34.8%)	32.16 (30.5%)	7.12 (17.3%)
Anual	292.5 (-13.5%)	244.6 (-4.5%)	66.0 (-38.0%)	313.08 (-7.4%)	261.74 (2.1%)	68.73 (-35.5%)

PCP: PRECIPITACIÓN, ET: EVAPOTRANSPIRACIÓN, Q: ESCORRENTÍA

TABLA 7. BALANCE HÍDRICO PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO (2022-2055).

2.8 Minería

Para la caracterización minera de la cuenca Tupiza se realizó una división de ésta en 217 microcuencas (este número discrepa de las unidades hidrográficas, ya que corresponden a las unidades de modelación de WEAP) de las cuales 23 registran actividad minera productiva (tanto pasada como actual), incluyendo labores mineras (en su mayoría subterráneas), depósitos de residuos minero-metalúrgicos y algunos rastros

de exploración. Asimismo, se identificaron 54 minas o sitios mineros (con labores mineras de extracción o exploración como cateos y otros); que pueden ser operadas por empresas privadas (1), empresas estatales (2) o por cooperativas (51) y 684 Pasivos Ambientales Mineros (PAM) entre depósitos de desmontes y colas (diques o acumulaciones irregulares), lo cual se resume en la Figura 7. Cabe resaltar que 51 minas realizan explotación de polimetálicos, mientras que de oro y cobre solamente existen 2 y 1, respectivamente.

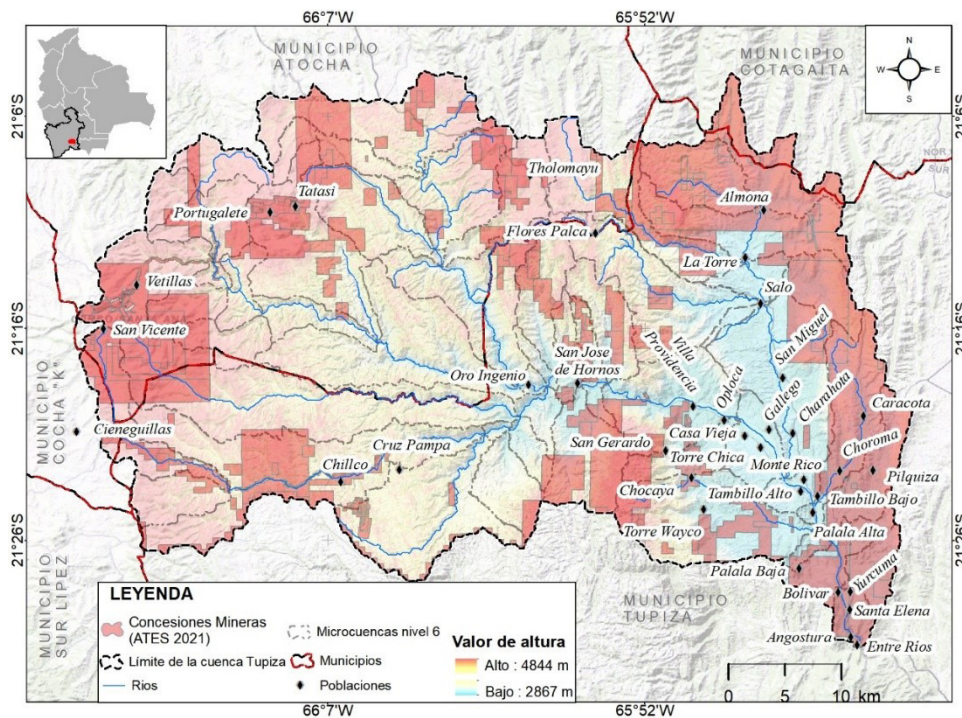


FIGURA 7. CARACTERIZACIÓN DE LA MINERÍA EN LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA

En la **Tabla 8**, se presenta el resumen de las 54 minas identificadas, asociando la correspondiente microcuenca en la que se encuentran ubicadas, sus nombres y la cantidad y tipo de PAM encontrados en cada una de las minas. Por otro lado, es importante tener en cuenta que en su totalidad son minas subterráneas, de las cuales aproximadamente cinco (5) se encuentran

activas y 49 inactivas. Observando más en detalle la información de la **Tabla 8**, se tiene que los PAM se encuentran distribuidos principalmente en las microcuencas 004, 053, 085, 099, 101, 172 y 207 y se estima que la mayoría de estos PAM no han recibido ningún tipo de manejo, esto corresponde a alrededor del 95%.

Código microcuenca	Código mina	Nombre mina	Cantidad de PAM		
			Cola	Desmonte	Total
TE - 004	14	Antigua (La Vieja)	0	2	2
	15	Choroma	9	28	37
	16	Sajonia (Prusia)	0	7	7
	17	Sajonia - CATEO EXPLORACIÓN	0	32	32
TE - 005	13	Desconocido (Caracota Lomas)	0	2	2
TE - 053	11	San Mateo (Asunta)	0	10	10
	12	Santa Fé	2	27	29
TE - 064	10	San Francisco	0	3	3
	53	Quillacas (Confianza)	0	14	14
	54	San José	0	3	3
TE - 068	8	Copacabana	0	4	4
	9	Soracaya	0	11	11
TE - 073	7	Desconocido (Norte Qda. Quillacas) - CATEO EXPLORACIÓN	0	3	3
TE - 074	5	Quillacas	0	11	11
	6	Desconocido (Río Chilco)	0	1	1
TE - 080	3	Alianza (Grupo Minero) - CATEO EXPLORACIÓN	0	21	21
	4	Chilco	0	11	11
TE - 085	2	Chilcobija	9	41	50
TE - 099	1	Portugalete	19	47	66
TE - 101	52	Tatasi	1	74	75
TE - 146	51	Desconocido (Huayra Huasi)	0	2	2
TE - 150	43	Corilla	0	4	4
	44	San Dimas	0	7	7
	45	Desconocido (Pilquisa)	0	5	5
	46	Desconocido (Colorado)	0	3	3
	47	Desconocido (Oeste Cerro Colorado)	0	4	4
	48	Milenka	0	2	2
	49	Desconocido (Tolonias)	0	7	7
	50	Desconocido (Sur Est. Pilquisa)	0	3	3
TE - 162	42	Isabel	0	9	9
TE - 171	41	Tesorera	0	5	5

Código microcuenca	Código mina	Nombre mina	Cantidad de PAM		
			Cola	Desmante	Total
TE - 172	37	San Pedro (San Pedrito)	0	2	2
	38	Santiago	3	11	14
	39	Apóstoles	1	25	26
	40	Desconocido (Juana Azurduy de Padilla)	0	4	4
TE - 187	33	Chaqueña	0	0	0
	34	Victoria (Pompeya)	0	3	3
	35	Desconocido (Norte Chaqueña)	0	0	0
	36	31 de octubre	0	0	0
TE - 194	31	Rosita (primavera)	0	7	7
	32	Socorro	0	35	35
TE - 198	30	Desconocido (Este Chajra Wayco)	0	0	0
TE - 203	27	Abaroa (Grupo Minero)	0	25	25
	28	Canllayoj Loma	0	2	2
	29	Desconocido (Sur Chile Chilco)	0	3	3
TE - 205	25	Desconocido (Norte Morokho Orkho)	0	3	3
	26	Rancho Orkho	0	10	10
TE - 207	20	Candelaria	6	35	41
	21	Rosa	0	2	2
	22	Santo Domingo	0	12	12
	23	Servia	2	13	15
	24	Desconocido (Este Mauka Huasi)	0	0	0
TE - 209	18	Victo Hugo	0	32	32
	19	Consuelo	0	5	5
TOTAL PAM			52	632	684

TE: TUPIZA – ESTARCA

TABLA 8. RESUMEN DE MICROCUENCAS, MINAS Y PASIVOS EN LA CUENCA TUPIZA - ESTARCA

Por otro lado, se tiene que el 35% (12 minas) de las minas identificadas se encuentran ubicadas en el municipio de Atocha mientras que el 65% (37 minas) pertenecen al municipio de Tupiza. Adicionalmente, un número importante de personas participan y dependen de la actividad minera. La Población Económicamente Activa (PEA) en la minería en el caso de Tupiza corresponde al 35% en tanto que en el municipio de Atocha es aproximadamente el 64%. En términos de ingresos municipales esto es

equivalente a más 2 millones de bolivianos anuales (4% del total de ingresos) en el municipio de Tupiza y alrededor de 8 millones de bolivianos anuales en el municipio de Atocha (13% del total de ingresos). De manera que, se evidencia que la minería puede considerarse una fuente importante de empleo, además de ingresos principales y complementarios para las familias que residen dentro de la cuenca.

En términos de la relación de la actividad minera

y el agua no existe mucha información disponible, así como de los niveles de contaminación causados por la minería. Sin embargo, se identificaron siete (7) sitios o áreas con un Impacto Ambiental Evidente o Potencial (IAEP) asociados principalmente a diques de colas (relaves) o depósitos sin un embalse o dique, sitios con evidente contaminación, áreas con

degradación ambiental y/o sitios de vertimiento. El resumen de esta información se muestra en la **Tabla 10**. Como es de esperarse, estos sitios corresponden a las microcuencas en las que se encuentran concentradas las minas en términos de ubicación geográfica como se mencionó anteriormente.

Microcuenca	Mina asociada	Población cercana
TE - 004	Choroma	Comunidad Choroma
TE - 053	Santa Fe	Comunidad Ventillas
TE - 085	Chilcobija	Comunidad Camp. Minas
TE - 099	Portugaleta	Comunidad Portugaleta
TE - 101	Tatasi	Comunidad Tatasi
TE - 172	Santiago y Apóstoles	Comunidad Cam. Minas
TE - 207	Candelaria y Servia	Comunidad Cam. Minas

TABLA 9. CARACTERIZACIÓN Y UBICACIÓN DE LOS SITIOS O ÁREAS CON IAEP

2.9 Caracterización demográfica y sociocultural

La cuenca alberga 38 comunidades, de las cuales 36 tienen sus centros poblados dentro de la delimitación geográfica de la cuenca, y dos de ellas (Cieneguillas y Guadalupe) tienen parte de sus territorios dentro de la cuenca.

El proyecto Bolivia-WATCH diseñó e implementó encuestas a hogares de la cuenca entre enero y febrero de 2020. Se diferenció la ciudad de Tupiza del resto de las comunidades de la cuenca (rurales y periurbanas) y en ambas se aplicó una guía de encuesta específica. La encuesta de la zona rural-periurbana se diferenció por incluir información adicional sobre actividades agropecuarias. Se alcanzó un total de 513 hogares en las comunidades rurales y periurbanas (4.2% de error y 95% de nivel de confianza), y 209 hogares en la ciudad de Tupiza (6.7% de error y 95% de nivel de confianza).

A partir de estas encuestas a hogares, se identificaron las características principales de la población urbana (ciudad de Tupiza) y rural (comunidades rurales y periurbanas) de la cuenca, resumidas en los siguientes componentes:

2.9.1 Idioma, identificación étnica y tipo de hogar

En la ciudad de Tupiza, un 99% de la población habla español como idioma principal, pero la identificación étnica del 33% de los jefes y las jefas de hogar es quechua y 59% chicheña. En la zona rural, un 89% de los habitantes habla español como idioma principal y un 11% el quechua; mientras que el 56% de los jefes y las jefas de hogar se identifica como quechua, un 38% como chicheño(a) y un porcentaje minoritario de 1% se identifica como aymara y mantiene esa lengua nativa (**Tabla 10**).

En la cuenca existe un porcentaje importante de hogares monoparentales, liderados por mujeres que, en la ciudad de Tupiza alcanza el 28.2% y en la zona rural es de 25.1%. Un 11% son hogares monoparentales liderados por hombres, tanto en la ciudad y como en la zona rural. El porcentaje restante corresponde a hogares con hombre y mujer como jefes de hogar, casados o en unión libre (**Tabla 10**).

Característica socioeconómica		Zona urbana	Zona rural
Idioma principal	Español	99.0%	89.0%
	Quechua	1.0%	11.0%
	Total	100.0%	100.0%
Identificación étnica	Quechua	33.0%	56.1%
	Chicheño(a)	58.9%	38.4%
	Aymara	0.5%	1.2%
	Otro	7.7%	4.3%
	Total	100%	100%
Tipo de hogar	Hogares monoparentales liderados por mujeres	28.2%	25.1%
	Hogares monoparentales liderados por hombres	10.5%	11.1%
	Hogares con hombre y mujer como jefes de hogar	59.8%	61.6%
	Otro	1.4%	2.2%
	Total	100%	100%

TABLA 10. IDIOMA, IDENTIFICACIÓN ÉTNICA Y TIPO DE HOGAR, SEGÚN ZONA DE LA CUENCA

2.9.2 Actividades económicas, acceso a vivienda y tierras

Las familias de la ciudad de Tupiza tienen cuatro principales fuentes de ingresos: Trabajo asalariado (24.4%), trabajo por jornales (23.4%), negocio de abarrotes u otra mercadería (21.1%) y venta de productos elaborados en el hogar

(13.4%). En las comunidades, son tres las principales fuentes de ingresos de las familias: Agricultura (45%), pecuaria (29%) y minería (6.6%). Estas actividades fueron las que los jefes y las jefas de hogar reportaron dentro de las tres principales fuentes de ingreso de sus hogares (ver **Figura 8**).

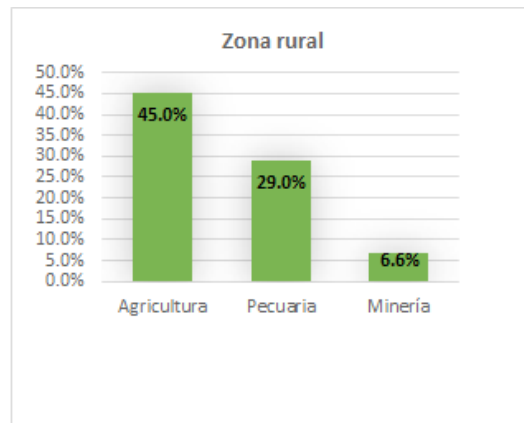
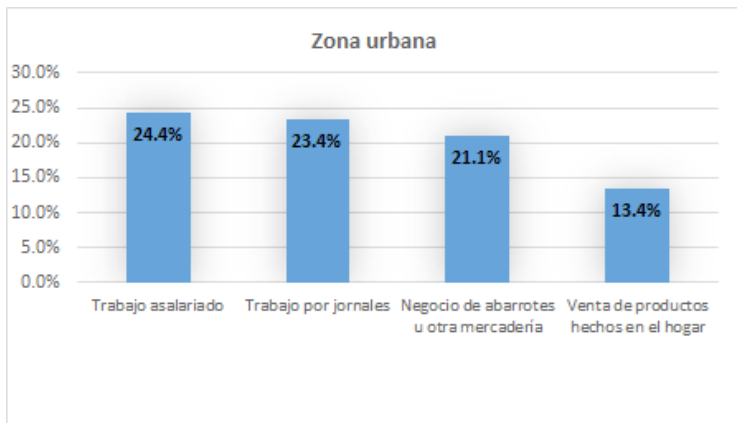


FIGURA 8. PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE LOS JEFES Y LAS JEFAS DE HOGAR, SEGÚN ZONA DE LA CUENCA

Considerando las principales ocupaciones de los jefes y las jefas de hogar, se observó que en la ciudad de Tupiza un gran porcentaje de mujeres se dedica al trabajo del hogar y/o al comercio; mientras que, en la zona rural la mayor parte de las mujeres jefas de hogar también se dedica al trabajo del hogar y se adicionan las actividades agrícolas y pecuarias (**Figura 9**)

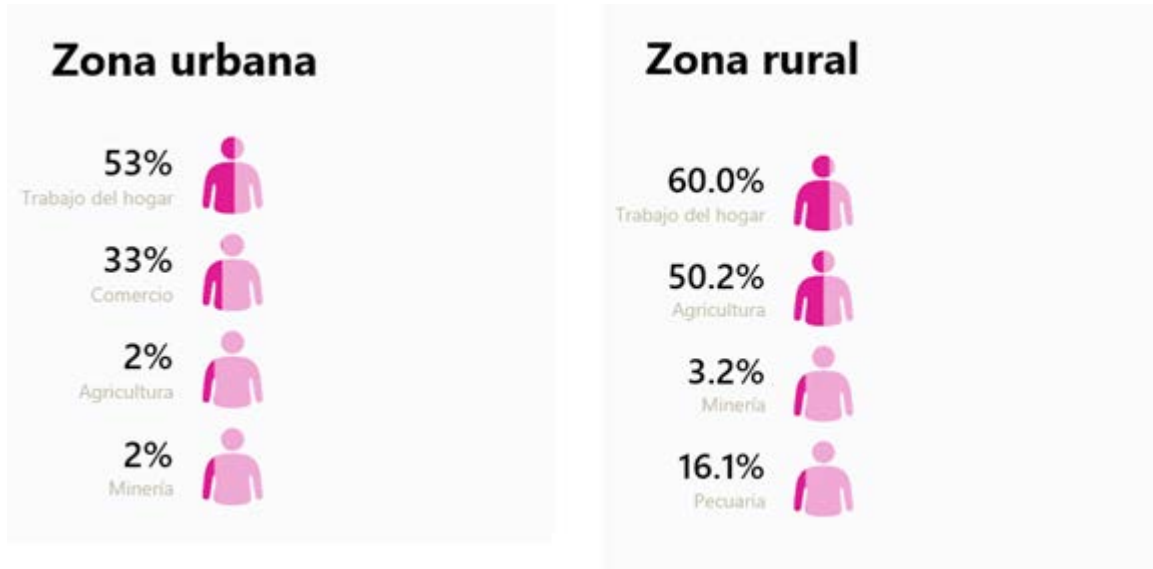


FIGURA 9. PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE MUJERES JEFAS DE HOGAR, SEGÚN ZONA DE LA CUENCA

Los hombres de la ciudad de Tupiza tienen entre sus tres principales actividades el comercio, trabajo del hogar, agricultura y minería; mientras que en la zona rural se dedican principalmente a la agricultura, minería y pecuaria. Adicionalmente,

se observó que el trabajo del hogar también es una de las principales ocupaciones de los hombres jefes de hogar, con mayor representación en la ciudad de Tupiza que en la zona rural de la cuenca (Figura 10).

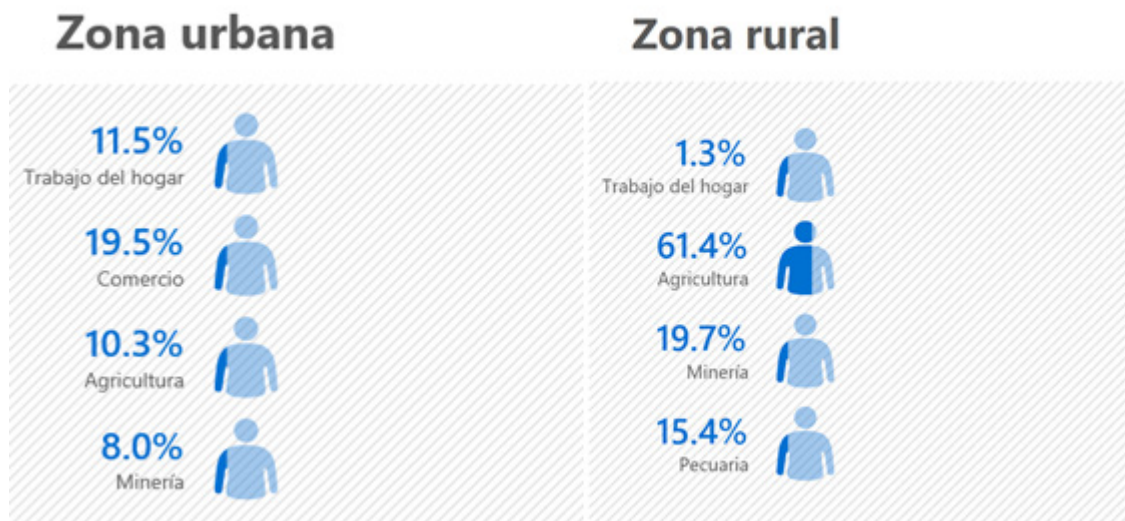


FIGURA 10. PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE HOMBRES JEFES DE HOGAR, SEGÚN ZONA DE LA CUENCA

En cuanto a las características de las viviendas, el área rural presenta condiciones más desfavorables. En la ciudad de Tupiza, un 5.3% de los hogares urbanos tienen techo y/o paredes de vivienda no mejoradas o con materiales no adecuados, mientras que en el área rural el porcentaje asciende a un 27.5% de los hogares. Un 8.1% de los hogares urbanos presenta un nivel de hacinamiento superior a 3 personas por habitación frente a un 22.4% de hogares con hacinamiento en el área rural (Tabla 11).

Con relación a la tenencia de viviendas y terrenos, un 23.4% de los hogares urbanos carece de casa propia y un 10% tiene tierras fuera de Tupiza, en muchas de las cuales realizan actividades agropecuarias. En la zona rural, el 22.8% de los hogares no tiene casa propia y un 61.2% accede a tierras, pero un 9.4% de ellos no tiene propiedad sobre ellas. La extensión promedio de tierras por hogar es de 0.85 hectáreas. Cerca del 90% de los hogares que realizan actividad agropecuaria tiene 1 ha o menos de tierras para trabajarlas. El área

promedio para producción agrícola es de 0.45 ha por familia. Este tamaño de tierras corresponde a una propiedad agraria pequeña que, en algunos casos, puede ser considerada como minifundio,

si no permite asegurar el sustento básico para todos los miembros de la unidad familiar. La titulación de tierras en las comunidades incluye la propiedad colectiva, privada y mixta (Tabla 11).

Característica socioeconómica		Zona urbana	Zona rural
Características de las viviendas	Hogares con techo y/o paredes no mejoradas	5.3%	27.5%
	Hacinamiento superior a 3 personas por habitación	8.1%	22.4%
Acceso a vivienda y tierras	Hogares que no tienen casa propia	23.4%	22.8%
	Hogares con acceso a tierras	10%	61.2%
	Hogares con acceso a tierras, pero sin pertenencia sobre ellas	-	9.4%
	Tamaño promedio de terrenos (Ha por familia)	-	0.85
	Tamaño promedio de terrenos agrícolas (Ha (Ha por familia)	-	0.45

TABLA 11. ACCESO A VIVIENDA Y TIERRAS, SEGÚN ZONA DE LA CUENCA

2.9.3 Acceso a educación

Se obtuvo información sobre el nivel de educación de los jefes y jefas de hogar y se observaron diferencias importantes entre el campo y la ciudad. En la ciudad de Tupiza, el nivel de educación promedio de los jefes y las jefas de hogar es de 11.5 años de escolaridad; un 4.3% tiene analfabetismo y un 34% no completó los niveles

básicos de educación (primaria y secundaria). En las comunidades, los jefes y las jefas de hogar tienen 6.1 años de escolaridad en promedio; un 15.6% presenta analfabetismo y un 79.3% no completó los niveles básicos de educación. El ausentismo escolar entre las personas en edad escolar fue de 10% en el área urbana y 19% en el área rural (Tabla 12).

Característica en educación	Zona urbana	Zona rural
Años de educación promedio de los jefes de hogar	11.5	6.1
Jefes de hogar que no completaron educación primaria y secundaria	34.0%	79.3%
Nivel de analfabetismo en los jefes de hogar	4.3%	15.6%
Ausentismo escolar en hijos e hijas	10.0%	19.0%

TABLA 12. NIVEL DE EDUCACIÓN DE LOS JEFES Y LAS JEFAS, SEGÚN ZONA DE LA CUENCA

El nivel de educación formal es menor en mujeres que en hombres, con cerca de 20% menos de años de educación alcanzados y un mayor nivel de analfabetismo. Sin embargo, las diferencias son aún más grandes cuando se compara el nivel de educación alcanzado en mujeres y hombres,

según zona urbana y rural. Las mujeres de la zona rural tienen un 50% menos de años de educación promedio y tres veces más analfabetismo que las mujeres jefas de hogar de la ciudad de Tupiza (Figura 11).

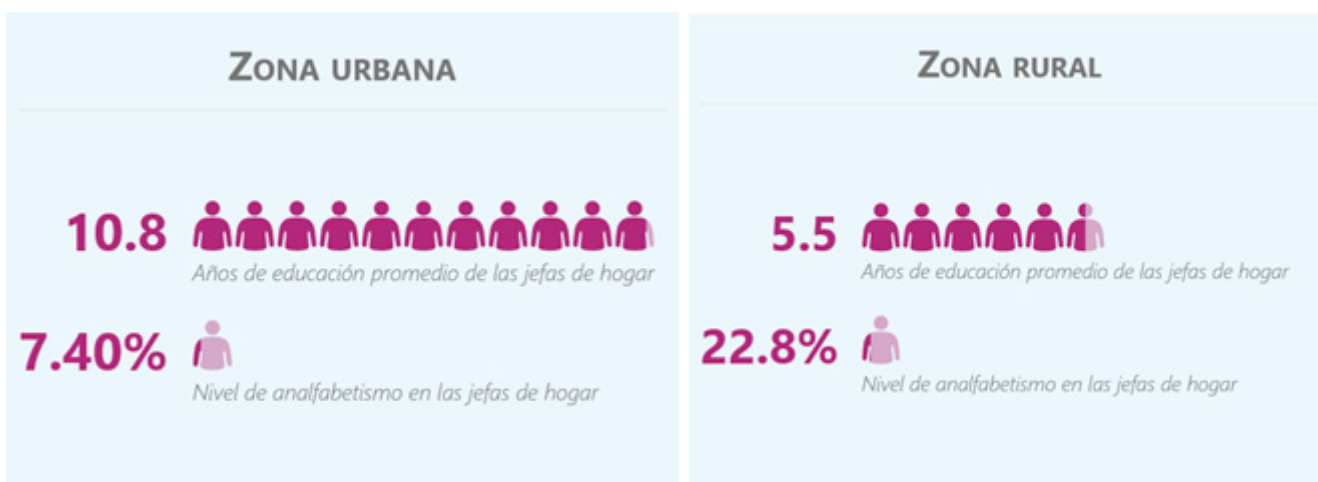


FIGURA 11. NIVEL DE EDUCACIÓN DE MUJERES JEFAS DE HOGAR, SEGÚN ZONA DE LA CUENCA

Los hombres de la zona rural tienen un 40% menos de años de educación promedio que los jefes de hogar de la zona urbana. El nivel de analfabetismo

es de 6,6% en la zona rural, mientras que en la ciudad de Tupiza éste es inexistente (**Figura 12**).

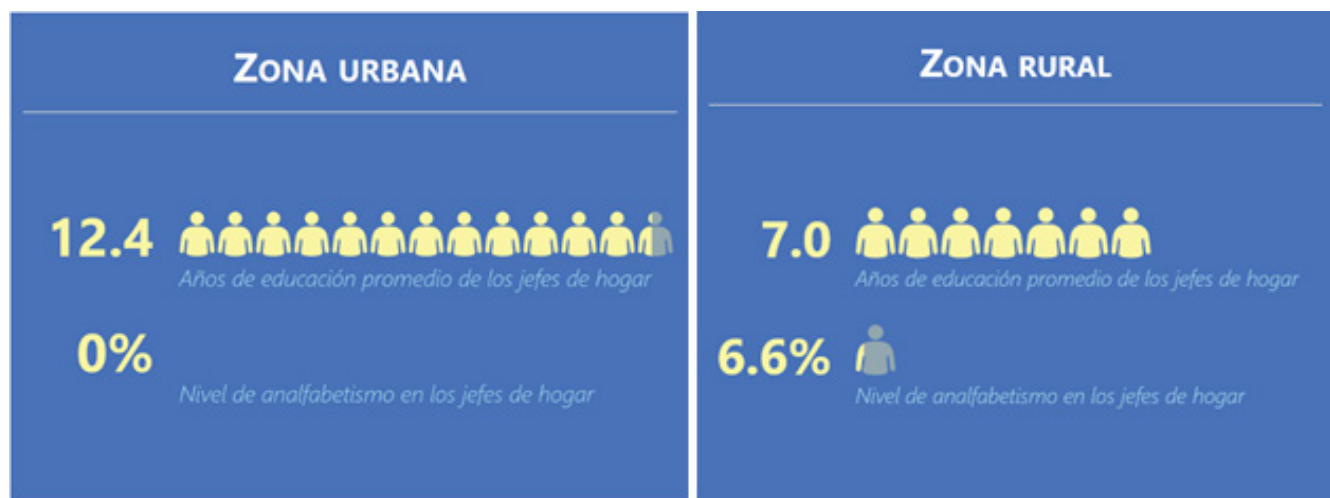


FIGURA 12. NIVEL DE EDUCACIÓN DE HOMBRES JEFES DE HOGAR, SEGÚN ZONA DE LA CUENCA

2.9.4 Acceso a agua para consumo y riego

El acceso a agua también muestra diferencias entre la ciudad y el campo. Un 2.4% de la población urbana carece de conexión domiciliar de agua, mientras que, en la zona rural, ese porcentaje asciende al 30%, por lo que los hogares deben realizar viajes de recolección diarios para proveerse de agua. Esos viajes representan un promedio de 178.2 horas al año o 22 jornadas de trabajo de 8 horas. Adicionalmente, las familias que usan fuentes secundarias de agua, ante escasez en sus fuentes primarias, invierten un

promedio de 116.7 horas al año o 13 jornadas de trabajo de 8 horas, en viajes de recolección (**Tabla 13**).

En cuanto al agua para uso agrícola, un 20.5% de los hogares que hacen agricultura no cuentan con sistemas de riego en todos sus cultivos (**Tabla 13**). Al igual que el agua para consumo doméstico, el agua para riego presenta problemas de escasez por temporadas, según un 52.5% de los hogares, mientras que un 41.4% dice que el abastecimiento de agua de riego es insuficiente para sus cultivos.

Características de acceso a agua para distintos usos		Zona urbana	Zona rural
Acceso a agua para consumo doméstico	Hogares sin conexión domiciliar	2.4%	30.0%
	Tiempo promedio en recolección de agua de fuentes primarias, por año y por familia (horas)	-	178.2
	Tiempo promedio en recolección de agua de fuentes secundarias, por año y por familia (horas)	-	116.7
Acceso a agua para riego	Hogares sin sistemas de riego en todos sus cultivos	-	20.5%

TABLA 13. ACCESO A AGUA, SEGÚN ZONA DE LA CUENCA

2.9.5 Acceso a saneamiento

En lo que respecta a acceso a servicios de saneamiento las diferencias son aún más notorias entre el área urbana y rural de la cuenca. La mayoría de los hogares encuestados en el área urbana tienen acceso a instalaciones de saneamiento mejorado (94.5%) mientras que en el área rural este porcentaje es mucho menor (40%). Los tipos de instalaciones mejoradas mayormente reportados son baños o letrinas

con tanque de agua (45.5% urbano, 11% rural) y baños o letrinas con descarga de agua (49% urbano, 24% rural). En el área rural más del 50% de los hogares no tienen acceso a instalaciones de saneamiento por lo que todavía practican defecación a campo abierto (ver Tabla 14)

Características de acceso a instalaciones de saneamiento		Zona urbana	Zona rural
Hogares con acceso a instalaciones de saneamiento mejorado	Baño o letrina con tanque de agua	45.5%	11%
	Baño o letrina con descarga de agua	49%	24.5%
	Letrina seca mejorada (con ventilación y piso/losa)	-	1%
	Baño compostero seco	-	3%
	Baño ecológico seco con desviación de orina	-	0.5%
Hogares con acceso a instalaciones de saneamiento no mejorado	Letrina seca sencilla sin piso/losa	0.5%	2%
	Balde o cubeta	-	0.2%
	Otro	2%	-
Hogares sin acceso a instalación de saneamiento (defecación a campo abierto)		3%	57%
No supo responder		-	0.8

TABLA 14. ACCESO A INSTALACIONES DE SANEAMIENTO, SEGÚN ZONA DE LA CUENCA

2.9.6 Acceso a otros servicios básicos

El acceso a servicios básicos muestra diferencias importantes entre la zona urbana y rural de la cuenca. En la ciudad de Tupiza, la electricidad y gas para cocinar están presentes en el 100% de los hogares, por lo que las familias no carecen de estos servicios; sin embargo, se observa que un 8.4% de los hogares no accede a servicio de recolección de basura. En las comunidades, un

17.7% de los hogares carece de electricidad en sus viviendas y un 31.2% no cuenta con gas para cocinar, por lo que usan leña, principalmente. Con relación al manejo de basura, un 73.3% de los hogares rurales carece de algún tipo de servicio de recolección, por lo que las prácticas más comunes son enterrar y quemar la basura (Tabla 15).

Característica Socioeconómica		Zona urbana	Zona rural
Acceso a servicios básicos	Hogares sin acceso a electricidad	0%	17.7%
	Hogares sin a gas para cocinar	0%	31.2%
	Hogares sin a servicio de recojo de basura	8.4%	73.3%

TABLA 15. ACCESO A SERVICIOS BÁSICOS, SEGÚN ZONA DE LA CUENCA

2.9.7 Características migratorias

Tanto la zona rural como urbana de la cuenca, muestran dinámicas de migración definitiva y temporal. En la ciudad de Tupiza, el 46.4% de los hogares provino de zonas diferentes y un 47.4% de ellos señaló que migraron por trabajo; un 18.2% de los hogares urbanos señaló que alguien del hogar migró temporalmente por trabajo en los

últimos 12 meses anteriores a la encuesta. En las comunidades rurales, un 42.1% de los hogares provino de zonas diferentes a su comunidad y un 44.9% de ellos migraron por razones laborales; un 27.9% de los hogares señaló que alguien del hogar migró temporalmente por trabajo (Tabla 16).

Característica Socioeconómica		Zona urbana	Zona rural
Características migratorias	Hogares con procedencia diferente a la ciudad o comunidad donde residen	46.4%	42.1%
	Hogares con migración temporal de alguno de los miembros de la familia	18.2%	27.9%

TABLA 16. CARACTERÍSTICAS MIGRATORIAS, SEGÚN ZONA DE LA CUENCA

2.9.8 Impactos socioeconómicos relacionados a eventos climáticos

Un 44% de los hogares de Tupiza señaló que sufrieron algún desastre natural asociado al agua (sequía, inundaciones, riadas, mazamoras, granizadas, deslizamientos y/o contaminación

del agua) en los últimos 12 meses anteriores a la encuesta. De éstos, un 18.7% presentó daños en su infraestructura de agua potable o saneamiento como consecuencia de los desastres. En la zona rural, los hogares afectados por eventos extremos representan un 53.8%, de los cuales el 5.5% sufrió daños en su infraestructura de agua

potable o saneamiento, pero el mayor efecto fue sobre la producción agropecuaria, según el 40.7% de los hogares, los cuales representan más del 90% de las familias que tienen tierras (**Tabla 17**).

Adicionalmente, los productores agropecuarios se vieron afectados por heladas que también produjeron pérdidas en cultivos.

	Característica Socioeconómica	Zona urbana	Zona rural
Impactos socioeconómicos relacionados a eventos climáticos	Hogares que sufrieron algún desastre natural asociado al agua en los últimos 12 meses	44.0%	53.8%
	Daños en infraestructura de agua potable y/o saneamiento a consecuencia de los desastres naturales	18.7%	5.5%
	Daños en producción agropecuaria a consecuencia de los desastres naturales	NA*	40.7%

*NA: NO APLICA

TABLA 17. IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS, SEGÚN ZONA DE LA CUENCA

2.9.9 Conflictos sociales

Los hogares de la cuenca perciben conflictos por agua y minería en la zona urbana y rural de la cuenca. En la ciudad de Tupiza, un 10% de los hogares considera que tienen conflictos dentro de sus respectivos barrios y un 5.7% percibe problemas con otros barrios. En las comunidades rurales, un 47.4% de los hogares considera que existen conflictos por agua dentro de sus respectivas comunidades y un 26.3% percibe

conflictos por agua con comunidades vecinas (**Tabla 18**).

Los conflictos por minería en la ciudad de Tupiza son percibidos por un 57.9% de los hogares y un 46.4% cree que hay conflictos por minería con las comunidades vecinas. En las comunidades, un 38.2% de los hogares considera que hay conflictos por minería en su comunidad y un 26.5% percibe conflictos por minería con comunidades vecinas (**Tabla 18**).

	Característica Socioeconómica	Zona urbana	Zona rural
Conflictos sociales	Conflictos por agua dentro de su barrio o comunidad	10.00%	47.40%
	Conflictos por minería dentro de su barrio o comunidad	57.90%	38.20%
	Conflictos por agua con barrios o comunidades vecinas	5.00%	26.30%
	Conflictos por minería con barrios o comunidades vecinas	46.40%	26.50%

TABLA 18. PERCEPCIÓN SOBRE CONFLICTOS SOCIALES, SEGÚN ZONA DE LA CUENCA.

HERRAMIENTAS ANALÍTICAS Y MODELOS 3

Para la formulación del PDCRT se desarrollaron herramientas y modelos de sistemas de recursos hídricos que responden plenamente a los problemas identificados y tienen la capacidad y la flexibilidad de incorporar diferentes incertidumbres futuras (X) en la evaluación de las acciones de intervención (L) y generar indicadores de desempeño. Dado el enfoque participativo propuesto, el desarrollo de las herramientas y modelos requirieron

la participación de las partes interesadas en diferentes etapas de su implementación como la recolección de información, implementación, calibración y validación, y diseño de indicadores de desempeño (M). En la **Tabla 19** se muestran las herramientas y modelos desarrollados para informar la formulación del plan los cuales son: WEAP, WASH-Flows, REVAMP, Knn-bootstrap, y modelo de toma de decisiones participativa.

Incertidumbres (X)	Estrategias (L)
Herramientas analíticas (R)	Indicadores de desempeño (M)
R1. Modelo WEAP R2. WASH-Flows R3. REVAMP R4. Knn-Bootstrapping R5. Modelo de Toma de Decisiones Participativa	

TABLA 19. HERRAMIENTAS Y MODELOS (R) DESARROLLADO EN EL MARCO DE LA FORMULACIÓN DEL PDCRT

A continuación, se describen brevemente los modelos y herramientas desarrolladas en el marco de la formulación del PDCRT.

3.1 Modelo WEAP

La modelación de la gestión del agua en la cuenca Tupiza fue realizada en WEAP, ya que este modelo permite integrar elementos como la hidrología, la demanda de agua, el suministro, asignación y derechos de agua, entre otros. Asimismo, este modelo ya ha sido aplicado en otras cuencas estratégicas con fines de planificación y gestión del agua. A continuación, se describen las consideraciones metodológicas en el desarrollo del modelo de gestión de agua de la cuenca.

3.1.1 Hidrología y datos de entrada

La simulación de la hidrología se realizó con el modelo "Soil Moisture" de WEAP (Yates et al. 2005), el cual funciona a diferentes escalas de tiempo como diario, semanal, mensual, etc. El modelo es determinístico de tipo balance de masas forzada

por datos climáticos donde se trata de capturar el ciclo hidrológico en términos de precipitación, evapotranspiración y escorrentía. Para fines de este estudio, se ha definido un horizonte histórico 1980-2015 a una resolución temporal diaria.

Los datos requeridos por el modelo "Soil Moisture" son principalmente precipitación, temperatura media, humedad relativa media, velocidad de viento, e insolación. Para este estudio se usó la base de datos del Balance Hídrico Superficial de Bolivia (BHSB) (MMAyA 2018). La misma corresponde a una base de datos procesada para el periodo 1980-2015 (control de calidad, homogeneidad, completado de datos faltantes) de todas las estaciones con registros disponibles. Asimismo, el estudio mencionado tiene a disposición un producto grillado (GMET) de la precipitación y temperatura (**Figura 13**) con formato compatible con WEAP.

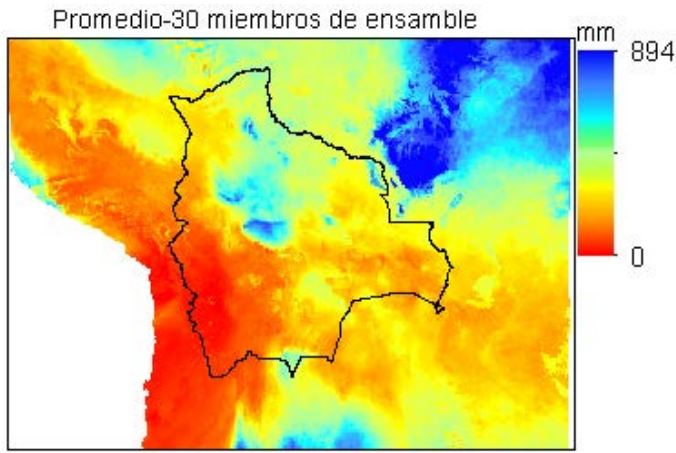


FIGURA 13. PRODUCTO GRILLADO DE GMET BOLIVIA A UNA RESOLUCIÓN ESPACIAL DE 0.05° Y UNA RESOLUCIÓN TEMPORAL DIARIA

Para incorporar las características biofísicas de la cuenca al balance hídrico se consideró información de mapas de cobertura de vegetal y uso de la tierra, y mapa geológico. Esta información fue incorporada para desarrollar una buena parametrización y calibración del modelo hidrológico "Soil Moisture".

En el marco de este proyecto, se generó un mapa de cobertura y uso de la tierra a escala 1:50,000 a partir de la clasificación usando imágenes Sentinel y posteriormente validado en campo (Figura 6). Esta información fue relevante para caracterizar algunos parámetros como la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo y las condiciones de la escorrentía superficial. En el caso del mapa geológico se realizó una digitalización a partir de las cartas geológicas disponibles a escala 1:100,000 del Servicio Geológico de Bolivia. Las características de la litología resultaron útiles para la caracterización de algunos parámetros como la conductividad hidráulica del suelo y la percolación.

3.1.2 Demanda de agua

En términos de demanda de agua se consideró el consumo en hogares y riego. En la cuenca un sector importante en términos de uso de agua es la minería, sin embargo, no fue posible caracterizarlo debido a la escasa información disponible. En el caso de consumo en hogares, se tuvieron en cuenta tanto las comunidades como la zona urbana y periurbana. La información fue recopilada tanto desde las instituciones que operan el servicio de agua en Tupiza (Empresa Municipal Prestadora de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario Tupiza-EMPSAAT) como en trabajo de campo (inventario de sistema de suministro de agua), realizado principalmente en las comunidades. Los datos considerados para caracterizar la demanda y suministro fueron: población (de fuente Censo Población y Vivienda 2012), dotación per cápita, ubicación de la fuente de suministro, caudal aproximado de la fuente, tipo de infraestructura, operación y mantenimiento,

costo del servicio y problemas en el suministro.

Los requerimientos de agua para cultivos y riego fueron determinados mediante el balance hídrico usando el modelo "Soil Moisture". También se realizó un trabajo de campo para recopilar los datos necesarios de los sistemas de riego como el área de riego, fuentes de suministro, caudal de captación, estado de la infraestructura, estilos de producción, calendario agrícola y gestión de riego.

3.1.3 Aguas subterráneas

En la cuenca existen acuíferos en depósitos cuaternarios, que generalmente están localizados en proximidades de los ríos. El aprovechamiento de aguas subterráneas se está incrementando debido a que en algunas zonas el agua superficial no es suficiente para el suministro y, en otros casos, por la mala calidad. Para la simulación se recopiló información de los caudales de extracción mediante pozos y la recarga fue simulada mediante el modelo "Soil Moisture". El modelo usado es de simple balance de masas entre recarga y extracciones, no se considera la interacción dinámica del acuífero con las aguas superficiales.

3.1.4 El modelo de la cuenca

Una vez recopilados los datos se implementó el modelo de gestión de agua en WEAP. La unidad básica de modelación hidrológica corresponde a las microcuencas con un área menor a 100 km², esto debido a que en Bolivia para acciones de intervención de manejo integral de cuencas se debe cumplir este criterio. Para el área de estudio se definieron un total de 212 unidades, entre microcuencas y cuencas abastecedoras de agua. El modelo abarca un dominio espacial que incluye tanto a la cuenca Tupiza como Estarca. En el caso de la demanda, se simularon 24 nodos de consumo en hogares (comunidades y zona urbana) y 61 nodos de riego. En la Figura 14 se puede ver el esquema del modelo desarrollado en plataforma WEAP.

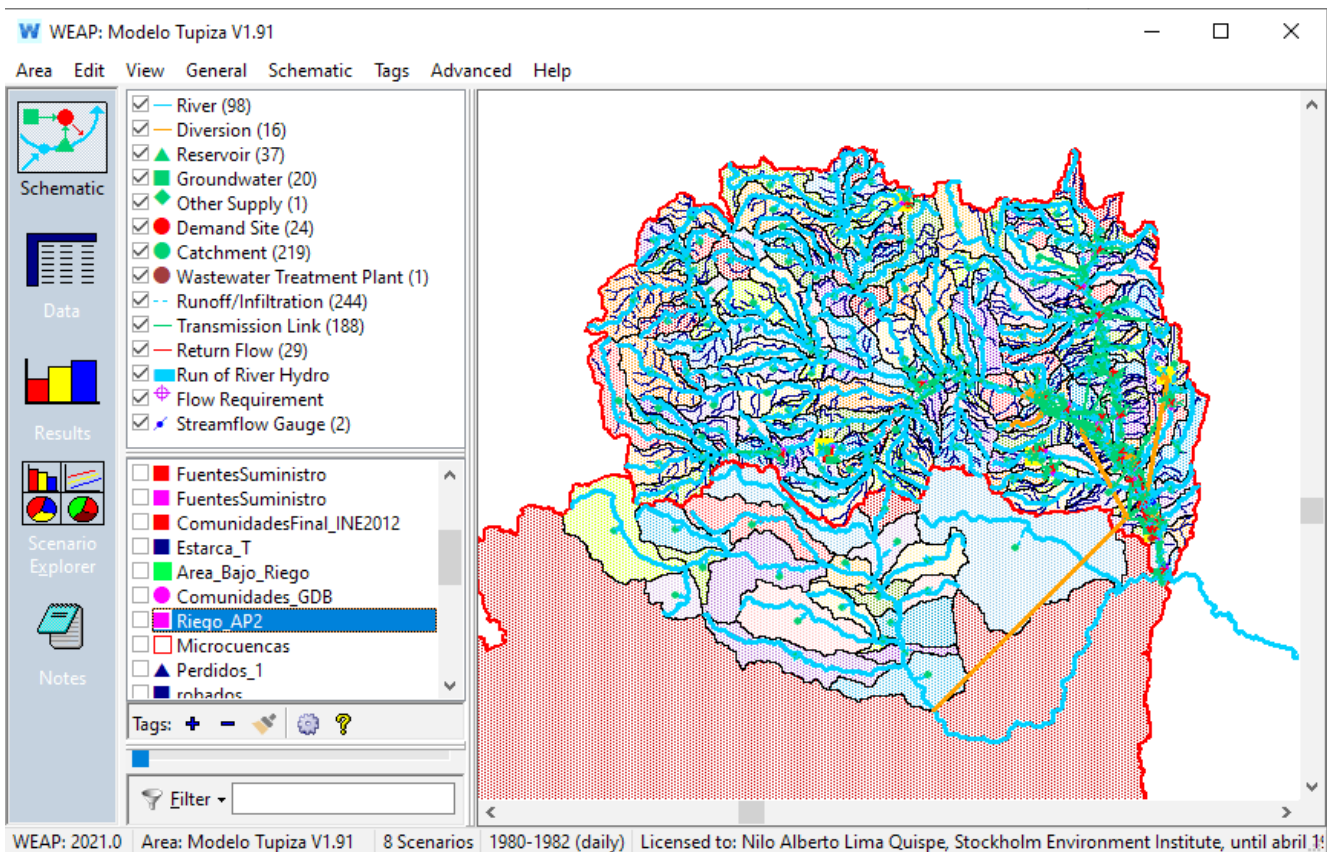


FIGURA 14. ESQUEMÁTICA DEL MODELO WEAP DE LA CUENCA DE LA CUENCA TUPIZA Y ESTARCA

3.2 Modelo WASH Flows

La planeación de cuencas tradicional suele tener una resolución espacial para el consumo de agua potable a nivel de comunidades y, por lo general, no incluye información detallada relacionada con el saneamiento doméstico. El modelo de WASH Flows fue motivado por la necesidad de entender cuáles son las condiciones de servicio de Agua, Saneamiento e Higiene (WASH por sus siglas en inglés) con una resolución espacial a nivel de hogares. Cuando la información de hogares se agrupa, se puede tener una perspectiva del estado de dichos servicios en las comunidades, al igual que estimar cómo las intervenciones de WASH a nivel de hogar pueden influir en los balances de agua a escala de comunidad y de cuenca.

WASH Flows es entonces una herramienta analítica para estimar la demanda de agua y la generación de agua residual basada en las condiciones de servicio de WASH en los hogares, usando una interfaz en Microsoft Excel. Los datos de entrada del modelo incluyen información relacionada con la cantidad de habitantes, fuentes de agua, infraestructura en el hogar y la disposición de aguas residuales. En el marco del PDCRT, dicha información se recolectó a través de encuestas en los hogares, encuestas a líderes comunales, comunicación personal

con autoridades locales e informes nacionales oficiales (ej. CENSO 2012).

Posteriormente, los datos de entrada junto a ciertas suposiciones se usan como variables de ecuaciones establecidas en la herramienta para proveer una perspectiva integrada pero simplificada de las condiciones de servicio de WASH en cada comunidad. Esta perspectiva se construyó siguiendo la metodología de "escaleras de servicio" creada por el Programa de Conjunto de Monitoreo (JMP por sus siglas en inglés) desarrollado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF).

Actualmente hay tres escaleras de servicio: una para agua potable (Tabla 20), una para saneamiento (Tabla 21) y una para higiene (Tabla 22). Para el caso de agua y saneamiento la escalera cuenta con cinco categorías de nivel de servicio, estos son: gestionado de manera segura, básico, limitado, no mejorado y agua de superficie (en el caso de agua potable) o defecación al aire libre (en el caso de saneamiento). En cuanto a higiene, la escalera cuenta con tres niveles de servicio: básico, limitado, y no mejorado.

A continuación, se muestran las definiciones de los diferentes niveles de servicio por campo:

NIVEL DE SERVICIO	DEFINICIÓN
GESTIONADO DE MANERA SEGURA	Agua para consumo proveniente de una fuente de agua mejorada ubicada en la vivienda o lote, disponible cuando se necesita y libre de contaminación fecal y por químicos prioritarios
BÁSICO	Agua para consumo proveniente de una fuente mejorada en la medida de que el tiempo de ida, espera y vuelta para conseguir agua no sea mayor a 30 minutos
LIMITADO	Agua para consumo proveniente de una fuente mejorada con un tiempo de ida, espera y vuelta para conseguir agua mayor a 30 minutos
NO MEJORADO	Agua para consumo de un pozo excavado no protegido o de un manantial no protegido
AGUA DE SUPERFICIE	Agua para consumo procedente de ríos, represas, lagos, estanques, arroyos, canales o canales de riego

Nota: Las fuentes mejoradas incluyen: agua por tubería, pozos de sondeo o pozos entubados, pozos perforados protegidos, manantiales protegidos, agua de lluvia, y agua envasada o distribuida.

TABLA 20. ESCALERA DEL JMP PARA LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE (OMS-UNICEF, 2017)

NIVEL DE SERVICIO	DEFINICIÓN
GESTIONADO DE MANERA SEGURA	Uso de una instalación mejorada que no se comparte con otros hogares y donde los excrementos se eliminan de manera segura in situ o se transportan y se tratan en instalación externa
BÁSICO	Uso de instalaciones mejoradas que no se comparten con otros hogares
LIMITADO	Uso de instalaciones mejoradas compartidas entre dos o más hogares
NO MEJORADO	Uso de letrinas de fosa simple sin losa o plataforma, letrinas colgantes o letrinas de cubo
DEFECACIÓN AL AIRE LIBRE	Depósito de las heces humanas en campos abiertos, bosques, arbustos, cuerpos de agua abiertos, playas u otros espacios abiertos, o junto a desechos sólidos

Nota: Las instalaciones mejoradas incluyen: inodoros de sifón/sifon de bajo consumo de arrastre conectados a redes de alcantarillado, fosas sépticas o letrinas de fosa, letrinas mejoradas ventiladas, letrinas de compostaje o letrinas de fosa simple con losa.

TABLA 21. ESCALERA DEL JMP PARA LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO (OMS-UNICEF, 2017)

NIVEL DE SERVICIO	DEFINICIÓN
BÁSICO	Disponibilidad de una instalación de lavado de manos en la vivienda con jabón y agua
LIMITADO	Disponibilidad de una instalación de lavado de manos en la vivienda sin jabón y agua
SIN INSTALACIÓN	No existe instalación de lavado de manos en la vivienda

Nota: Las instalaciones de lavado de manos pueden ser fijas o móviles, e incluir un lavabo, cubos con grifo incorporado, soluciones de bajo coste (como los llamados tippy-taps) y jarras diseñadas para el lavado de manos. El jabón incluye una barra de jabón, jabón líquido, detergente en polvo, y agua jabonosa, pero no incluye ceniza, tierra, arena y otros agentes de lavado de manos.

TABLA 22. ESCALERA DEL JMP PARA LOS SERVICIOS DE HIGIENE (OMS-UNICEF, 2017)

El uso de WASH Flows para la planificación de cuencas se fortalece y se complementa gracias al flujo de información iterativo con diferentes modelos computacionales a través del MTDP. Es importante mencionar que, si bien los datos de entrada de WASH Flows reflejan condiciones de servicio de WASH en los hogares, los datos de salida se presentan y exportan agregados por comunidad para que sean compatibles con las operaciones de otras herramientas (ej. WEAP). En la interacción con otras herramientas, el principal valor que aporta WASH Flows es la demanda de agua doméstica, mientras que el principal dato que recibe es la cobertura de la demanda.

3.3 Modelo REVAMP

Es importante entender las interrelaciones entre el agua, el saneamiento y la agricultura para así identificar oportunidades potenciales de recuperación y reutilización de recursos, como lo son los lodos o las aguas residuales. En ese sentido, contar con herramientas que apoyen la identificación de oportunidades de recuperación y la toma de decisiones es esencial.

La herramienta Mapeo de Valor de los Recursos (REVAMP, por sus siglas en inglés), permite explorar el potencial de recuperación de diferentes flujos de residuos mediante diferentes

alternativas de manejo. Por otro lado, existen herramientas de modelación de la calidad y cantidad de los recursos hídricos a nivel de cuenca como lo es WEAP, que permite la integración completa de la demanda, la oferta y la calidad del agua con consideraciones ecológicas. REVAMP tiene limitaciones temporales y espaciales para representar procesos a escala de cuenca y en WEAP, el componente de calidad excluye la exploración de alternativas de recuperación de recursos. Sin embargo, ambas herramientas son flexibles y permiten la interoperabilidad con otras herramientas.

En el marco de la formulación del PDCRT se realizó la integración de WEAP y REVAMP, permitiendo a los usuarios integrar el potencial de recuperación de energía, nutrientes o biomasa de flujos de residuos en la planificación de cuencas hidrográficas. La **Figura 15**, ilustra algunos procesos que tienen lugar a nivel de cuenca y que tienen relación con la provisión de agua y saneamiento de una ciudad o comunidad dispersa. Los círculos rojos y verdes representan los puntos de demanda de agua. Las flechas verdes representan las líneas de transmisión para el suministro de agua a los puntos de demanda mientras que las flechas rojas indican los flujos de retorno. Las flechas negras indican los datos de salida tanto en REVAMP (línea punteada lila) como en WEAP (línea punteada verde).

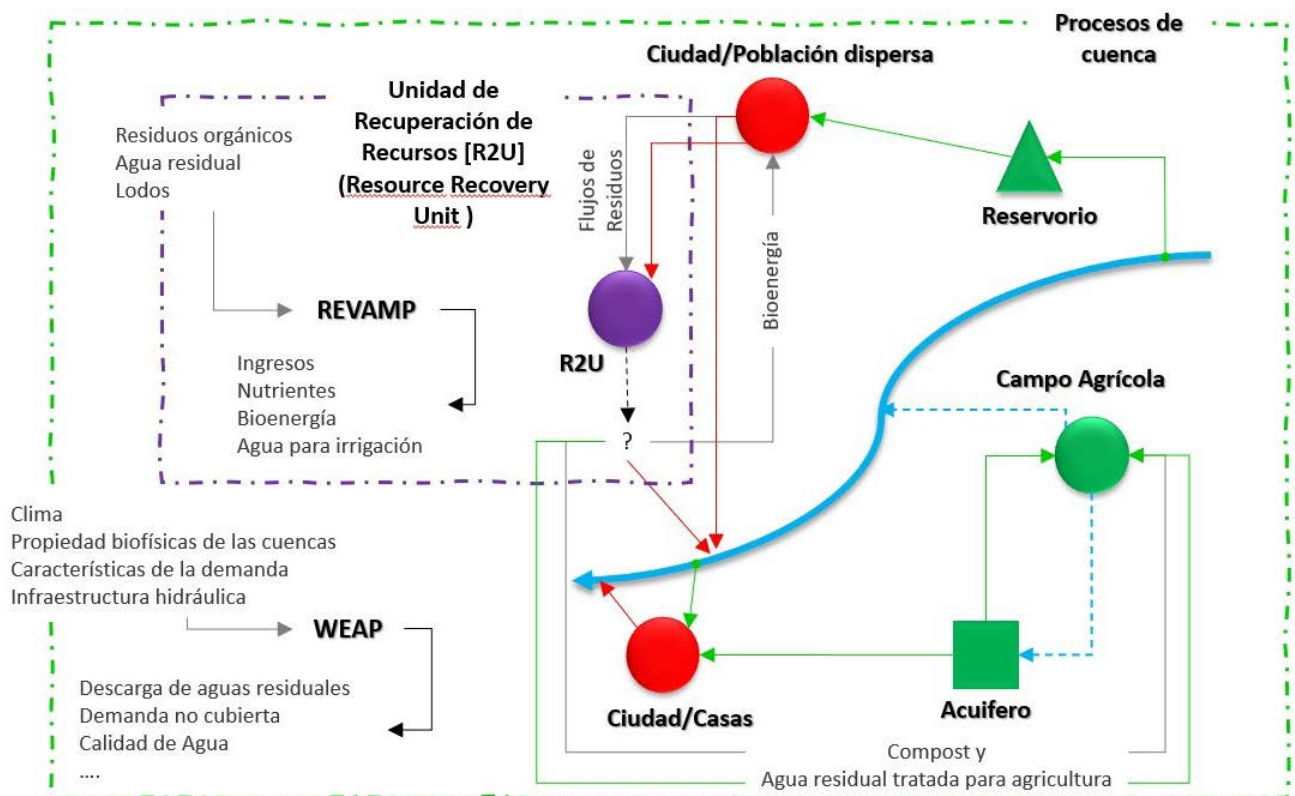


FIGURA 15. ESQUEMA DE LA INTEGRACION DE REVAMP Y WEAP A NIVEL CUENCA

La herramienta WEAP-REVAMP tiene dos componentes, un complemento WEAP (WEAPp) y una interfaz de Excel REVAMP (REVAMPei). El plugin de WEAP y la interfaz de Excel mejorada de REVAMP permiten el intercambio de datos. En la interfaz de Excel, gracias a su diseño para apoyar la toma de decisiones en procesos de planificación de cuencas, es posible evaluar varias combinaciones de opciones de recuperación (ej. compost, biogás, agua para irrigación) para una Unidad de Recuperación de Recursos (R2U) (ej. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) de manera simultánea. Se define el porcentaje a tratar de cada flujo de residuo por cada opción de recuperación. Es decir, el agua residual puede ser tratada mediante lodos activados convencionales, con un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente o con lagunas aireadas. El usuario puede definir evaluar una sola opción de recuperación de recursos y combinaciones de tratamientos al mismo tiempo para la misma R2U; un ejemplo se muestra en la **Figura 16**.

Las gráficas y tablas dinámicas en donde se presentan los resultados fueron diseñadas para permitir que el usuario compare los beneficios de las múltiples combinaciones evaluadas por R2U. El usuario debe escoger la mejor opción para tratar los residuos entrantes a una R2U en particular. Por último, desde la misma interfaz se exportan los resultados de cada producto a WEAP de la opción seleccionada.

El plugin en WEAP está asociado a una R2U. Los datos se ingresan a cada R2U, dependiendo de los flujos de residuos de entrada. Por ejemplo, en la **Figura 16**, el caso mostrado en la izquierda, la R2U tiene una entrada de aguas residuales, lodos de alcantarillado y residuos sólidos orgánicos provenientes de una ciudad, mientras que, para el caso de la derecha, la R2U solo tiene una entrada que corresponde a lodos fecales proveniente de sistemas de saneamiento in-situ. Un modelo puede tener tantas R2U como se necesiten y cada una puede obedecer a situaciones particulares.



FIGURA 16. EJEMPLO DE CASOS DE APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA WEAP-REVAMP

Esta herramienta permite evaluar la influencia recíproca de la recuperación de recursos y el balance hídrico en varias escalas temporales (por ejemplo, diaria, semanal, anual), según los parámetros del modelo WEAP y el detalle de los datos de entrada. Adicionalmente, la flexibilidad de los datos de entrada en el plugin de WEAP permite incluir la dependencia de un parámetro con otros o con otras variables. Por ejemplo, asociar el valor de las eficiencias de remoción a su relación con la temperatura. Estas potencialidades son útiles para evaluar el desempeño del tratamiento considerando escenarios en el mediano y largo plazo, escenarios de cambio climático o ante cambios en los procesos hidrológicos de la cuenca o patrones de demanda de agua. De modo que, estos análisis de reutilización de recursos complementan los procesos de toma

de decisiones dentro de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH).

3.4 Modelo de Toma de Decisiones Participativa (MTDP)

El MTDP en el proceso de formulación de un PDCRT es una herramienta de soporte para la institucionalidad de la gestión de la cuenca. El MTDP facilita el diálogo y la participación de las partes interesadas principalmente en la evaluación de acciones de intervención y la construcción estrategias de gestión (conjunto o paquete de acciones) coherentes entre los diferentes intereses, regiones y horizontes de planificación. Esta herramienta permite incorporar, por ejemplo, consideraciones de cambio climático en el proceso de evaluación de

desempeño de las acciones.

3.4.1 Estructura del MTDP

El MTDP del PDCRT está constituido por las diferentes herramientas analíticas y la interfaz de visualización (Figura 17). Las herramientas analíticas que integran son: WEAP, REVAMP, y WASH flows. WEAP se constituye en la herramienta principal a la cual están acopladas el resto. El acople tiene una funcionalidad dinámica, lo que permite evaluar las acciones de manera integral y desde el enfoque de cuenca.

La interfaz de panel de decisiones y visualización de indicadores fueron implementadas en Shiny de RStudio³ que permiten crear aplicaciones web interactivas directamente desde R⁴. En el Panel de Decisiones se presentan las diferentes acciones de intervención, donde cada parte interesada puede seleccionar la acción de su interés. La interfaz de indicadores permite visualizar el desempeño de las acciones de intervención y posteriormente se lleva a cabo la evaluación y discusión entre las partes interesadas. El proceso iterativo facilita la construcción de estrategias de gestión en el marco de la formulación del PDCRT.

Modelo de Toma de Decisiones Participativa (MTDP) para la formulación de los Planes Directores de Cuenca

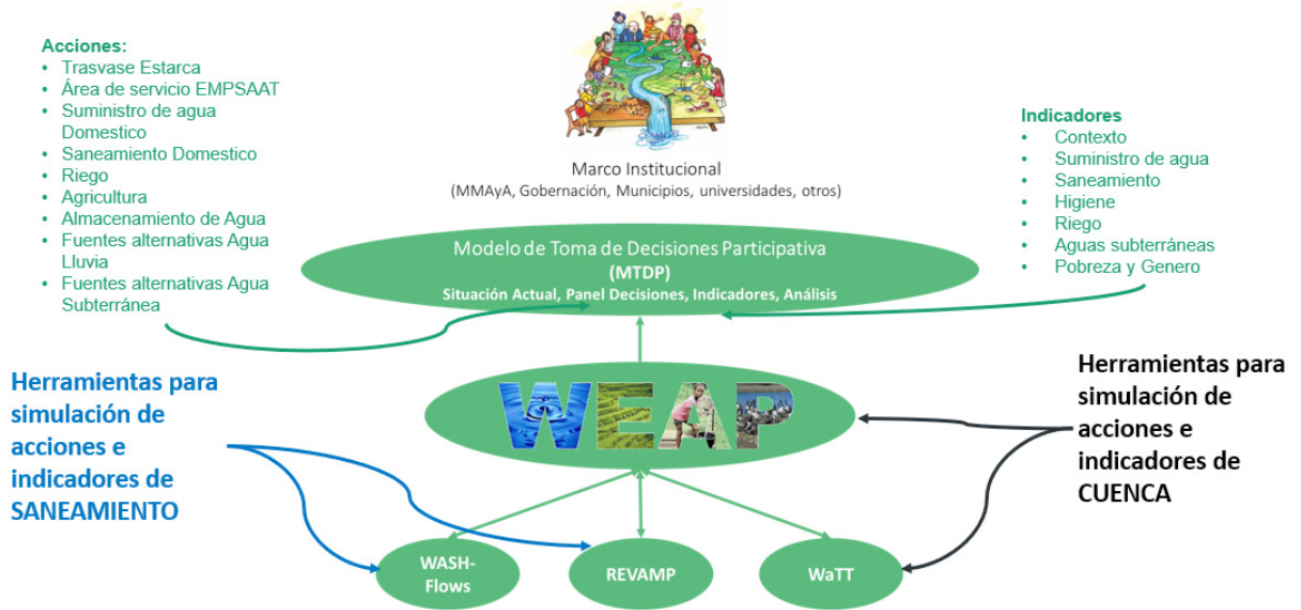


FIGURA 17. MODELO DE TOMA DE DECISIONES PARTICIPATIVA (MTDP) PARA FORMULACIÓN DEL PDCRT.

³ <https://shiny.rstudio.com/>

⁴ <https://cran.r-project.org/>

4 PROBLEMÁTICAS Y VULNERABILIDADES PRIORIZADAS EN LA CUENCA

Para la formulación de la problemática de la cuenca se aplicó el marco XLRM (Lempert et al. 2003). La aplicación de este marco permitió generar espacios participados, talleres, donde los actores tuvieron la oportunidad de discutir los principales problemas que enfrenta la cuenca relacionados con la gestión de los recursos hídricos. El punto de partida fueron los problemas identificados y priorizados en el PDCRT del 2018. Esta nueva revisión usando el marco XLRM permitió a los actores identificar problemáticas recientes, como por ejemplo las afectaciones de la infraestructura por las inundaciones.

Esta actividad requirió la implementación de dos talleres en la modalidad presencial, una en la ciudad de Tupiza y otra en Atocha. Ambos talleres se realizaron entre los meses mayo y junio del 2019. Los resultados de las discusiones fueron sistematizados en los siguientes temas centrales (**Figura 18**): agua y saneamiento, riego, minería, riesgos hidrológicos, funciones ambientales, institucionalidad, y equidad social y género. Asimismo, con base a los resultados se identificaron las principales incertidumbres (X) e indicadores de desempeño (M) que se muestran en la **Tabla 23**.

Incertidumbres (X)	Estrategias (L)
X1. Cambio climático para el horizonte 2022-2050 para el RCP8.5 para los GCMs X2. Crecimiento de población	
Herramientas analíticas (R)	Indicadores de desempeño (M)
	M1. Programa Conjunto de Monitoreo (JMP, por sus siglas en inglés) del abastecimiento de agua y el saneamiento M2. Área óptima bajo riego M3. Demanda de agua para riego M4. Índice de uso potencial de la Minería M4. Recurrencia de desastres M5. Áreas con degradación de sus funciones ambientales

TABLA 23. FORMULACIÓN DE INCERTIDUMBRES FUTURAS (X) E INDICADORES DE DESEMPEÑO (M)



FIGURA 18. PROBLEMÁTICAS Y VULNERABILIDADES PRIORIZADAS EN LA CUENCA

A continuación, se presenta y analiza la vulnerabilidad de la cuenca siguiendo los temas centrales y los indicadores de desempeño presentado en la Tabla 23.

4.1 Agua y saneamiento

Las problemáticas relacionadas con provisión de agua y saneamiento doméstico en la cuenca fueron identificadas a través de talleres participativos usando el marco XRLM, revisión bibliográfica, visitas en campo y encuestas. Las principales problemáticas identificadas fueron: i) La escasez de agua, ii) la falta de servicios de

agua y saneamiento en los hogares, iii) la falta de tratamiento de las aguas residuales y iv) la contaminación del agua.

Para cuantificar la dimensión de estas problemáticas primero se definieron indicadores clave basados en propuestas de la comunidad, previas experiencias de los profesionales y prácticas y reportes nacionales e internacionales (Tabla 24). Varios de estos reportes incluyen metas para estos indicadores que, bajo el marco de la metodología XLRM, se han denominado umbrales.

Indicadores suministro de agua	Indicadores de saneamiento	Indicadores de higiene
Demanda de agua	Generación de aguas residuales	Instalaciones para lavado de manos*
Suministro entregado de agua	Acceso a instalaciones sanitarias*	Disponibilidad de agua para lavado de manos*
Acceso a una fuente mejorada*	Tipo de desagüe en baños	Disponibilidad de jabón para lavado de manos*
Suministro de agua dentro de la propiedad*	Instalaciones sanitarias no compartidas*	
Disponibilidad de agua*	Instalaciones sanitarias dentro de la propiedad*	
Tiempo a la fuente*	Vaciado de instalaciones in-situ*	
Calidad de agua en la fuente*	Disposición final de lodos fecales*	
Modo de recolección de agua	Riesgos al acceder al baño	
Infraestructura de almacenamiento de agua	Acceso a instalaciones aptas de higiene menstrual	

*Subindicadores usados en el cálculo de niveles de servicio acordes a la metodología del Programa Conjunto OMS/UNICEF de Monitoreo del abastecimiento de agua, el saneamiento y la higiene.

TABLA 24. INDICADORES CLAVE DE SUMINISTRO DE AGUA, SANEAMIENTO E HIGIENE DOMÉSTICOS

Con la intención de calcular los valores actuales de estos indicadores se inició una recolección de datos, seguido de un post-procesamiento usando diferentes herramientas analíticas. La recolección de datos incluyó una extensiva encuesta en las comunidades, revisión de informes técnicos existentes e interacciones con autoridades locales y consultores trabajando en la cuenca. Los datos recolectados se sistematizaron, analizaron y se integraron a las herramientas WEAP, WASH Flows y REVAMP para obtener una estimación cuantitativa del estado actual de las condiciones de los servicios de agua y saneamiento con base en los indicadores antes definidos en el área de interés.

Cuando los valores calculados no alcanzan el umbral mínimo aceptable se dice que existe una vulnerabilidad. A continuación, se describe el estado actual de los sectores de agua, saneamiento e higiene domésticos en la cuenca y las vulnerabilidades identificadas.

Los cuerpos de agua modelados en la herramienta WEAP corresponden a los ríos mayores identificados en el modelo hidrológico de la cuenca del río Tupiza del MMAyA. Los ríos menores no se encuentran representados en WEAP. De las 38 comunidades mencionadas en la caracterización demográfica, 23 comunidades y el área urbana de Tupiza tienen una fuente de

agua representada en el modelo de WEAP. Por ser un análisis integrado, los resultados presentados en esta sección pertenecen a esas comunidades y la ciudad de Tupiza.

4.1.1 Provisión de agua doméstica

Para determinar la vulnerabilidad de las 23 comunidades y la ciudad de Tupiza respecto al indicador "suministro entregado de agua", se utilizaron como umbrales de referencia los rangos de dotación media diaria recomendados en la norma NB-689, según número de habitantes y condiciones socioeconómicas. Para la ciudad de Tupiza el suministro de agua promedio es bastante inferior al rango de dotación entre 100 y 150 l/hab-d recomendado en la norma NB-689 según sus condiciones socioeconómicas. Las comunidades de Yurcuma, San Miguel y Oploca tienen un suministro cercano al límite inferior del rango entre 30-70 l/hab-d que aparece en la norma; la comunidad de Gallego presenta una situación de vulnerabilidad alta debido al suministro entregado allí. Para las 19 comunidades adicionales (con menos de 500 habitantes) el rango de dotación debe estar entre 30 y 50 l/hab-d; tres de estas comunidades tienen un consumo superior al rango, mientras que ocho (8) de ellas se encuentran en estado de vulnerabilidad por consumo inferior a lo

establecido.

Los niveles de servicio de agua, se estimaron siguiendo el marco del Programa Conjunto de Monitoreo (JMP por sus siglas en inglés) establecido por la OMS y UNICEF, teniendo en cuenta datos sobre el tipo, ubicación y tiempo a la fuente, al igual que sobre la calidad y disponibilidad de agua en la misma. Para identificar la vulnerabilidad con relación a los servicios de agua, se utilizaron como umbrales las metas de cobertura de agua para el área urbana (95%) y rural (80%) establecidas en el Plan Sectorial de Desarrollo Integral (PSDI) del MMayA 2016-2020. Cabe mencionar que la meta de cobertura de agua del JMP al 2030 es del 100%. Los resultados muestran que, nueve (9) de las 23 comunidades incluidas en las herramientas analíticas presentan vulnerabilidad con relación a sus servicios de agua, ya que menos del 80% de los hogares encuestados acceden a servicios de agua gestionado de manera segura o básico establecidos por el JMP. Estas nueve (9) comunidades son: Angostura, Bolívar, Caracota, Chocaya, Cruz Pampa, Gallego, Tambillo alto, Torre Chica y Villa Providencia. En la **Figura 19** se pueden observar en detalle los niveles de servicio de agua encontrados en cada comunidad incluida en el análisis integrado.

Niveles de servicios de agua según criterios del Programa Conjunto de Monitoreo de la OMS y UNICEF (JMP)

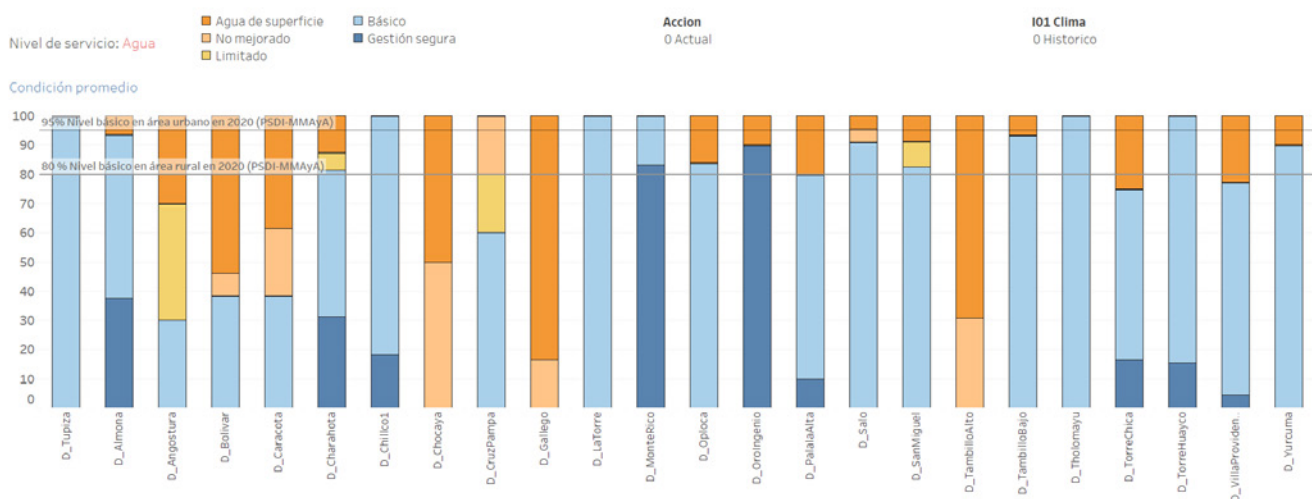


FIGURA 19. PROGRAMA CONJUNTO DE MONITOREO (JMP) AGUA – CALIDAD DEL SERVICIO DE AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA

4.1.2 Saneamiento doméstico

Usando datos sobre la infraestructura de saneamiento disponible en diferentes etapas de la cadena (p.ej. tipo y ubicación de baño, método de contención y transporte, tratamiento in-situ o centralizado) se calculó la carga contaminante de DBO por excretas que llegan al ambiente. Todas las comunidades incluidas en las herramientas analíticas presentan vulnerabilidad por su carga contaminante al ambiente con valores en el rango

10.1 – 15.1 kg DBO/hab-d siendo 12.8 kg DBO/hab-d la mediana.

Basado en los mismos datos mencionados anteriormente se estimaron los niveles de servicio de saneamiento siguiendo los lineamientos del JMP. Para identificar la vulnerabilidad con relación a los servicios de saneamiento se utilizaron como umbrales las metas de cobertura de saneamiento para el área urbana (70%) y

rural (60%) establecidas en el Plan Sectorial de Desarrollo Integral (PSDI) del MMAyA 2016-2020. Cabe mencionar que la meta de cobertura de saneamiento del JMP al 2030 es del 100%. De las comunidades evaluadas, en San Miguel, Tambillo Bajo y Yurcuma al menos el 60% de los hogares encuestados accede a un servicio de saneamiento básico o gestionado de manera segura. En lo que respecta a la ciudad de Tupiza más del 70% de los hogares encuestados acceden a un servicio

de saneamiento gestionado de manera segura. Las otras 20 comunidades se encuentran en estado de vulnerabilidad y sobresale que en promedio el 58% de los hogares en estas comunidades practican defecación a campo abierto, variando desde el 20% de los hogares en Tholomayu hasta el 100% en Chocaya. La **Figura 20** presenta los niveles de servicio de saneamiento encontrados en cada comunidad incluida el análisis integrado.

Niveles de servicios de saneamiento según criterios del Programa Conjunto de Monitoreo de la OMS y UNICEF (JMP)

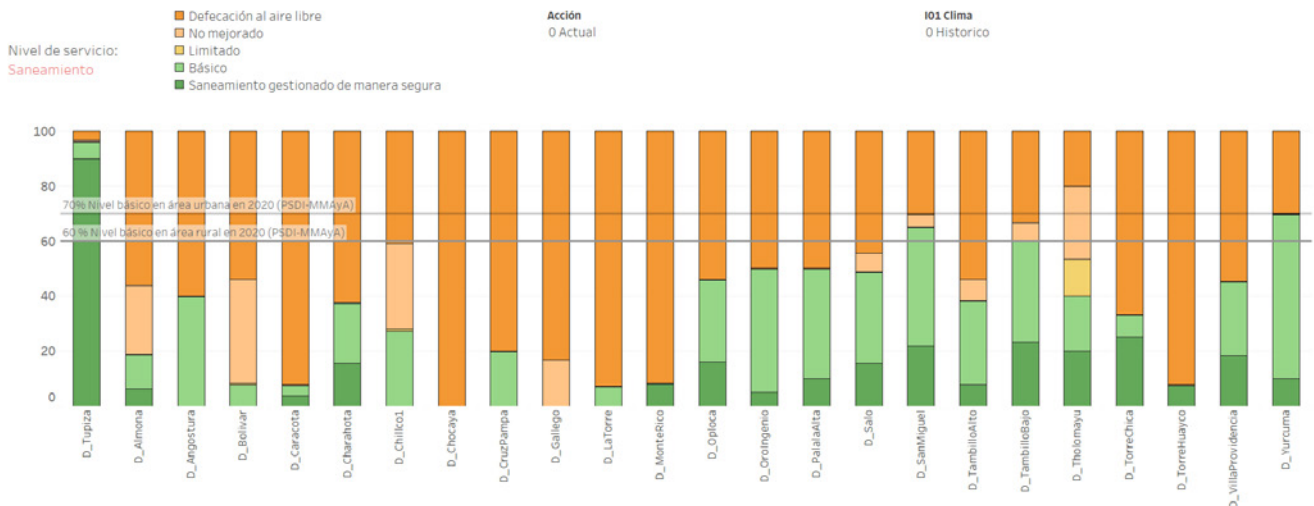


FIGURA 20. PROGRAMA CONJUNTO DE MONITOREO (JMP) SANEAMIENTO – CALIDAD DEL SERVICIO DE SANEAMIENTO EN LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA

4.1.3 Higiene

Para estimar el nivel de servicio de higiene se consideró la existencia de instalaciones para el lavado de manos y la disponibilidad de agua y de jabón para dicho fin, siguiendo la metodología propuesta por el JMP. En cinco (5) de las 23 comunidades al menos el 80% de la población tiene un nivel de servicio de higiene básico, mientras que las 18 comunidades restantes se encuentran en estado de vulnerabilidad. En la ciudad de Tupiza menos del 95% de los hogares

encuestados accede a un nivel de servicio de higiene básico por lo que también se encuentran en estado de vulnerabilidad. Debido a que no existen metas específicas para higiene en el PSDI MMAyA 2016-2020, los umbrales de 80% (rural) y 95% (urbano) se establecieron asumiendo que las intervenciones de agua deben ser complementadas por intervenciones de higiene. En la **Figura 21** se puede observar la distribución de niveles de servicio de higiene identificados para cada comunidad incluida en el análisis integrado.

Niveles de servicios de higiene según criterios del Programa Conjunto de Monitoreo de la OMS y UNICEF (JMP)

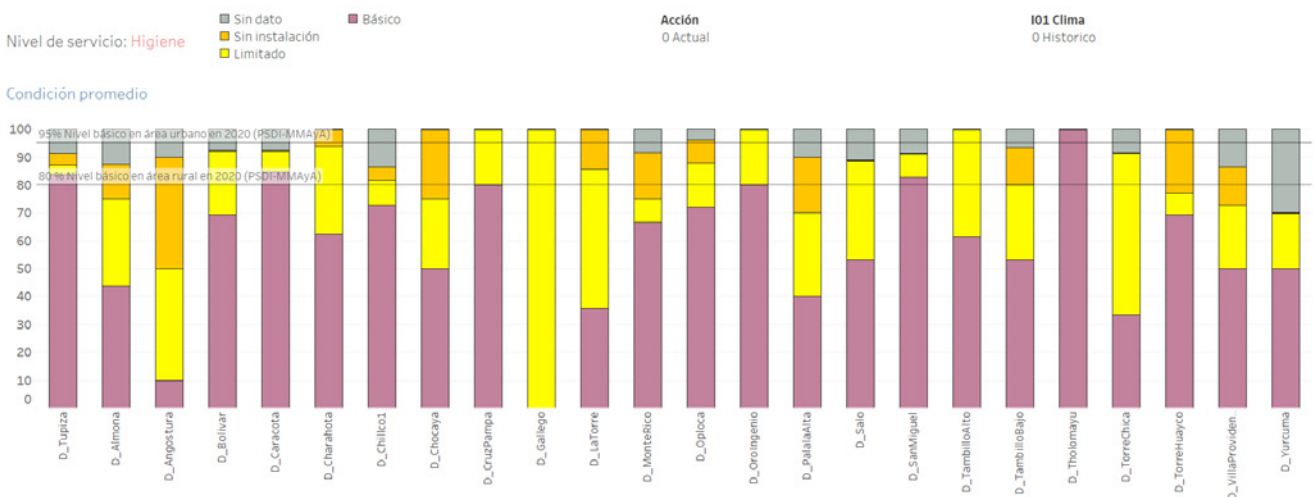


FIGURA 21. PROGRAMA CONJUNTO DE MONITOREO (JMP) HIGIENE – CALIDAD DEL SERVICIO DE HIGIENE EN LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA.

4.2 Riego

La demanda media de agua para riego en la cuenca alcanza un valor de 314,448 m³, de los cuales el 84% se concentra en las comunidades La Torre, Salo, San Miguel, Almona y Charahota. Bajo efectos de cambio climático, según el modelo IPSL-CM5A-LR se espera que la demanda aumente en todas las comunidades a mediano plazo. Los principales aumentos se presentarían en las comunidades Caracota (31%), Palala Alta (30%), Yurcuma y Bolívar

(29%), Tocloca, Angostura y Yurcuma (29%), Villa Providencia, Oploca y Torre Chica (24%) y Entre Ríos (21%). Por otra parte, el modelo CMCC-CM estima disminuciones de la demanda para riego en las comunidades Almona (9%), Salo (8%), San Miguel (8%), La Torre (8%) y Charahota (4%). En este caso, los mayores aumentos (15%) se presentarían en las comunidades Caracota y Palala Alta. En la **Figura 22** se presenta la demanda media en la cuenca del río Tupiza y las variaciones porcentuales que se darían bajo efectos del cambio climático.

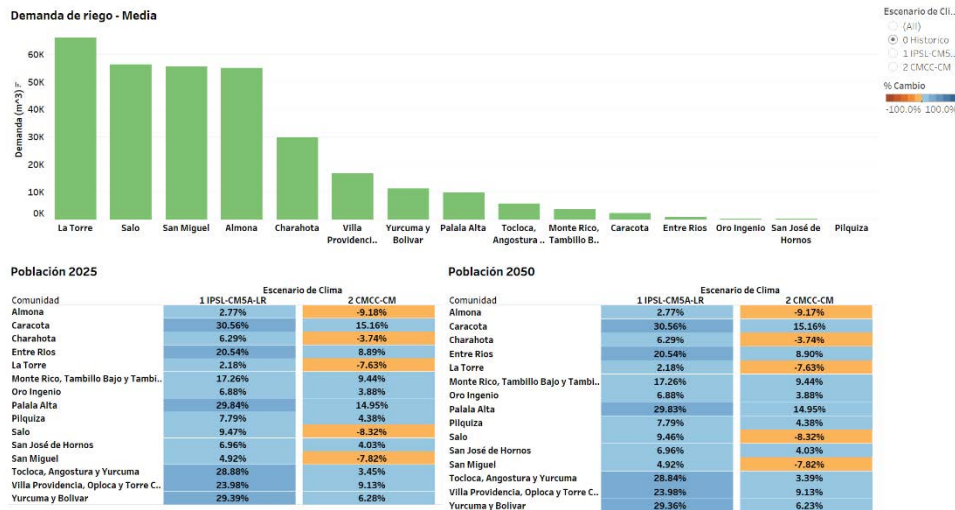


FIGURA 22. DEMANDA DE AGUA PARA RIEGO HISTÓRICA EN LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA Y VARIACIÓN PORCENTUAL BAJO EFECTOS DE CAMBIO CLIMÁTICO.

En la **Figura 23**, se presenta el área óptima histórica en la cuenca del río Tupiza y la variación porcentual que presentaría bajo efectos de cambio climático. En el periodo histórico, el área óptima de riego promedio corresponde a un 24% del área regable, la cual tiene una extensión de 1,933 hectáreas. La cobertura es del 100% en las comunidades de San José de Hornos, Oro Ingenio y Pilquiza. Entre tanto en las comunidades La Torre, Charahota y San Miguel, dicho valor solo representa entre 1% y 3%.

Bajo escenarios de cambio climático, considerando la población proyectada a mediano plazo (población 2025), el modelo IPSL-CM5A-LR informa posibles disminuciones en el área óptima bajo riego en la totalidad de las comunidades, excepto en San Miguel en la que se estima un aumento del 2.74%. En las comunidades Oro Ingenio y San José de Hornos no se observa cambio. Los cambios de mayor magnitud se presentarían en las comunidades Caracota, Entre Ríos, Yurcuma y Bolívar, con disminuciones equivalentes al 16%, 14% y 13%, respectivamente. En los resultados

del modelo CMCC-CM, se observan aumentos y disminuciones, así como diferencias de magnitud con respecto al modelo IPSL-CM5A-LR, esto podría deberse a la consideración de niveles superiores de precipitación. Según los resultados, las comunidades Characota, La Torre, Salo, San Miguel, Tocloca, Angostura y Yurcuma, presentarían aumentos en el área óptima bajo riego, siendo el mayor el correspondiente a la comunidad San Miguel, donde se estima un incremento del 22%. En las comunidades restantes se estima una disminución, presentándose mayores fluctuaciones en las comunidades Caracota (7%), Entre Ríos (6%) y Palala Alta (6%). Como en el modelo anterior, el modelo CMCC-CM tampoco indica cambios en las comunidades Oro Ingenio y San José de Hornos, en las cuales no se presenta déficit de agua ya que sus áreas óptimas bajo riego igualan su superficie regable. Los resultados anteriores asociados a las comunidades Caracota y Entre Ríos son consistentes con los obtenidos con el modelo IPSL-CM5A-LR, lo cual permite inferir que en estas comunidades se presentaría la mayor

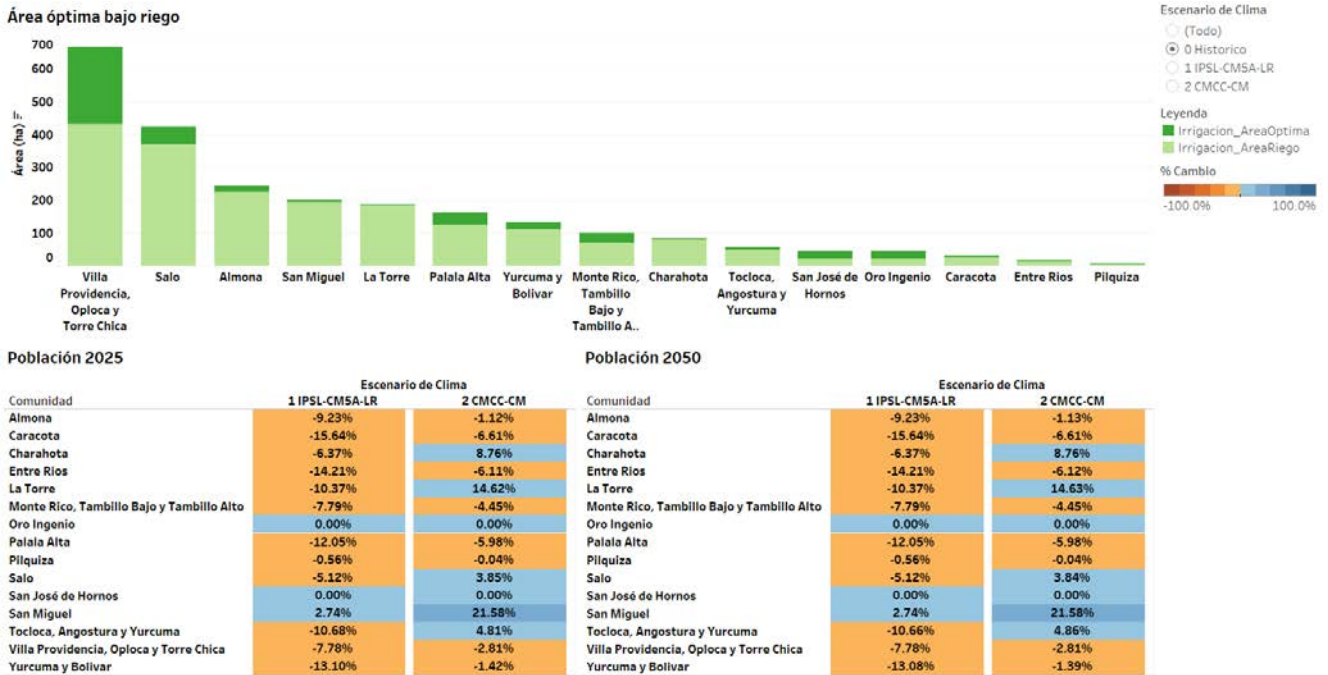


FIGURA 23. ÁREA ÓPTIMA BAJO RIEGO HISTÓRICA EN LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA Y VARIACIÓN PORCENTUAL BAJO EFECTOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

disminución del área óptima bajo riego.

A largo plazo (población 2050), los resultados no varían significativamente en comparación con los obtenidos para mediano plazo (población 2025), conservando valores constantes.

4.3 Minería

La actividad minera en la cuenca del río Tupiza, aunque contribuye en los ingresos económicos de la región, también genera impactos ambientales negativos considerables para la calidad del agua para diversos usos. A partir del análisis de conectividad realizado, se puede visualizar el impacto acumulativo de las actividades mineras no solamente desde su ubicación geográfica, sino que también es posible observar cómo se transfiere espacialmente a toda la cuenca. En la **Figura 24**, se observa que los tramos del río bajo mayor presión ambiental (indicados por los rangos de valores más altos) son justamente los que tienen concesiones mineras. Sin embargo, el impacto de la actividad minera no se restringe a esas regiones y se expande hacia otras, como las de mayor número de habitantes (área urbana de Tupiza).

En términos socioeconómicos, la minería a pequeña escala no regulada ofrece una alternativa para generar ingresos en los hogares rurales, aunque las aguas residuales de la industria amenazan la calidad del agua. Las comunidades

remotas en las áreas rurales y algunas de ellas participan en las actividades mineras. La actividad minera es percibida una alternativa para obtener mejores ingresos que la actividad agrícola que es una actividad vulnerable a los impactos climáticos y a la falta de disponibilidad de agua. Si bien la minería puede traer mejores beneficios monetarios, puede causar la degradación de los flujos ecológicos a partir de las aguas residuales producidas que puede impactar negativamente la calidad del agua disponible y la salud de estas comunidades.

Índice de uso potencial del territorio por la minería (IUPM)

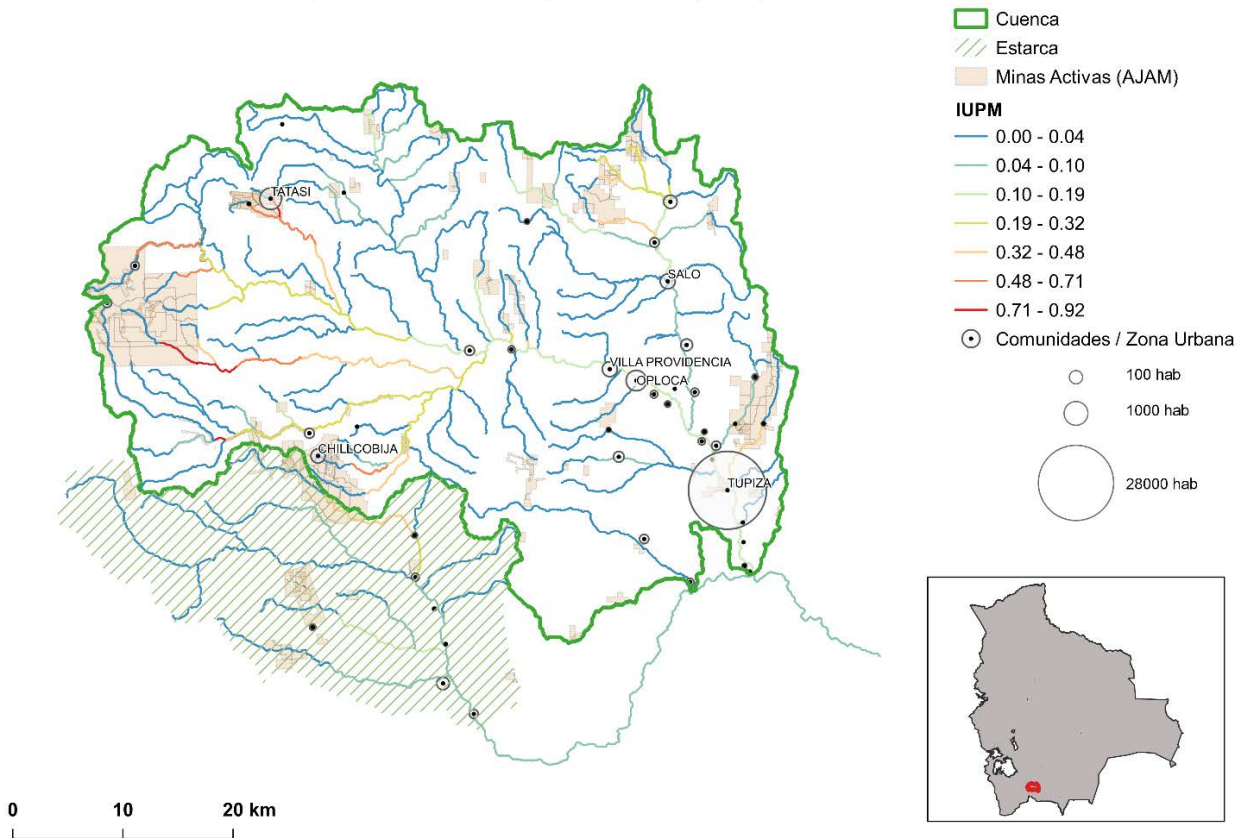


FIGURA 24. ÍNDICE DE USO POTENCIAL DE LA MINERÍA EN LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA

4.4 Riesgos hidroclimáticos

Históricamente, la cuenca del río Tupiza ha sido afectada principalmente por inundaciones, sequías, granizadas, heladas y riadas. En la Tabla 25 se muestra el registro disponible de los eventos históricos, en la misma se puede observar que en la última década, sucedieron tres eventos particularmente severos. El primero corresponde a una inundación en el 2016, que afectó a los municipios de Tupiza, y Cotagaita y ocasionó pérdidas considerables en las cosechas, cultivos y terrenos productivos de aproximadamente 1,500 familias. El segundo ocurrió en los años 2017 (finales) y 2018 (principios) con un evento de inundación en el cual el río Tupiza presentó dos crecidas extraordinarias, la primera (finales

de 2017) destruyó viviendas en la parte alta de la ciudad de Tupiza, y en la parte baja, donde se ubica la planta de tratamiento de aguas residuales, destruyó un tramo del emisario, inundó y dañó las lagunas facultativas con lodo, materiales de las viviendas, enseres domésticos, pedrones y basura. Durante la gestión 2018, se ejecutaron labores para rehabilitar el tratamiento de aguas residuales, sin embargo, a días de reiniciar operaciones, un nuevo evento de inundación (5 de enero del 2019), destruyó nuevamente el emisario, inundando las lagunas, destruyendo las geomembranas, obstruyendo los canales; con el consiguiente perjuicio de continuar evacuando las aguas residuales sin tratar y contaminar al río Tupiza.

Año	Tipo de evento	Municipio	Recurrencia	Fuente
1979	Inundación	Tupiza	1	desinventar.org
1992	Epidemia Cólera	Tupiza	1	desinventar.org
1994	Epidemia Cólera	Tupiza	2	desinventar.org

Año	Tipo de evento	Municipio	Recurrencia	Fuente
2004	Inundación	Tupiza	2	desinventar.org
2004	Inundación	Tupiza	3	desinventar.org
2005	Inundación	Tupiza	4	desinventar.org
2006	Inundación	Tupiza	5	desinventar.org
2007	Inundación	Atocha	6	desinventar.org
2008	Granizada	Tupiza	1	desinventar.org
2008	Inundación	Tupiza	7	desinventar.org
2008	Inundación	Atocha	8	desinventar.org
2009	Granizada	Atocha	2	desinventar.org
2009	Riada	Tupiza	9	desinventar.org
2010	Riada	Tupiza	10	desinventar.org
2011	Helada	Tupiza	1	desinventar.org
2011	Granizada	Atocha	3	desinventar.org
2013	Riada	Tupiza	11	GAM-Tupiza
2014	Heladas	Tupiza	2	GAM-Tupiza
2014	Sequía	Tupiza	1	GAM-Tupiza
2016	Inundación	Tupiza	12	GAM-Tupiza
2016	Heladas	Tupiza	3	GAM-Tupiza
2016	Granizada	Tupiza	4	GAM-Tupiza
2018	Inundación	Tupiza	13	GAM-Tupiza
2018	Heladas	Tupiza	4	GAM-Tupiza
2019	Inundación	Tupiza	14	La Razón

Fuente: Desinventar.org, GAM-Tupiza y La Razón

TABLA 25. RESUMEN DE EVENTOS HISTÓRICOS CON EFECTOS DESASTROSOS EN LA CUENCA TUPIZA

Tomando en cuenta los diferentes eventos que se registraron en la cuenca de acuerdo con el cuadro anterior, en las siguientes secciones se realiza una descripción para cada tipo de evento.

4.4.1 Inundaciones

Las afectaciones causadas por inundaciones a nivel de las comunidades y del área urbana se

muestra en la **Tabla 26**. Estos datos corresponden a las afectaciones y pérdidas contenidas en la base de datos de desinventar.org. De acuerdo con estos datos, las inundaciones generaron afectaciones en la agricultura y la infraestructura. Entre los años 2008 y 2009 un total de 618 familias fueron afectadas por las inundaciones.

Evento	Comunidad	Fecha	Damnificados	Daños en producción	Daños en infraestructura
1979	Tupiza	14/2/1979	S/D	Daños en plantaciones de maíz cereales tubérculos y hortalizas	Daños en los sistemas de transporte (camino y vías férreas), así como en viviendas
2004	Tupiza	30/3/2004	144 familias		6 barrios inundados
2005	Palala Alta	13/12/2005	1 persona fallecida, 31 familias	26 hectáreas pierden el 80% de producción de papa, haba, maíz y hortalizas.	Sistema de agua colapsado, 4 viviendas destruidas y 400 m de defensivo destruidos.
2006	Oploca	2/1/2006	1 persona fallecida	S/D	S/D
2008	Entre Ríos	28/1/2008	100 familias	Daños en cultivos	S/D
	San Miguel	21/1/2008	245 familias (dos comunidades)	14 hectáreas pierden el 80% - 90% de productos	S/D
2009	Choroma	20/1/2009	273 familias	48 hectáreas de papa, haba y maíz	S/D
	San José de Hornos				
	Torre Chica				
	Pilquiza				

TABLA 26. AFECTACIONES Y PÉRDIDAS POR INUNDACIÓN EN LA CUENCA TUPIZA DE FUENTE DESINVENTAR.ORG

Los registros de las afectaciones y pérdidas en la última década fueron registrados por el Gobierno Autónomo Municipal (GAM) de Tupiza. En el año 2013, 11 comunidades sufrieron afectaciones por las inundaciones. Asimismo, en el año 2018 los daños afectaron un número mayor de comunidades, las inundaciones generaron grandes pérdidas y daños en la infraestructura de los sistemas de riego, principalmente en aquellos que están ubicados en las terrazas fluviales del río Tupiza. Además, hubo grandes afectaciones a los defensivos rústicos que tenían por objetivo proteger los terrenos agrícolas, asentamientos e infraestructura como sistemas de agua potable. De esta manera, el territorio quedó muy vulnerable para nuevos eventos de inundación. Debido a este evento algunas comunidades quedaron sin el suministro de agua, de las cuales muchas siguen en las mismas condiciones. En la **Tabla 27** se presentan los detalles de las afectaciones y pérdidas.

Año	Comunidad	Fecha	Familias	Área cultivo (Ha)	Pérdida de cultivo (%)	Tipo de cultivo	Daños en infraestructura
2013	Angostura	2/2/2013	20	S/D	S/D	S/D	300 m de canal de riego
	Villa Providencia	10/2/2013	17	5	90	maíz	S/D
	Entre Ríos	2/2/2013	23	2	95	hortalizas	S/D
	Tambillo Bajo	12/2/2013	20	S/D	S/D	S/D	70 m de defensivos
	Oploca	3/2/2013	20	2	75	maíz	S/D
	Almona	29/1/2013	37	6	95	haba	S/D
	San José de Hornos	2/2/2013	105	25	90	maíz	S/D
	Torre Chica	3/2/2013	18	S/D	S/D	S/D	Daño en vivienda y en tierras de cultivos
	Chifloca	23/1/2013	35	S/D	S/D	S/D	Sistema de agua potable colapsado
	Tapaxa	12/2/2013	19	2	25	maíz	50 m de defensivo destruidos
	San Miguel de Porco	11/2/2013	19	2	10	maíz	500 m de sistema de riego 50 m de defensivos destruidos
2016	Angostura	7/2/2016	10	S/D	70	maíz y hortalizas	S/D
	Entre Ríos	7/2/2016	18	S/D	70	maíz y hortalizas	S/D
	Oploca	7/2/2016	50	S/D	40	maíz y hortalizas	S/D
2018	Angostura	31/1/2018	35	3	100	maíz	Sistema de Riego
							Defensivos rústicos
							Sistema de agua potable
	Villa Providencia	31/1/2018	53	4	20	maíz	Defensivos rústicos
	Oro Ingenio	31/1/2018	39	4	50	maíz	Sistema de riego
							Muros rústicos
							Sistema de agua potable
	Entre Ríos	31/1/2018	24	6	100	maíz	Sistema de riego
							Defensivos rústicos
	Oploca	31/1/2018	21	16	4	maíz, alfa	14 viviendas destruidas
							Sistema de riego
							Muros rústicos
							Sistema de agua potable
	San José De Hornos	31/1/2018	35	3	70	maíz	Sistema de riego
Muros rústicos							
Sistema de agua potable							
Tupiza	31/1/2018	50	S/D	S/D	S/D	37 viviendas destruidas	
Torre Chica	31/1/2018	10	2	60	maíz	Sistema de riego	
						Defensivos rústicos	
Monte Rico	31/1/2018	31	2	20	maíz	Sistema de riego	
						Defensivos rústicos	
						Sistema de agua potable	
Tambillo Alto	31/1/2018	16	5	43	maíz, haba	Sistema de riego	
						Defensivos rústicos	
Yurcuma	31/1/2018	35	14	73	maíz	Defensivos rústicos	
Palquisa	31/1/2018	29	15	70	maíz, papa y hortalizas	Sistema de riego	
						Defensivos rústicos	
						Sistema de agua potable	

Año	Comunidad	Fecha	Familias	Área cultivo (Ha)	Pérdida de cultivo (%)	Tipo de cultivo	Daños en infraestructura
2018	Palquiyo	31/1/2018	29	15	70	maíz, papa y hortalizas	Sistema de riego
							Defensivos rústicos
							Sistema de agua potable
	Tapaxa	31/1/2018	3	1	37	maíz, papa	Sistema de riego
							Defensivos rústicos
	San Marcos de Pajchi	31/1/2018	1	1	30	haba	Sistema de riego
Defensivos rústicos							

TABLA 27. AFECTACIONES Y PÉRDIDAS POR INUNDACIÓN EN LA CUENCA TUPIZA DE FUENTE GAM TUPIZA

4.4.2 Heladas y granizadas

En la cuenca Tupiza, las heladas también generan grandes pérdidas en la agricultura. De acuerdo con la base de datos de los registros de las afectaciones y pérdidas (Tabla 28), en el año 2018 la helada afectó aproximadamente entre el 60 y 70% de los cultivos de maíz en diferentes comunidades. Esta helada sucedió

el 5 de diciembre del 2018 cuando el cultivo de maíz estaba en pleno desarrollo, lo que implicó pérdidas irreversibles en la productividad en la etapa de cosecha. De acuerdo con los registros de la base de datos, la agricultura también fue afectada por granizadas en eventos registrados en los años 2008, 2009 y 2016 (Tabla 29).

Evento	Comunidad	Fecha	Familias afectadas	Área afectada (Ha)	Pérdida de cultivo (%)	Tipo de cultivo
2011	Monte Rico	1/4/2011	S/D	S/D	S/D	S/D
2014	Oro Ingenio	S/D	22	S/D	35	maíz
	Entre Ríos	S/D	10	S/D	20	maíz
	Salo	S/D	27	S/D	40	maíz
	Almona	S/D	15	S/D	20	maíz
	San José de Hornos	S/D	28	S/D	35	maíz
	Torre Chica	S/D	28	S/D	35	maíz
	Palquisa	S/D	15	S/D	30	maíz
	Palquiyo	S/D	32	S/D	40	maíz
	Tapaxa	S/D	24	S/D	45	maíz
	San Miguel de Porco	S/D	14	S/D	40	maíz
San Marcos de Pajchi	S/D	11	S/D	40	maíz	
2016	La Torre	22/1/2016	15	S/D	40	maíz, papa
	Villa Providencia	22/1/2016	52	S/D	60	maíz
	Salo	22/1/2016	27	S/D	40	maíz, haba
	Oploca	22/1/2016	120	S/D	35	maíz
	Caracota	22/1/2016	5	S/D	35	maíz
	Almona	22/1/2016	15	S/D	30	maíz
	San José de Hornos	22/1/2016	45	S/D	30	maíz
2018	La Torre	5/12/2018	40	5	60	maíz
	Villa Providencia	5/12/2018	76	7	75	maíz
	Oro Ingenio	5/12/2018	40	4	70	maíz
	Salo	5/12/2018	43	3	60	maíz
	Oploca	5/12/2018	115	6	70	maíz
	Torre Wayco	5/12/2018	24	2	60	maíz
	Almona	5/12/2018	41	3	55	maíz
	San José de Hornos	5/12/2018	33	4	75	maíz
Torre Chica	5/12/2018	56	8	75	maíz	

Evento	Comunidad	Fecha	Familias afectadas	Área afectada (Ha)	Pérdida de cultivo (%)	Tipo de cultivo
2018	San Miguel	5/12/2018	50	4	65	maíz
	Monte Rico	5/12/2018	32	4	65	maíz
	Pilquiza	5/12/2018	9	1	55	maíz
	Charahota	5/12/2018	34	3	60	maíz
	Chifloca	5/12/2018	46	6	75	maíz
	Palquisa	5/12/2018	0	4	65	maíz
	Palquiyoi	5/12/2018	40	4	75	maíz
	Tapaxa	5/12/2018	39	5	75	maíz
	Escorno	5/12/2018	10	2	70	maíz
	Cucho	5/12/2018	12	2	75	maíz

TABLA 28. AFECTACIONES Y PÉRDIDAS POR HELADAS EN LA CUENCA TUPIZA SEGÚN EL GAM TUPIZA

Evento	Comunidad	Fecha	Afectaciones
2008	Tupiza	12/2/2008	Varias comunidades con daños en 168 hectáreas de cultivos de maíz y hortalizas
	Villa providencia	3/1/2008	Entre todas las comunidades 1.885 productores damnificados
	Palquiyoi		
	Tapaxa		
	Cucho		
2009	Chifloca	20/1/2009	132 familias de las 3 comunidades, con daños en 48 hectáreas de cultivos de papa, haba y maíz
	Palquiyoi		
	Escorno		
2016	Torre Wayco	19/1/2016	14 familias de productores sufrieron la pérdida del 40% de sus cultivos de maíz

TABLA 29. AFECTACIONES Y PÉRDIDAS POR GRANIZADAS EN LA CUENCA TUPIZA SEGÚN EL GAM TUPIZA Y DESINVENTAR.ORG

4.5 Funciones Ambientales

Para la planificación de cuencas desde una perspectiva de la GIRH, debe considerarse que las acciones a implementar deben estar enmarcadas en un conjunto de medidas dirigidas y concertadas en función de las necesidades emergentes de las cuencas. Por lo que, es necesaria la aplicación de una metodología de priorización de cuencas, puesto que los recursos para el desarrollo de dichas acciones suelen ser escasos. En consecuencia, la priorización hace más eficiente la asignación de los recursos para las cuencas que lo requieren con mayor urgencia y permite una mejor toma de decisiones.

La metodología de priorización de cuencas utilizada corresponde a un análisis espacial multicriterio como un instrumento para la evaluación de distintas posibilidades que permitan la priorización de escenarios susceptibles a la aplicación de medidas de manejo, conservación y desarrollo. Esto implica que se considere un número variable de criterios que pueden tener o no una relación constante con su entorno

en términos de aspectos biofísicos, sociales, políticos, entre otros. De manera que, se requiere de la sistematización y homogeneización de la información (cualitativa y cuantitativa) que caracteriza a la cuenca, para la elaboración de una matriz de priorización ponderada en diferentes niveles.

Para la identificación y selección de los criterios e indicadores a utilizar en la metodología de priorización se requiere un proceso de consulta y discusión con un equipo multidisciplinario. Inicialmente, se elabora un listado preliminar de criterios, clasificándolos en socioeconómicos, ambientales, biofísicos, entre otros y se conforman tres niveles de análisis con éstos: 1) Nivel 1 – Componente o dimensión general, 2) Nivel 2 – Variables o factores que forma parte de un componente general y 3) Nivel 3 – Unidades que caracterizan a cada variable de acuerdo con su naturaleza de información (**Figura 25**).

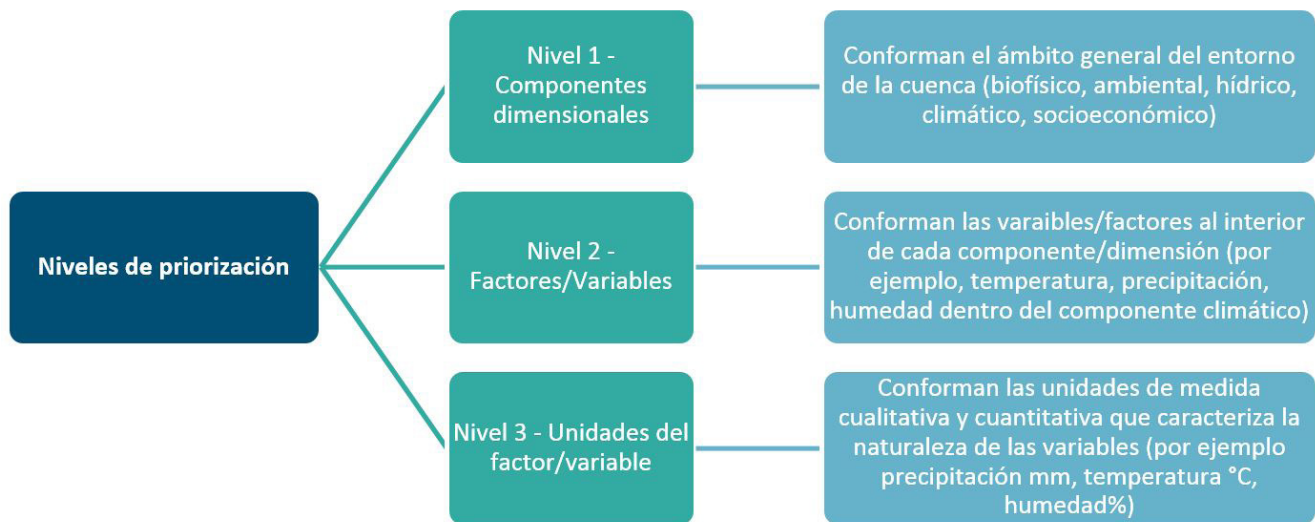


FIGURA 25. NIVELES DE ANÁLISIS PARA LA PRIORIZACIÓN DE CUENCAS

Una vez se tienen identificados los elementos de cada uno de los niveles, se resume la información con la construcción de una matriz de priorización desde el nivel uno (1) hasta el nivel tres (3). Corresponde entonces a una planilla donde se exponen y se desglosan los tres niveles de priorización, considerando que esta matriz también presenta la ponderación numérica para cada una de las unidades de cada variable de cada componente. Para dicha ponderación, se le asigna un valor a cada uno de los niveles y se obtiene un valor final correspondiente a la suma de los valores asignados a cada nivel, es decir, la suma del componente más la variable o factor más la unidad.

Los resultados de la matriz de priorización se georreferencian para la elaboración de un análisis en un sistema de información geográfica (SIG) con todos los mapas de la cuenca como el mapa de cobertura, mapa de pendiente del terreno,

mapa de calidad de agua, entre otros. De forma que, se consolida un solo mapa ponderado que es clasificado en niveles de priorización bajo, medio, alto y muy alto. A partir de dicho mapa, se realiza el proceso de socialización y concertación con los actores involucrados para la validación del mapa de acuerdo con su percepción local y se realizan los correspondientes ajustes al modelo de priorización presentado. Finalmente, se obtiene como resultado el mapa priorizado de la cuenca.

4.5.1 Priorización de las microcuencas

Para el modelo de priorización de la cuenca del río Tupiza se utilizaron cinco (5) criterios diferentes, los cuales se dividieron en categorías más específicas: 1) Biofísico, 2) Hidroclimático, 3) Ambiental y riesgos, 4) Socioeconómico e 5) Infraestructura y proyectos. Con base en estos criterios, se plantearon ocho (8) componentes generales para la cuenca, conformados a su vez por 26 factores o variables (**Tabla 30**).

Componente – Nivel 1	Factor/Variable – Nivel 2	Unidades – Nivel 3
Biofísico	Vegetación	Unidades de vegetación
	Geomorfología	Unidades geomorfológicas
	Fisiografía	Unidades fisiográficas
	Suelos y geología	Unidades de suelos y geología
	Cobertura y uso	Unidades de cobertura y uso
	Pendiente	Valores de rangos de pendiente (%)
	Hipsografía (250 metros)	Valores de rangos de alturas (msnm)
Climático	Precipitación	Rangos de valores de precipitación (mm)
	Temperatura	Rangos de valores de temperatura (°C)
	Viento (anual)	Rangos de valores de velocidad del viento
Hídrico	Cuerpos de agua	Cantidad de cuerpos de agua
	Densidad hídrica	Densidad de drenajes
	Superficie UH	Rangos de superficie de UH
	Potencial hídrico	Rangos de potencial hídrico

Componente – Nivel 1	Factor/Variable – Nivel 2	Unidades – Nivel 3
Riesgos	Helada	Categorías de nivel de riesgo
	Sequía	Categorías de nivel de riesgo
Ambiental	Contaminación minera	Presencia de acciones contaminantes
	Concesiones mineras	Presencia de concesiones mineras
	Calidad del agua	Niveles de calidad hídrica
Infraestructura	Infraestructura vial	Estructuración y tipo de vía
Socioeconómico	Densidad poblacional	Rangos de densidad poblacional (hab/ha)
	Educación (niveles)	Unidades educativas y niveles
	Necesidades básicas insatisfechas	Rangos de calores de NBI
	Priorización local (entrevistas)	Resultados de encuestas de campo
Proyectos	Proyectos relacionados MIC	Presencia de proyectos MIC

TABLA 30. CRITERIOS UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE PRIORIZACIÓN DE MICROCUENCAS DE LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA

Debido a que son ocho (8) los componentes generales del modelo de priorización, la ponderación se realizó con valores comprendidos entre uno (1) y ocho (8), los cuales fueron asignados de acuerdo con la menor o mayor importancia que tienen sobre el entorno espacial de la cuenca; donde uno (1) corresponde al componente de menor importancia y ocho (8) al de mayor. Asimismo, la ponderación de los factores o variables se realizó asignando valores según la cantidad que existan de éstos por componente. Por ejemplo, el componente biofísico está compuesto por siete (7) factores/variables entonces los valores para la ponderación de este componente en este nivel están comprendidos entre uno (1) y siete (7) según la importancia de cada uno (este procedimiento se repitió para cada componente según la cantidad de factores/variables). En cuanto al nivel tres (3) correspondiente a las unidades, se asignaron valores entre uno (1) y cinco (5) sin discriminar cuantas unidades tuviera el factor/variable analizado.

Una vez se realizó la ponderación para cada una de las unidades de las variables de cada componente se calculó la suma de las 26 variables del modelo ponderadas en un SIG, obteniendo un solo mapa de valores ponderados, en el que se obtuvieron valores entre 244 y 293. Las zonas con los mayores valores presentan mejores condiciones en términos de vinculación, población, educación y servicios (considerando que estas zonas son las de menor superficie con respecto a toda la cuenca); mientras que las zonas con los valores más bajos presentan las condiciones más desfavorables en cuanto al componente climático, hídrico, socioeconómico y de infraestructura. Posteriormente, los valores ponderados se clasificaron en cuatro (4) clases

de igual tamaño dividiendo el rango entre 244 y 293 en cuatro (4) partes iguales; donde cada clase corresponde a un nivel de priorización entre bajo, medio, alto y muy alto. Estos niveles de priorización se obtuvieron para cada una de las microcuencas obtenidas con la delimitación de la cuenca realizada con la implementación del método Pfafstetter (57 microcuencas de nivel 5 y 6).

Con la implementación de este análisis multicriterio para la priorización de las microcuencas, se pudo observar que cinco (5) microcuencas presentaban un nivel de priorización muy alto. Sin embargo, tras el proceso de socialización y concertación se llegó a la conclusión de priorizar siete (7) microcuencas correspondientes a los municipios de Tupiza, Atocha y Cotagaita, que son: 1) Qda. Palala, 2) Parte alta de la desembocadura del río Tupiza, 3) Cabecera de la desembocadura del río Tupiza, 4) Parte alta del río Salo, 5) Qda. Negra, 6) Cabecera del río Salo y 7) Río Tatasi. Estas microcuencas fueron agrupadas en función de la colindancia geográfica, continuidad y conexión de la red hídrica y superficie, considerando que debe ser cercana a los 100 km². En consecuencia, se obtuvieron tres (3) microcuencas priorizadas, conocidas localmente como: 1) Cuenca Palala – Tambillo (agrupación de unidades hidrográficas 6, 7 y 9), 2) Cuenca Cabecera del río Salo (agrupación de unidades geográficas 16, 17 y 18) y 3) Cuenca Tatasi (unidad hidrográfica 48). Cabe resaltar que, aunque dos de las agrupaciones superan los 100 km² de superficie, se concluyó que era conveniente la agrupación de estas unidades hidrográficas debido a los proyectos estratégicos que se desarrollan en la zona y por temas de empoderamiento social de los beneficiarios (Tabla 31).

Unidades hidrográficas		UH Concertada	Superficie (km ²)	Rango de altitud (msnm)	Municipio
Nº	Microcuenca				
6	Qda. Palala	Cuenca Palala – Tambillo	114.19	4516 – 3015	Tupiza
7	Parte Alta Desemb. Río Tupiza				Tupiza
9	Cabecera Desemb. Río Tupiza				Tupiza
16	Parte Alta Río Salo	Cuenca Cabecera del Río Salo	152.01	3950 – 3420	Tupiza
17	Qda. Negra				Tupiza
18	Cabecera Río Salo				Tupiza/Cotagaita
48	Río Tatasi	Cuenca del Río Tatasi	82.48	4471 – 3622	Atocha

TABLA 31. PRIORIZACIÓN DE MICROCUENCAS EN EL PROCESO DE CONCERTACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA

El trabajo de socialización y concertación se realizó con la parte técnica del municipio de Tupiza, del municipio de Yocalla y con la Gobernación de Potosí. En esta concertación también se planteó un orden de prioridad de intervención en la cuenca del río Tupiza, de acuerdo al siguiente detalle:

- Prioridad 1 – Microcuenca Cabecera del río Salo: Protección de biodiversidad en cabeceras y fuentes de agua para la producción agrícola bajo riego.

- Prioridad 2 – Microcuenca del río Tatasi: Reversión de los procesos de erosión y mejora de la gestión del agua para producción.

- Prioridad 3 – Microcuenca Pálala Tambillo: Protección de biodiversidad en cabeceras y fuentes de agua para la producción agrícola bajo riego.

En la **Figura 26** se presenta el mapa de unidades hidrográficas priorizadas y concertadas.

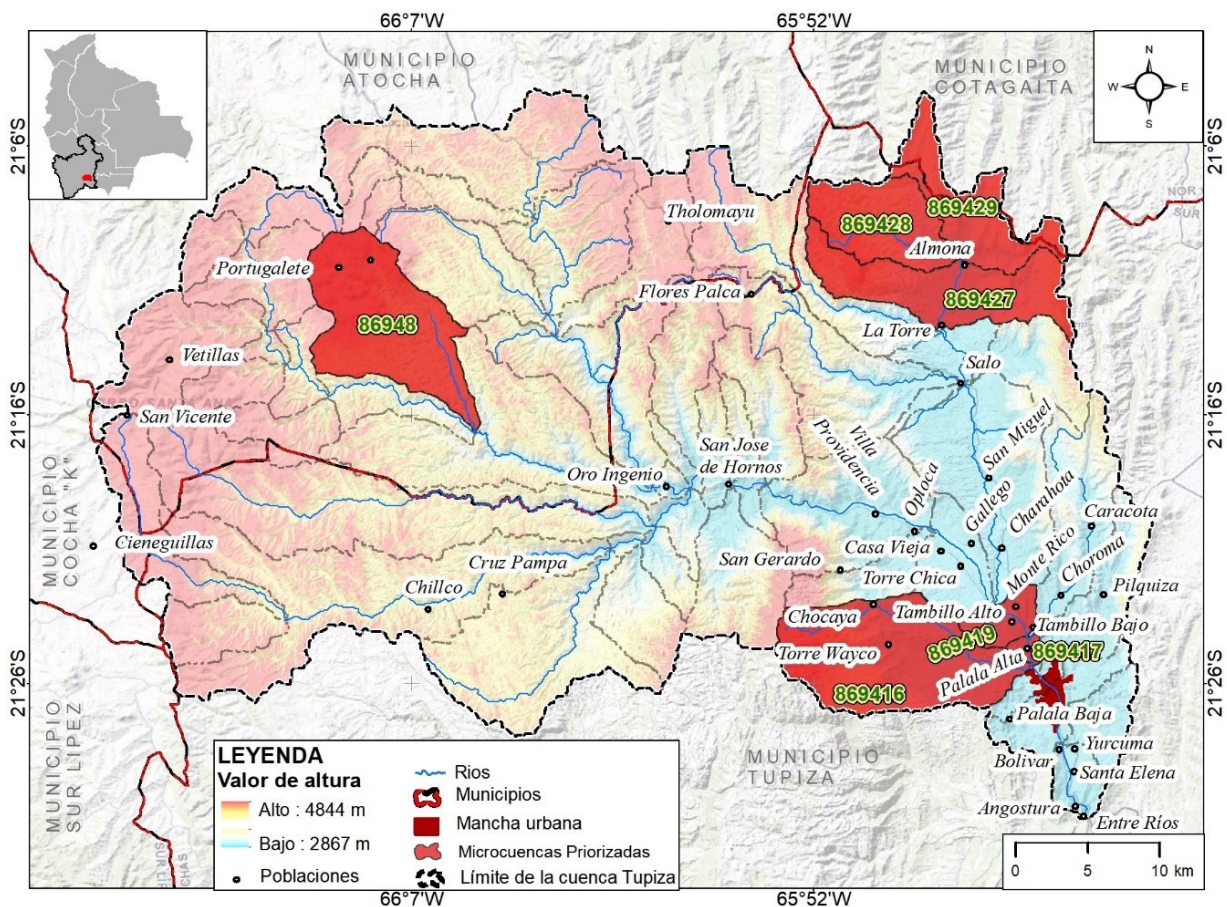


FIGURA 26. MAPA DE PRIORIZACIÓN DE MICROCUENCAS EN EL PROCESO DE CONCERTACIÓN PARA LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA

4.5.2 Problemáticas principales asociadas a las microcuencas prioritizadas

MICROCUEENCA PALALA – TAMBILLO

En términos de los aspectos biofísicos de la microcuenca, se tiene que los tres afluentes principales quebrada Fierro Unu, río Torre Waykho y quebrada Palala presentan una calidad de agua salina y dura, por lo que se recomienda el tratamiento de agua para riego y no se recomienda para consumo humano. Por otro lado, debido al característico clima seco de la zona y a su gran altitud, esta es una microcuenca propensa a heladas con una variabilidad climática importante (relacionada con los procesos erosivos) que impacta negativamente en la producción agrícola y pecuaria. Adicionalmente, las erosiones hídricas y eólicas generadas por el relieve topográfico producen la degradación de los suelos cultivables, alta vulnerabilidad ante inundaciones súbitas y crecidas de ríos, lo que a su vez afecta los sistemas de riego en las obras de toma, incrementa la actividad minera y causa la degradación de superficies agrícolas.

En cuanto al aspecto socioeconómico, se determinó que aproximadamente 140 familias (equivalente a 602 habitantes) habitan esta microcuenca, las cuales provienen de las comunidades Palala Alto, Torre Wayco, Tambillo, Tambillo Alto, Monte Rico y Chocaya. Dicha población depende principalmente de la producción agrícola, ferroviaria y de comercio y de la actividad minera que se desarrollan en los distritos mineros en sus cercanías.

Ambientalmente se identificaron problemáticas asociadas a la contaminación y a la pérdida de suelos agrícolas, considerando que las principales causas son la actividad minera, el sobrepastoreo y las precipitaciones fuertes. Esto genera entonces un efecto negativo en la producción agrícola e incrementa la degradación y erosión de los suelos de la zona.

MICROCUEENCA TATASI

Desde una perspectiva biofísica, en esta cuenca se presentan los mismos problemas de calidad de agua en los afluentes principales. Asimismo, debido a los efectos de la lluvia y por las altas pendientes, se observa una fuerte erosión en la parte alta y media de la microcuenca que a su vez genera el transporte de sedimentos a la parte baja de la misma donde se encuentra el municipio de Atocha. A la vez, se identificó que por el arrastre de tierras agrícolas generadas por las riadas de verano se experimenta una pérdida

de suelos que, sumada a la contaminación por actividades mineras, produce la evacuación de aguas aciduladas a los ríos y quebradas que provocan una gran acumulación de sales y metales pesados, ocasionando así el descenso del rendimiento agrícola y el encarecimiento de los costos de producción agrícola, y, por consiguiente, el abandono gradual de las parcelas. También se observan impactos negativos en la producción agrícola y pecuaria por el clima seco y la variabilidad climática de la zona.

En términos socioeconómicos, se tiene una población aproximada de 817 habitantes agrupados en 175 familias pertenecientes a las comunidades Portugaleta y Tatasi, para las que el 95% de la actividad económica se encuentra concentrada en la minería. De hecho, tradicionalmente la comunidad Tatasi se reconoce como un importante centro minero, ferroviario y de comercio, considerando que cuentan en sus proximidades con importantes distritos mineros. Desde una perspectiva ambiental, así como en la microcuenca Palala – Tambillo, se identificaron problemas de contaminación del recurso hídrico y pérdida de suelos agrícolas debido a las antiguas actividades mineras y a las precipitaciones fuertes, afectando negativamente la producción agrícola y el incremento de la degradación y erosión de los suelos.

MICROCUEENCA CABECERA DEL RÍO SALO

De forma general, biofísicamente se presentan los mismos problemas mencionados para la microcuenca Palala – Tambillo y Tatasi con la diferencia de que en esta zona no existe una masa boscosa considerable, lo que implica que no debe contemplarse como una zona para la explotación de madera y el uso de este recurso debe limitarse al uso tradicional, generalmente como leña.

Socioeconómicamente, esta microcuenca se caracteriza por contar con la presencia de las comunidades Almona y La Torre, con un aproximado de 95 familias para una población de 446 habitantes, los cuales se dedican principalmente a actividades económicas relacionadas con la producción de la ganadería; siendo este su medio principal de subsistencia.

En términos ambientales, se presentan problemas asociados al pastoreo, a la contaminación minera y al afloramiento natural de sales en los cuerpos superficiales de agua que alteran su calidad. Esta problemática es producida especialmente por la alternación de los cursos de agua superficiales por la actividad antrópica, por la construcción

de caminos vecinales y en menor medida por la actividad minera, ocasionando un impacto negativo en la producción agrícola y el incremento de la degradación y erosión de los suelos.

4.6 Institucionalidad

4.6.1 Antecedentes de institucionalidad intersectorial en la cuenca

La institucionalidad del PDCRT, como en todos los casos, pasa por la consolidación y operativización de una Plataforma Interinstitucional. Como sucede con la creación de este tipo de espacios multiactores, es un proceso que requiere tiempo y demanda el consenso y aprobación por parte de las diferentes entidades asentadas en la cuenca. Actualmente en el país, los planes sectoriales se encuentran en un proceso de puesta en marcha. Los mismos deben dar lineamientos (directrices) para las entidades territoriales autónomas, sector privado y organizaciones sociales⁵, y están en una etapa inicial que establece uno de los desafíos más importantes a considerar al momento de implementar el PDC.

Con este panorama, las lecciones aprendidas en otras cuencas son altamente relevantes. En el caso del PDC Tupiza, se tiene un especial énfasis rural, una estructura productiva no regulada y no se cuenta con actores que potencien acciones de planificación concretas. Por el contrario, se evidencia una cierta predisposición a la autogestión a través de las estructuras sociales presentes desde tiempos de la colonia.

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL EN LA CUENCA
Según un estudio desarrollado por Gimenez (2002)⁶, el soporte institucional en las comunidades rurales del altiplano en Potosí cuenta con una estructura institucional basada en las organizaciones comunitarias (Ayllus) y una lógica de cargos rotativos considerados como servicio colectivo. De acuerdo con el estudio mencionado previamente y de acuerdo con datos de la Investigación Social y Asesoramiento Legal en Potosí (ISALP) de 2006, las comunidades cuentan con un mecanismo de adaptación a las condiciones de planificación del estado a través de una estrategia de complementariedad. El mismo cuenta con un "núcleo flexible" que se acomoda al contexto de gestión (planes municipales y municipales según se aplique y se encuentre vigente), mientras que el "núcleo duro", preserva

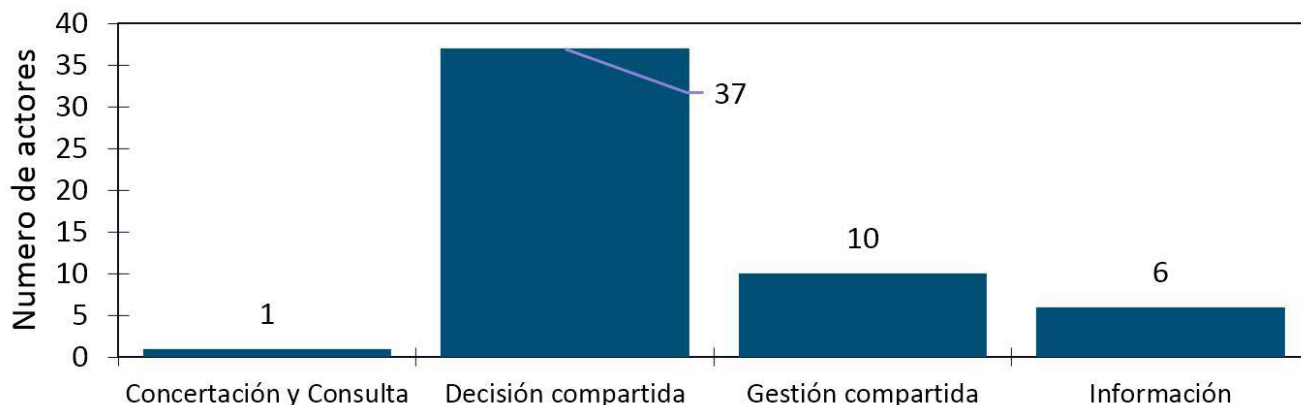
las características organizacionales tradicionales y la cultura previa al establecimiento del estado nacional. Existen varios apoyos que durante los años han acompañado a los municipios de la región en Tupiza en temas de fortalecimiento y promoción económica, considerando que los mismos no cuentan con matrices productivas integradas y que más bien son sistemas locales que en algunos casos llegan a salirse del enfoque de producción y economía a nivel del núcleo familiar.

En general, el proceso de acompañamiento por parte de diferentes entidades de cooperación a las comunidades en Tupiza ha concluido, que, para garantizar un proceso de inserción operativa en temas de planificación, se requiere del análisis de las acciones hasta el punto de rentabilidad con los actores. Como conclusión se tienen las siguientes connotaciones: 1) Para garantizar la confianza entre los actores en la región, es necesario estructurar las acciones con un resultado inmediato, 2) Aprovechamiento de la existencia de espacios de concertación operativos en la región, en el caso de escenarios favorables permiten la consolidación de las acciones de fortalecimiento convirtiendo a las organizaciones operativas en entidades concertadoras, 3) Los emprendimientos a nivel municipal no cuentan con la capacidad financiera suficiente para el planteamiento de inversiones relevantes y se debe considerar aspectos de economía de escala, que si bien se enfocan en apoyo a entidades locales, demandan necesariamente superar el umbral territorial del municipio y 4) El marco legal y normativo a nivel territorial (municipal) restringe las inversiones con actores privados (p.ej., minería, turismo, entre otros, activos en la cuenca).

Bajo estas consideraciones, durante el desarrollo de la elaboración del plan director, se realizó un mapeo de actores que permitió identificar 54 instituciones públicas, privadas y organizaciones sociales activas en la cuenca (**Figura 27**).

⁵ Ministerio de Planificación del Desarrollo – Bolivia MPD (2021). Aportes a la planificación integral del estado para el ciclo 2021 - 2025

⁶ Instituto de investigaciones sociales (IDIS), Universidad Mayor de San Andres (UMSA) (2011). Temas sociales No 31



FUENTE: ELABORADO EN BASE A WATCH 02, 2021

FIGURA 27. DISTRIBUCIÓN DE LOS ACTORES EN LA CUENCA POR NIVEL DE PARTICIPACIÓN

Como se describió previamente, de acuerdo con las encuestas y listado de actores, se tiene un escenario con mayor tendencia a la autogestión bajo entornos de acuerdo consensuado a nivel comunitario y, por ende, territorial (37 de 54 entidades se identifican en espacios de decisión compartida), mientras que solo se cuentan con 10 entidades identificadas con capacidad de gestión compartida.

En conclusión, se puede anticipar que el grupo de entidades en el nivel de decisión compartida son un canal fundamental para la concertación de acciones y que las mismas dependen de las estructuras comunales flexibles descritas en el estudio de Giménez (2002), lo cual implica una gran capacidad de ajustarse a las condiciones de cambio en la estructura sectorial de planificación. Esto puede ser aprovechado de forma positiva considerando que actualmente el marco piloto de acción del PNC está cambiando a su programa plurianual No 3 (2021 – 2025).

Finalmente, un aspecto importante a mostrar en el diagnóstico institucional es la predisponibilidad local y regional para trabajar en aspectos de planificación interinstitucional. De acuerdo con un diagnóstico sobre la situación de las mancomunidades en Bolivia, desarrollada por la Federación de Asociaciones Municipales de Bolivia (FAM – Bolivia) (2009), se pudo establecer que el 95% de los municipios en el departamento de Potosí participa en mancomunidades, en las cuales se cuenta con aporte de tipo financiero y administrativo. Adicionalmente, a partir del diagnóstico de la FAM para la mancomunidad presente en la cuenca, se estableció que esta presta servicios técnicos de supervisión, fiscalización y estudios técnicos a diseño final como parte de la generación de recursos para auto sustentabilidad.

Estos datos reflejan dos aspectos muy importantes del entorno operativo actualmente activo en la cuenca en relación a procesos de gestión interinstitucional: 1) Existe una cultura de asociación para gestionar y desarrollar actividades en diversas indoles y estas se encuentran vinculadas a las entidades territoriales en la cuenca y en el departamento⁷ y 2) Los organismos de asociación interinstitucional cuentan con un mecanismo de autofinanciamiento desde las entidades territoriales que marca un hito sobre la institucionalidad ya operativa para propósitos de gestión en escala mayor a la municipal.

De la revisión de la legalidad de las entidades que trabajan a nivel interinstitucional, se encontró la ley 1551 de participación popular de 1994, la cual establece que los municipios con una población inferior a 5000 mil habitantes pueden acceder a recursos de coparticipación tributaria a través de la apertura de una cuenta fiscal específica para el uso de recursos. Esto ha implicado un proceso intensivo descrito en el párrafo previo en relación con las mancomunidades. De forma particular en el diagnóstico desarrollado por FAM (2009), se puede encontrar una característica altamente relevante en relación con los limitantes con los que los municipios afrontan actualmente la imposibilidad de realizar inversiones hídricas público/privadas. El artículo 157 de la ley 2028 de municipalidades establece que “la mancomunidad municipal que así lo considere podrá constituirse en sujeto de derecho privado tramitando ante la prefectura departamental la personería jurídica como asociación, con el objetivo de desarrollar acciones de inversión concurrente con el sector público, privado, social y productivo”.

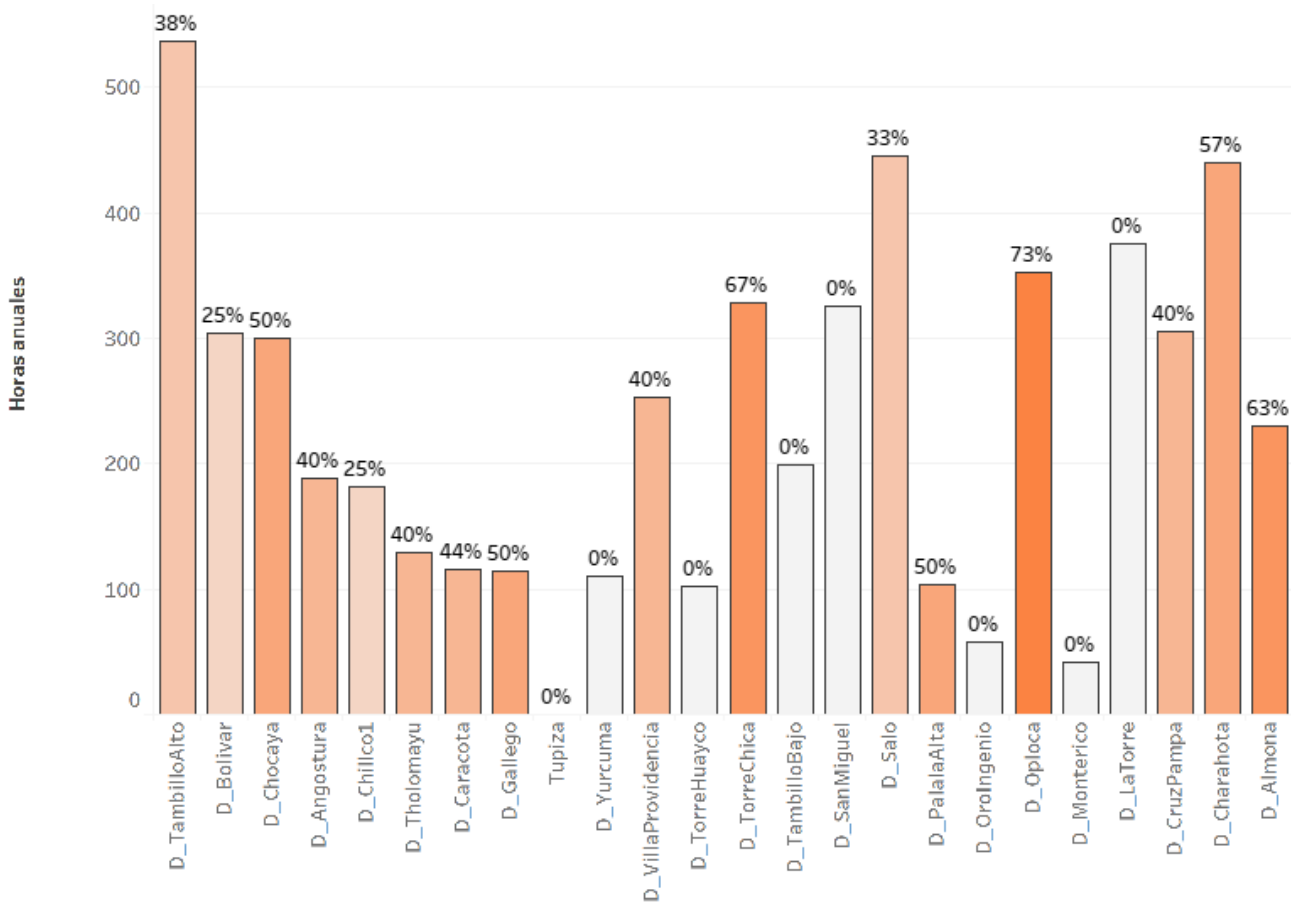
4.7 Equidad social y de género

⁷ Después de Chuquisaca es la región del país con mayor cantidad de mancomunidades activas.

La zona rural y periurbana de la cuenca presenta mayores deficiencias en el acceso al agua para consumo doméstico, ya que un porcentaje significativo de hogares (30%) carece de conexiones domiciliarias de agua, por lo que sus habitantes necesitan realizar un esfuerzo adicional para recolectar agua diariamente desde sus fuentes principales. La escasez e insuficiencia de agua también afecta más a los hogares de la zona rural, por lo que requieren el abastecimiento de fuentes de agua secundarias que, muchas veces no son adecuadas para el consumo humano debido a que están expuestas

a contaminación externa.

La recolección de agua es un trabajo realizado, en gran medida, por mujeres: en el 40% de los hogares rurales las mujeres están a cargo de la tarea de recolección, frente a un 23% de hogares donde la recolección es realizada por los hombres. Este esfuerzo representa un costo de oportunidad para ellas y, en general, para todos los miembros de las familias que invierten tiempo en esta tarea, la cual no sería necesaria si los hogares contasen con conexiones domiciliarias y suficiente agua en sus viviendas.



Legenda de la proporción del tiempo colección de mujeres

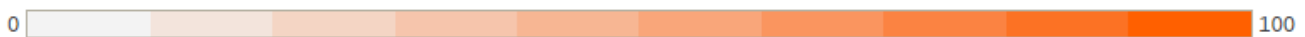


FIGURA 28. GRÁFICA DE BARRAS QUE INDICAN LAS HORAS ANUALES DEDICADAS A LA COLECCIÓN DE AGUA PARA EL HOGAR EN LAS COMUNIDADES RURALES (EJE Y). EL COLOR DE LAS BARRAS (Y EL VALOR POR ENCIMA DE LAS MISMAS) INDICAN LA PORCIÓN DE ESE TIEMPO QUE ES LLEVADO A CABO POR LAS MUJERES DE LOS HOGARES RURALES.

La zona rural de la cuenca también tiene problemas de abastecimiento de agua para el desarrollo de sus actividades agropecuarias. Gran parte de los cultivos dependen de las lluvias anuales y, a pesar de que un porcentaje mayoritario de agricultores cuenta con sistemas de riego en todos sus cultivos, más del 40% de los hogares señaló que tuvo problemas de abastecimiento y escasez de agua para riego.

Áreas regables (marrón) vs. áreas de riego óptimo (verde)..

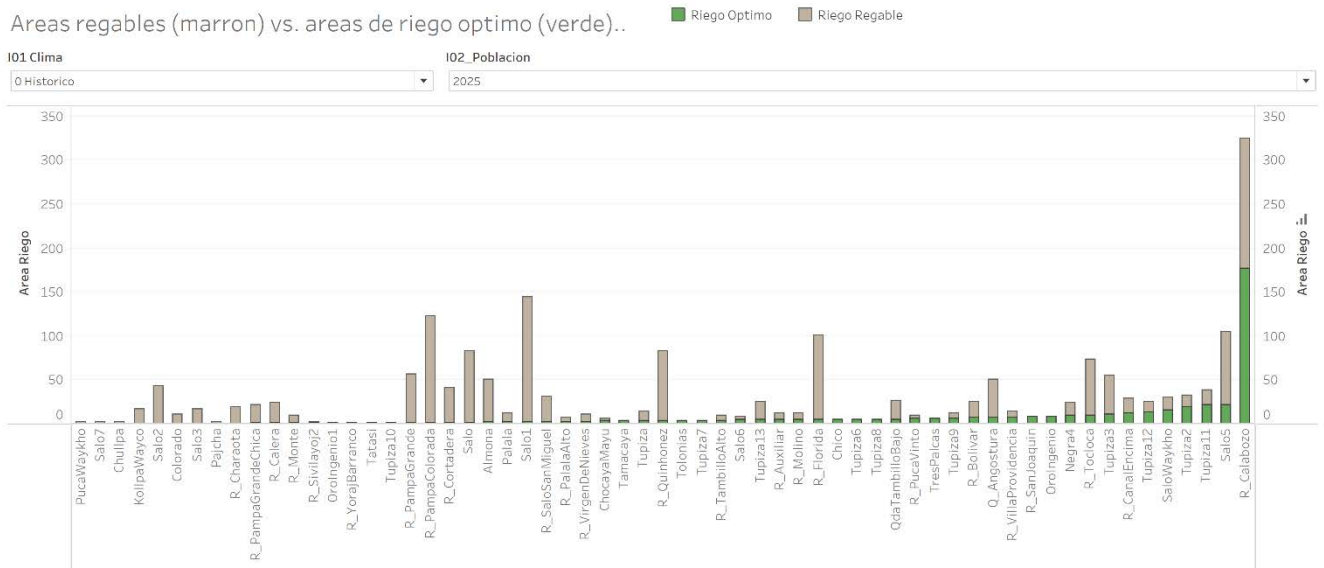


FIGURA 29. GRÁFICA DE BARRAS QUE MUESTRA LAS ÁREAS DE RIEGO (EJE Y) PARA LAS COMUNIDADES RURALES. LAS BARRAS ESTÁN COLOREADAS DE ACUERDO CON EL RIEGO ÓPTIMO (VERDE) Y LAS ÁREAS QUE NO PUEDEN SER IRRIGADAS (MARRÓN) DEBIDO A LA FALTA DE AGUA DEPENDIENDO DE LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO Y LOS REQUERIMIENTOS AGRÍCOLAS.

Adicionalmente, se registran desastres naturales relacionados con el agua que afectan tanto a la zona urbana como a la rural. Sin embargo, los hogares rurales se ven afectados en su producción agropecuaria y esto les genera pérdidas

económicas; lo que además puede representar un riesgo para la seguridad alimentaria de las familias, considerando que la producción agropecuaria se destina tanto para autoconsumo como para la venta (**Figura 30 y 31**).

Agua para Riego



FIGURA 30. ESTA FIGURA CONTIENE UNA GRÁFICA Y UN MAPA. LA GRÁFICA DE LA IZQUIERDA MUESTRA GRILLAS DE COLORES QUE VAN DESDE VALORES BAJOS DE COBERTURA DE REQUERIMIENTOS AGRÍCOLAS (EN ROJO) A VALORES ALTOS DE LOS MISMOS (EN VERDE). LAS COLUMNAS SON LAS COMUNIDADES AGRÍCOLAS Y LAS FILAS SON LAS PROYECCIONES CLIMÁTICAS HASTA 2025 Y HASTA 2050. EL MAPA DE LA DERECHA MUESTRA PARA CADA COMUNIDAD, QUE PORCIÓN DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA ES PARA LA VENTA (ROJO) Y PARA EL AUTOCONSUMO (VERDE).

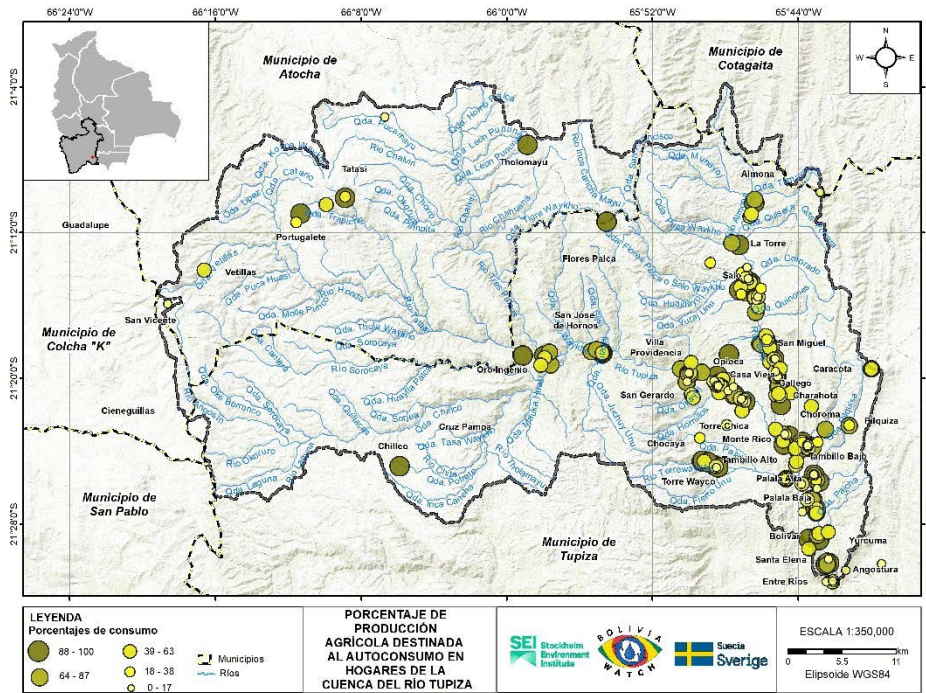


FIGURA 31. MAPA DE PORCENTAJE DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA QUE ES PARA AUTOCONSUMO. PROPORCIONES ALTAS DE AUTOCONSUMO SE MUESTRAN CON CÍRCULOS MÁS GRANDES Y DE COLOR VERDE. VALORES MÁS BAJOS SE MUESTRAN CON CÍRCULOS PEQUEÑOS DE COLOR AMARILLO.

La existencia de conflictos por agua dentro de las comunidades y entre comunidades, puede representar un riesgo a futuro si es que los problemas de escasez e insuficiencia de agua reportados por las familias persisten. Esto debido a que, en algunos casos, varias comunidades comparten fuentes de agua para consumo doméstico y para el desarrollo de actividades agropecuarias.

A partir de la creación de un Índice de Agua para la zona rural y periurbana de la cuenca del río Tupiza, se identificaron los indicadores de acceso al agua que se asocian con la vulnerabilidad de las familias. En relación al acceso al agua para consumo doméstico están: 1) La disponibilidad diaria de agua a través de una conexión domiciliaria, que muestra básicamente la dotación diaria de agua para los hogares; 2)

el uso de una fuente secundaria de agua que, posiblemente, representa una estrategia de las familias para lidiar con la escasez de agua, de las fuentes principales en algunas temporadas del año; 3) la continuidad en el acceso diario de agua por cañería, que se refiere al número de horas que los hogares tienen acceso a agua diariamente; 4) el acceso a fuentes mejoradas de agua, que se refiere al acceso a una fuente de agua protegida contra la contaminación externa, principalmente fecal. Por otro lado, el acceso al agua para uso productivo incluye los siguientes indicadores: 1) El acceso a agua para riego, que mide la proporción de hogares con agricultura que tienen algún sistema riego en todos sus cultivos y 2) la infraestructura de agua para los animales, que observa la tenencia de bebederos en los hogares que tienen actividad pecuaria (Tabla 32).

Componente	Variables	Peso estadístico (%)
Agua para consumo doméstico	Disponibilidad diaria de agua por conexión con cañería	22,98
	Fuente secundaria de agua	20,29
	Continuidad en el acceso diario de agua por cañería	18,93
	Acceso a fuente mejorada de agua	14,03
Agua para uso agropecuario	Acceso para a agua riego en todos los cultivos	16,50
	Infraestructura de agua para animales	7,28
Total		100

TABLA 32. ÍNDICE DE AGUA RURAL-PERIURBANO

Entre las 10 comunidades con menor nivel de acceso están: Gallego, Tambillo Alto, Cruz Pampa, Chillco, Angostura, Chocaya y Bolívar, del municipio de Tupiza; Vetillas y Tholomayu, del municipio de Atocha; Guadalupe, del municipio de Colcha K.

Mediante la construcción de un modelo de pobreza para la zona rural, se comprobó que el índice de agua es significativo y tiene un impacto positivo en el nivel de pobreza multidimensional, medido a través de un índice de pobreza multidimensional. Esto quiere decir que los indicadores que componen el índice de agua pueden incidir en la reducción de pobreza multidimensional de la cuenca. Otras variables asociadas al agua que resultaron relevantes son la existencia de tanques de agua en la vivienda, indicando que la tenencia de tanques y el tratamiento del agua antes de consumirla se relacionan con un menor nivel de pobreza de los hogares.

El modelo de pobreza construido para la zona urbana muestra que el acceso al agua para consumo doméstico en la ciudad de Tupiza es significativo y tiene un impacto positivo en el índice de pobreza multidimensional estimado para la ciudad. Se observa que, a mayor continuidad en el

acceso diario al agua en las casas, menor nivel de pobreza en los hogares. De igual forma, aquellos hogares donde se hace tratamiento del agua antes de consumirla, se realizan inversiones para mejorar el acceso de agua en el hogar y se tiene fuentes secundarias de agua alternativas (como el agua embotellada), son hogares con menores niveles de pobreza.

Con relación al rol de género en la gestión del agua, se considera que el trabajo de recolección de agua representa un aspecto de vulnerabilidad de las familias, el cual está presente en la zona rural y periurbana de la cuenca. La recolección de agua es realizada mayoritariamente por mujeres y su participación casi duplica a la de los hombres. Las 10 comunidades en las que existe una mayor inversión de tiempo para recolectar agua anualmente, tanto de las fuentes principales como de secundarias son: Tambillo Alto, Salo, Choroma, Charahota, La Torre, Entre Ríos, Oploca, Torre Chica y San Miguel, del municipio de Tupiza y, Portugaleta del municipio de Atocha.



5 MARCO ESTRATÉGICO

El Marco Estratégico del PDCRT se constituye en la hoja de ruta o carta de navegación que permitirá que la cuenca del río Tupiza mejore sus condiciones, hasta acercarse a su situación ideal, en el transcurso de los próximos años. Por tanto, al incluir el análisis del Marco Estratégico en la formulación del PDC, se está garantizando la coherencia y claridad de las acciones encaminadas a mejorar la cuenca, alineando de forma estructurada los objetivos que cada una de las partes interesadas (instituciones e individuos), que habitan la cuenca, quieren lograr. En otras palabras, el marco estratégico ayuda a ordenar, complementar y articular la visión, la misión, los objetivos y las metas; así como identificar a los beneficiarios y percibir los beneficios de contar con un PDC.

Acorde a lo establecido por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua-Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego en el año 2014 en su documento guía "Marco Orientador para la formulación de Planes Directores de Cuencas" el ciclo de desarrollo de un PDC está dividido en tres etapas: 1) Etapa de formulación de un PDC, 2) Etapa de implementación del PDC y 3) Etapa de Monitoreo y Evaluación. Dado que el Programa Bolivia WATCH tiene el propósito de formular el PDCRT, solamente se describirán los pasos requeridos para el cumplimiento de la primera Etapa de Formulación, estos son:

- Compromiso y responsabilidad institucional
- Diagnóstico integral-análisis de la situación
- Construcción de Lineamientos Estratégicos
- Validación de Lineamientos Estratégicos
- Formulación del documento PDC
- Validación del documento

De esta secuencia de pasos, habiéndose expresado el compromiso y responsabilidad institucional en la cuenca y realizado el "Diagnóstico Integral – Análisis de Situación" y la "Formulación de los Lineamientos Estratégicos" en el año 2018, por la empresa consultora DESMA S.R.L. para el MMAyA; corresponde al Programa Bolivia

WATCH realizar la Validación de los Lineamientos Estratégicos. Esto considerando que al haber transcurrido cerca de cuatro (4) años, como parte del programa también se deben actualizar los lineamientos trabajados por la consultora; a la luz de varios sucesos de relevancia para la cuenca tales como los eventos de desastres causados por las riadas que provocaron el desborde del río Tupiza, la pandemia COVID-19 y la crisis política y social del año 2019; entre los más destacados. En este sentido, fue necesaria la validación y actualización de los Lineamientos Estratégicos tomando como base y punto de partida los lineamientos logrados en procesos participativos por la consultora DESMA S.R.L. De modo que, las Líneas Estratégicas fueron revisadas, validadas y ajustadas en dos momentos:

1. En fecha 7 de septiembre de 2021, en el Municipio de Atocha, en un taller con la participación de las partes interesadas de la Cuenca (GAMs, Gobierno Autónomo Departamental Potosí-GADP y instituciones de la sociedad civil) representadas por sus técnicos y autoridades

2. En fecha 5 de octubre de 2021, en el Municipio de Tupiza, en un taller para la socialización de la 1ra Versión del PDC Tupiza a partir de la secuenciación de las problemáticas identificadas, las líneas estratégicas, las acciones de respuesta, los beneficiarios de las acciones y el costo de estas; se contó con la participación de representantes del VRHR, GAMs, GADP e instituciones de la sociedad civil.

Los resultados de los ajustes y validación de la visión, misión y líneas estratégicas se describen a continuación.

5.1 Visión

Cuenca resiliente, planificada, productiva, saludable y sostenible, con mecanismos de control y coordinación interinstitucional comprometidos con el desarrollo y el Medio Ambiente que respetan y cumplen la normativa ambiental vigente articulada con la inversión pública para generar desarrollo inclusivo y con equidad de género.

5.2 Misión

El PDCRT es un instrumento de planificación y gestión participativa de gobernanza, de cumplimiento específico para actores públicos y privados, que incorpora acciones productivas y ambientales de GIRH/MIC/Riego, para vivir bien.

5.3 Líneas estratégicas

1. Agua segura para hogares, saneamiento e higiene.
2. Equidad de género y mejorar la calidad de vida.
3. Protección, conservación y preservación de

ecosistemas estratégicos con enfoque en las funciones ambientales.

4. Producción sostenible con uso eficiente de agua para riego.

5. Educación y cultura ambiental y del agua.

6. Gestión de riesgos hidrológicos, prevención, mitigación y adaptación al cambio climático.

7. Gestión de la minería sustentable para prevención y mitigación de impactos ambientales de la actividad minera.

8. Gestión inter-institucional, territorial y financiera para mejorar la gobernanza e implementación del Plan Director de Cuenca.



6 MARCO PROGRAMÁTICO

6.1 Agua segura para hogares, saneamiento e higiene

Esta línea estratégica tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de los habitantes en las 39 comunidades (incluyendo la ciudad de Tupiza) integrantes del PDCRT a través del acceso seguro en calidad y cantidad al agua potable para su posterior recolección de aguas residuales generadas y su respectivo tratamiento, así como a través del acceso a sistemas de saneamiento adecuados al contexto. Además, pretende ser una herramienta más que coadyuve a la sinergia de la seguridad hídrica, con la finalidad de garantizar un acceso sostenible al agua en cantidad y calidad para el bienestar de sus habitantes. Todo esto dentro del marco de la eficiencia y la sostenibilidad a largo plazo de los recursos naturales, asimismo contemplando la protección contra la contaminación y los desastres relacionados al agua.

Las líneas de acción y acciones específicas se encuentran delineadas en el marco normativo e institucional vigente, para la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, siendo este la prestación pública de estos servicios, el financiamiento de la inversión con recursos fiscales y el reconocimiento a la función regulatoria del Estado correspondiente al sector. Sobre la base de un análisis crítico y detallado de la infraestructura existente y de los desafíos a futuro de las 39 comunidades contempladas dentro del marco del PDC, en el presente documento se presenta la determinación de las metas de expansión a ser alcanzadas hasta la

gestión 2025, relacionadas con los aspectos claves de los servicios, como la cobertura, calidad del agua, número de conexiones, tratamiento y los aspectos ambientales. Definiendo en ese sentido, los principales rubros de inversión a ser requeridos, así como los costos de operación y mantenimiento respectivos.

Las metas formuladas fueron concebidas bajo el marco de los objetivos generales y prioridades del sector de saneamiento básico, de los desafíos y demandas por los servicios por parte de la población, de los requerimientos de las obligaciones contractuales contraídas con instancia reguladora, así como de la propia realidad de las 39 comunidades, en un marco de una mejora continua de la eficiencia en la operación de los señalados servicios.

A fin de plantear los escenarios de proyección de los servicios de agua y saneamiento, se consideraron los referentes de planificación genéricos y específicos para el sector de saneamiento básico (Constitución Política del Estado, Plan de Desarrollo Económico y Social 2016 -2020, Plan de Desarrollo Sectorial de Saneamiento Básico 2016 -2020, entre otros) y de la propia información generada por el PDC dentro del programa Bolivia WATCH. En su conjunto, estos determinaron los referentes para la proyección de los servicios.

En esta línea estratégica se definieron dos líneas de acción con 6 acciones de intervención en total, como se muestran en la **Tabla 33**.

Línea de acción	Acción de intervención
Agua segura para hogares	1. Construcción de tanque cosechador de lluvia
	2. Construcción pozo semi profundo y red simplificada
	3. Construcción pozo semi profundo y red convencional
Saneamiento Básico	4. Construcción de alcantarillado simplificado por comunidad
	5. Construcción de humedales artificiales domésticos
	6. Construcción de baños secos (ECOSAN)

TABLA 33. LÍNEAS DE ACCIÓN Y ACCIONES DE INTERVENCIÓN

Línea de acción agua segura para hogares

Esta línea de acción tiene los siguientes objetivos específicos:

- Recomendar, identificar y seleccionar tecnología de solución para agua potable en función de la vulnerabilidad de cada comunidad del área rural de la cuenca.
- Establecer metas de expansión en la cobertura de agua al 100% al final de la gestión 2025.
- Identificar proyectos de inversión para mejorar la cobertura de agua potable en el área urbana de

la cuenca.

- Incrementar la cobertura y acceso al agua.

Las soluciones que se plantean deben contextualizarse a la realidad, las condiciones particulares y las experiencias con las que se cuentan en la zona de estudio. En este sentido, es que se plantea una gama de cinco alternativas de solución para la ampliación de cobertura, para cada servicio, siendo estas evaluadas técnica y económicamente para la recomendación de su aplicación (**Figura 32**).



FIGURA 32. ACCIONES DE LA LÍNEA DE AGUA SEGURA PARA HOGARES

La cuenca Tupiza tiene una tradición minera desde hace siglos, lo cual ha conllevado a que las fuentes de agua superficiales se hayan visto contaminadas por metales pesados, producto de esta explotación, así mismo la presencia de Pasivos Ambientales Mineros y la falta de un control a la minería ilegal. Por este motivo, no se recomienda la explotación de aguas superficiales, considerando el peligro que esto puede significar para la salud de los pobladores en la zona.

En función del diagnóstico de la infraestructura y condiciones de borde como la población total, dispersión de la comunidad, acceso y cobertura de

agua potable se seleccionaron por comunidad tres (3) acciones de intervención de saneamiento que se describen a continuación:

TANQUE COSECHADOR DE LLUVIA

Como era de esperarse, este tipo de solución una vez evaluada técnica y económicamente para cada una de las comunidades, es viable para aquellas que presentan mayor dispersión y menor población. En este sentido, las comunidades en las cuales se implementará esta acción para la gestión 2021 presentan una población total de 359 habitantes, distribuidos de la manera que describe la **Tabla 34**.

Comunidad	Población (Hab)	
	2021	2025
Angostura	69	73
Chocaya	65	68
Cruz Pampa	140	147
Guadalupe	85	89
Total	359	377

TABLA 34. PROPUESTA DE COMUNIDADES PARA TANQUE COSECHADOR DE LLUVIA

La presente acción comprende los siguientes componentes: techo impermeable, canaleta, bajantes y tanque de agua con una capacidad igual a 2,500 litros. De modo que, se prevé que, para las cuatro comunidades seleccionadas, es

decir el 10.25% de las comunidades de la Cuenca Tupiza, se requiere una inversión de 1'472,040 Bs. Las metas por año se muestran en la **Tabla 35**.

Cobertura	2022	2023	2024	2025
Anual	27.30%	72.70%	0.00%	0.00%
Acumulada	27.30%	100.00%	100.00%	100.00%

TABLA 35. GESTIÓN DEL TANQUE COSECHADOR DE LLUVIA

POZO PROFUNDO CON RED SIMPLIFICADA

La información con la que se cuenta denota que las poblaciones intermedias en población y densidad se enmarcan de mejor manera a esta solución, pudiendo llegar con el suministro de agua potable en cantidad y calidad a la mayoría

de la población beneficiaria. Actualmente, las seis comunidades que serían beneficiadas con esta acción cuentan con una población base de 1063 habitantes (2021), distribuidos como muestra Tabla 36.

Comunidad	Población		Comunidad	Población	
	2021	2025		2021	2025
Caracota	93	97	Tambillo Alto	163	171
Chilco	73	76	Tholomayu	11	12
Gallego	587	618	Vetillas	136	143
Total	Población 2021		Población 2025		
	1063		1117		

TABLA 36. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN BENEFICIADA CON EL POZO PROFUNDO CON RED SIMPLIFICADA

Esta acción comprende los siguientes componentes: Perforación de pozo profundo de 70 a 100 metros, con una salida de 4", tanque de almacenamiento de hormigón armado, red de distribución con tubería de 2" a 3" e instalación de piletas públicas de 1/2". De acuerdo con los costos estimados, esta acción requeriría una inversión aproximada de 2,268,519 (dos millones

doscientos sesenta y ocho mil quinientos diez y nueve bolivianos), llegando a invertirse durante las dos primeras gestiones, es decir, hasta el año 2023, cumpliéndose antes de lo previsto y llegando a beneficiar al 15.38% de las comunidades de la Cuenca Tupiza, de acuerdo con el cuadro siguiente (Tabla 37):

Cobertura	2022	2023	2024	2025
Anual	71.74%	28.26%	0.00%	0.00%
Acumulada	71.74%	100.00%	100.00%	100.00%

TABLA 37. GESTIÓN DEL POZO SEMI PROFUNDO CON RED SIMPLIFICADA

POZO PROFUNDO CON RED CONVENCIONAL

De acuerdo con la selección de las comunidades que se enmarcan en esta acción, se pudo identificar un total 29 comunidades, las cuales

equivalen 38,463 habitantes para la gestión 2021 y que se distribuyen de la siguiente manera (Tabla 38):

Comunidad	Población		Comunidad	Población	
	2021	2025		2021	2025
Almona	238	250	Portugalete	107	113
Bolívar	153	161	Salo	467	491
Casa Vieja	480	506	San Gerardo	886	933
Charahota	132	139	San José de Hornos	96	101
Choroma	47	49	San Miguel	721	759
Cieneguillas	94	99	San Vicente	137	144
Entre Ríos	89	93	Santa Elena	44	46
Flores Palca	63	66	Tambillo Bajo	305	321

Comunidad	Población		Comunidad	Población	
	2021	2025		2021	2025
La Torre	286	301	Tatasi	615	648
Monte Rico	262	276	Torre Chica	139	146
Oploca	681	717	Torre Wayco	339	357
Oro Ingenio	147	155	Tupiza Urbano	28,836	30,365
Palala Alta	205	216	Villa Providencia	413	435
Palala Baja	383	403	Yurcuma	1,888	1,988
Pilquiza	210	221			
Total	Población 2021		Población 2025		
	38,463		40,499		

TABLA 38. DISTRIBUCIÓN DE POBLACIÓN PARA LAS COMUNIDADES BENEFICIADAS DEL POZO PROFUNDO CON RED CONVENCIONAL

Según lo esperado, las comunidades que se enmarcarán en esta acción son las más grandes, es decir, aquellas con mayor densidad poblacional. Sin embargo, de acuerdo con la selección técnica, existen algunas comunidades que no cuentan con mucha población pero que entraron en esta alternativa. Esto se debe a que ya contaban con este servicio parcialmente, por lo que no se puede pretender implementar una alternativa mejor que con la que ya cuentan. Esta acción comprende los siguientes componentes: Perforación de pozo profundo de 70 a 100 metros con una salida de 4", tanque de almacenamiento de hormigón

armado, red de distribución con tubería de 3" a 6" e instalación de acometida domiciliaria de ½".

En este sentido, para poder brindar un servicio con calidad y cantidad de agua potable para las 29 comunidades (74.35% de las comunidades de la Cuenca Tupiza), se requiere una inversión total de 18,045,618 Bs (diez y ocho millones cuarenta y cinco mil seis cientos diez y ocho bolivianos), inversión que ha sido distribuida durante el quinquenio debido a la inversión significativa que debe realizarse y que se describe en el siguiente cuadro (**Tabla 39**):

Cobertura	2022	2023	2024	2025
Anual	15.80%	10.92%	36.08%	37.19%
Acumulada	15.80%	26.72%	62.81%	100.00%

TABLA 39. GESTIÓN DEL POZO SEMI PROFUNDO CON RED CONVENCIONAL

PROYECTO DE TRASVASE ESTARCA

Es el único proyecto que se encuentra en fase de inversión y tiene por objetivo general garantizar el acceso universal al agua segura en la ciudad de Tupiza (solo centro urbano), con el trasvase de 47.07 l/s desde una galería filtrante ubicada en el río Estarca (Figura 33). El mismo tiene un periodo de implementación de 4 años.

Las características técnicas del proyecto son:

- Obra de toma: Se ubica sobre el río Estarca y es del tipo galería filtrante, con una longitud útil de 103 m y cuenta con tres cámaras de inspección.
- Desarenador: Ubicado a continuación de la obra de toma, con una longitud de ocho (8) m.
- Aducción: A lo largo de 49,345 km, con tubería de 16" en HDPE 12,013.83 m y PVC 37,484.56 m con dos (2) pasos de quebrada

aéreos de 30 y 40 m y 58 pasos de quebrada subterráneos encamisados. Para el control hidráulico y de limpieza se prevén 20 ventosas y 15 purgas.

- Tanque de almacenamiento: De hormigón armado y con un volumen de regulación de 2,000 m³, con su respectiva cerca de malla olímpica.

- Red de distribución: La ampliación se realizará con tubería PVC esquema 40 de diámetros 10", 8", 6", 4", 3", 2", 1.5", en una longitud de 33,143.59 m.

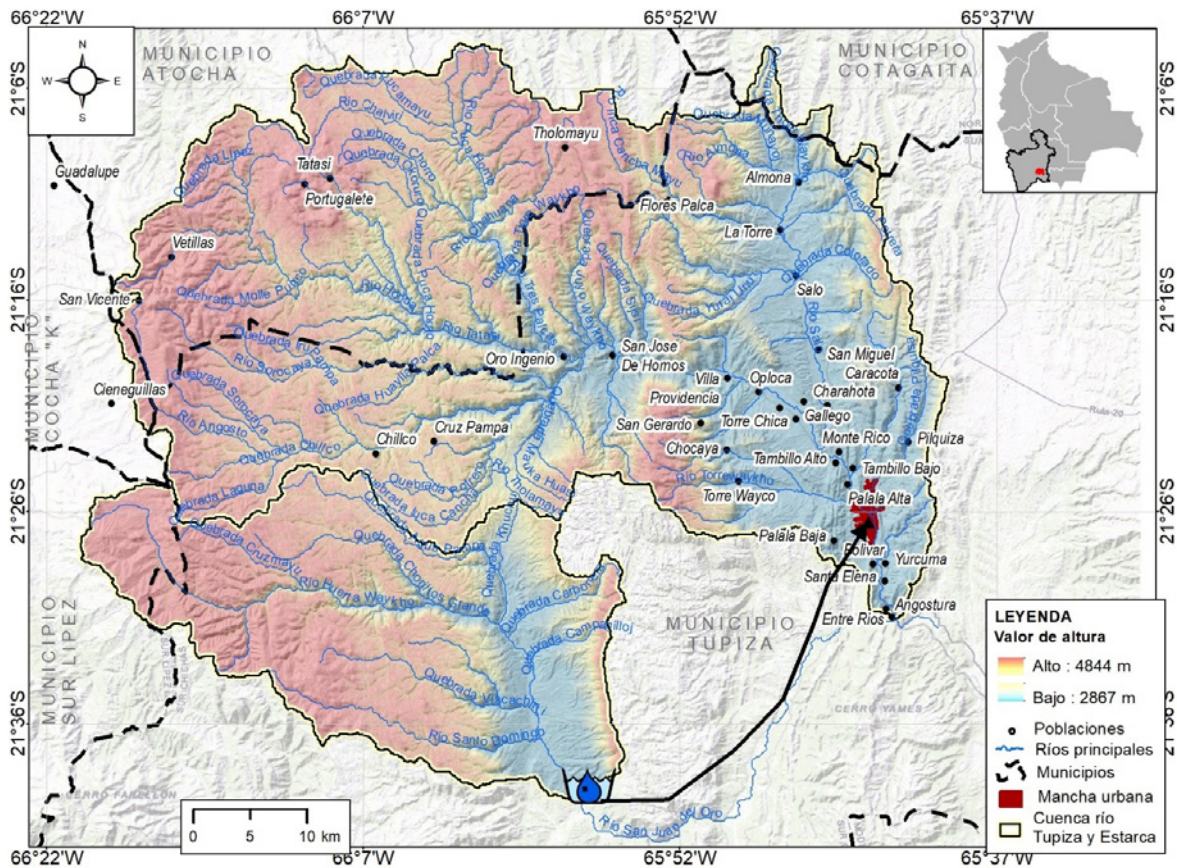


FIGURA 33. MAPA DEL PROYECTO DE TRASVASE ESTARCA

RENOVACIÓN DE RED DE AGUA POTABLE EN EL ÁREA URBANA

Actualmente el área urbana del Municipio de Tupiza cuenta con un operador del servicio de agua potable y saneamiento básico EMPSAAT, el mismo que para la gestión 2021 cuenta con un total de 7715 usuarios legalmente registrados para ambos servicios. El actual sistema de agua potable cuenta con deficiencias debido a la antigüedad del mismo (supera los 15 años, de acuerdo a la zona).

Si bien se viene realizando inversiones importantes para la captación de un mayor volumen de agua cruda, con la finalidad de brindar un mejor servicio en cantidad y calidad de agua potable, para lo cual se viene ejecutando el proyecto de Aducción

Estarca; el mismo no resolverá los problemas correspondientes a fugas visibles y no visibles en la red de distribución, característicos de las redes con cierta antigüedad de servicio. De igual manera, la micro medición con la que cuentan actualmente se ve deteriorada, incidiendo directamente en un adecuado control del consumo y una adecuada tarifa acorde a este.

En este entendido, se plantea la renovación de aproximadamente 107 km de red de agua potable y de 7715 acometidas domiciliarias, con una inversión total de 31,401,665.60 Bs, misma que ha sido fraccionada en tres Lotes (**Tabla 40**, **Tabla 41** y **Tabla 42**), con la finalidad de viabilizar la inversión a través de las instancias gubernamentales que correspondan.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Precio Total (Bs.)
Longitud de tubería	m	22,159.60	170.00	3,767,132.00
Remoción y Reposición de Adoquín	m ²	7,452.71	55.00	409,899.05
Remoción y Reposición de Asfalto	m ²	2,682.11	160.00	429,137.60
Remoción y Reposición de Pav. Rígido	m ²	803.96	120.00	96,475.20
Conexiones domiciliarias	pza.	1,754.00	1,400.00	2,455,600.00
TOTAL (Bs.):				7,158,243.85

TABLA 40. COSTOS RENOVACIÓN DE RED DE AGUA POTABLE EN ÁREA URBANA LOTE I

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Precio Total (Bs.)
Longitud de tubería	m	51,430.30	170.00	8,743,151.00
Remoción y Reposición de Adoquín	m ²	8,414.64	55.00	462,805.20
Remoción y Reposición de Asfalto	m ²	4,323.12	160.00	691,699.20
Remoción y Reposición de Pav. Rígido	m ²	148.83	120.00	17,859.60
Conexiones domiciliarias	pza.	4,501.00	1,400.00	6,301,400.00
TOTAL (Bs.):				16,216,915.00

TABLA 41. COSTOS RENOVACIÓN DE RED DE AGUA POTABLE EN ÁREA URBANA, LOTE II

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Precio Total (Bs.)
Longitud de tubería	m	33,405.10	170.00	5,678,867.00
Remoción y Reposición de Adoquín	m ²	4,709.93	55.00	259,046.15
Remoción y Reposición de Asfalto	m ²	278.71	160.00	44,593.60
Remoción y Reposición de Pav. Rígido	m ²	0.00	120.00	0.00
Conexiones domiciliarias	pza.	1,460.00	1,400.00	2,044,000.00
TOTAL (Bs.):				8,026,506.75

TABLA 42. COSTOS RENOVACIÓN DE RED DE AGUA POTABLE EN ÁREA URBANA, LOTE III

Línea de acción de saneamiento básico

Esta línea de acción tiene los siguientes objetivos específicos estratégicos:

- Recomendar, identificar y seleccionar tecnología de solución para saneamiento básico en función de la vulnerabilidad de cada comunidad.

- Establecer metas de expansión en la cobertura de recolección de aguas al 100% al final de la gestión 2025.

- Proyectar el tratamiento de aguas residuales a través de soluciones individuales o tratamiento descentralizado al 100% al final de la gestión 2025.

- Identificar proyectos de inversión para mejorar la cobertura de saneamiento en el área urbana de la cuenca.

Tomando en cuenta las condiciones físicas y de espacialidad en las 39 comunidades de la cuenca se analizaron 5 alternativas de solución para saneamiento básico (**Figura 34**):



FIGURA 34. ACCIONES PARA EL SANEAMIENTO BÁSICO DE LA CUENCA

En función del diagnóstico de la infraestructura y condiciones de borde como la población total, dispersión de la comunidad, acceso y cobertura de agua potable, se seleccionaron por comunidad 3 acciones de intervención de saneamiento que se explican a continuación:

CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLADO SIMPLIFICADO POR COMUNIDAD

Para la selección de esta solución técnica, se tomó

en cuenta la espacialidad en la concentración de la población, vale decir que estas comunidades son concentradas y no dispersas. Asimismo, en promedio tiene una cobertura de disposición de excretas a pozo ciego del 29% y una cobertura de agua promedio del 79%. Las comunidades beneficiadas con esta solución tecnológica son las mostrada en la **Tabla 43**:

Comunidad	Población		Comunidad	Población	
	2021	2025		2021	2025
Casa Vieja	480	506	Tambillo Bajo	305	321
Flores Palca	63	66	Tatasi	615	648
Gallego	587	618	Villa Providencia	413	435
Oploca	681	717	Yurcuma	1,888	1,988
Salo	467	491			
Total	Población 2021		Población 2025		
	5,499		5,790		

TABLA 43. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE LAS COMUNIDADES BENEFICIADAS CON LA CONSTRUCCIÓN DEL ALCANTARILLADO SIMPLIFICADOM + PTAR DESCENTRALIZADA

Esta acción de intervención consiste en la construcción de los siguientes módulos:

a. Baño con inodoro de arrastre hidráulico: Estos baños son los convencionales con inodoro de descarga hidráulica, considerando que en promedio solo un 29% de las comunidades tienen acceso a inodoros. El plan contempla la inversión para la construcción de la infraestructura completa al 100% de cobertura. Se tiene un costo de inversión de 2,974 Bs (dos mil novecientos setenta y cuatro bolivianos) por habitante equivalente. La inversión incluye el costo de la acometida domiciliaria.

b. Red de Recolección de Aguas Residuales: En función de la concentración de la población este componente contempla la construcción de redes de recolección en diámetros comprendidos entre 100 mm y 200 mm como máximo (tipo condominial) en material PVC (comúnmente usado en Bolivia). El costo de inversión contempla cámaras de inspección, actividades preliminares, movimiento de tierras y es igual a 286 Bs (doscientos ochenta y seis bolivianos) por metro lineal.

c. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Descentralizada: Dada la concentración de la población se recomienda la construcción de plantas descentralizadas

comunitarias para las poblaciones beneficiarias de esta acción estratégica de intervención.

El tren de tratamiento para este módulo es el siguiente (Figura 35):

- Pretratamiento mecanizado compacto: Separador de sólidos gruesos y finos.
- Tanque de homogenización: En función de la descarga no uniforme recolectada por las redes es necesaria la construcción de un tanque de homogenización para la regulación del ingreso del caudal a la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Cámara desgrasadora: A efectos de evitar el ingreso de grasas y compuestos oleaginosos dentro la PTAR, mismos que afectarían el tratamiento.
- Biorreactor anaerobio: Tratamiento primario para la sedimentación de partículas finas y descomposición de materia orgánica.
- Cámara de aeración: Tiene por objeto incrementar el oxígeno disuelto en el agua proveniente del tratamiento primario en condiciones anaerobias.
- Biofiltro de flujo horizontal: Tratamiento secundario, continúa con la descomposición de materia orgánica.

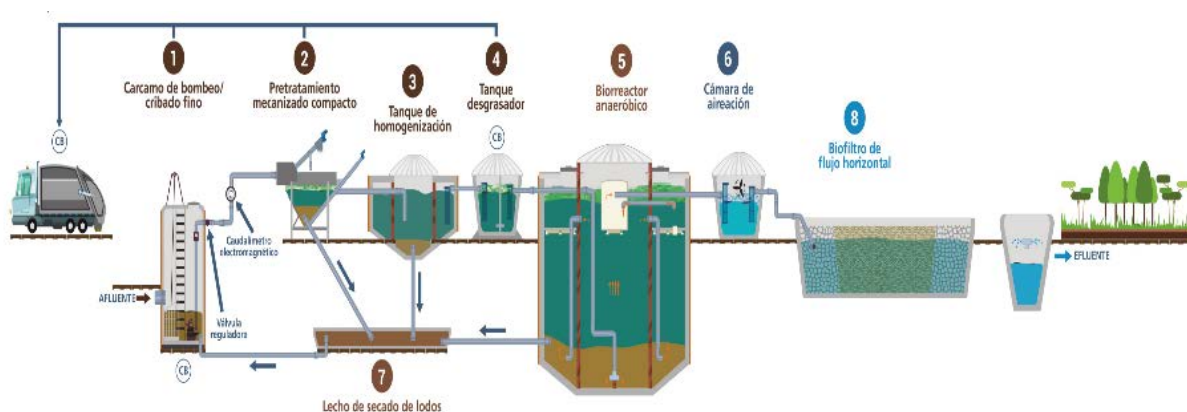


FIGURA 35. COMPONENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESCENTRALIZADA PROPUESTA

El efluente final bajo este tren de tratamiento tendrá los siguientes parámetros máximos de descarga (aptos para riego de tallo alto) exigidos según Reglamento de Contaminación Hídrica (RCH) y el anexo 2 de la ley 1333:

- DBO5 < 80 mg/l
- DQO < 250 mg/l
- Coliformes Fecales < 1000 NMP/100 ml

Para este módulo se tiene un costo de inversión de 250 Bs (doscientos cincuenta bolivianos) por habitante equivalente. El costo de inversión total en sus tres (3) módulos para las nueve (9) comunidades es de 26'753,228 Bs (veintiséis

millones setecientos cincuenta y tres mil doscientos veintiocho bolivianos).

CONSTRUCCIÓN DE HUMEDALES ARTIFICIALES DOMÉSTICOS

Para la selección de esta solución técnica, se tuvo en cuenta la espacialidad en la concentración de la población, vale decir que estas comunidades son dispersas. Asimismo, en promedio tiene una cobertura de disposición de excretas a pozo ciego del 21% (por debajo de la acción de intervención 1) y una cobertura de agua promedio del 71.4%. La **Tabla 44** muestra las comunidades beneficiadas con esta solución tecnológica:

Comunidad	Población		Comunidad	Población	
	2021	2025		2021	2025
Almona	238	250	Pilquiza	210	221
Charahota	132	139	San Miguel	721	759
Cruz Pampa	140	147	San Vicente	137	144
La Torre	286	301	Tambillo Alto	163	171
Monte Rico	262	276	Torre Chica	139	146
Oploca	681	717	Torre Wayco	339	357
Oro Ingenio	147	155	Vetillas	136	143
Total	Población 2021		Población 2025		
	3,731		3,926		

TABLA 44. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE LAS COMUNIDADES BENEFICIADAS CON LA CONSTRUCCIÓN DE HUMEDALES ARTIFICIALES DOMÉSTICOS

Esta acción de intervención consiste en la construcción de los siguientes módulos (**Figura 36**):

a. Baño con inodoro de arrastre hidráulico: Estos baños son los convencionales con inodoro de descarga hidráulica, teniendo en cuenta que en promedio solo un 21% de las comunidades tienen acceso a inodoros. El plan contempla la inversión para la construcción de la infraestructura completa al 100% de la cobertura. Se tiene un costo de inversión de 2,974 Bs (dos mil novecientos setenta y cuatro bolivianos) por habitante equivalente. La inversión incluye el costo de la acometida domiciliaria.

b. Reactor UASB modificado: Esta infraestructura consiste en la construcción de un reactor de anaerobio de flujo ascendente compartimentado, es decir, que cuenta con sedimentación escalonada en tres etapas. Tiene un costo de inversión de 101 Bs (ciento un bolivianos) por habitante equivalente.

c. Humedal artificial: Consiste en la construcción de un humedal de flujo horizontal

relleno de material granular, tiene por objeto la descomposición de la materia orgánica y adsorción de la misma a través de las bacterias integrantes del biofilm formadas alrededor del material granular, con un volumen de 2.4 m³ y un costo de inversión de 39 Bs (treinta y nueve bolivianos) por habitante equivalente.

d. Zanja de infiltración y lecho de secado de lodos: Se tiene como producto de la sedimentación en los reactores UASB domiciliarios lodo biológico que debe ser evacuado aproximadamente 1 vez al año dependiendo el uso de los integrantes de la familia en la descarga hidráulica de los baños principalmente. Este lodo al ser biológico debe ser necesariamente deshidratado en una superficie de 2 m², después de deshidratarlo a simple exposición solar el mismo puede ser dispuesto como compost en la misma familia. Las zanjas de infiltración son opcionales en caso de que la familia no tenga espacio para áreas verdes o cultivos domiciliarios para consumo interno. Ambas infraestructuras tienen un costo de inversión de 24 Bs (veinticuatro bolivianos) por habitante equivalente

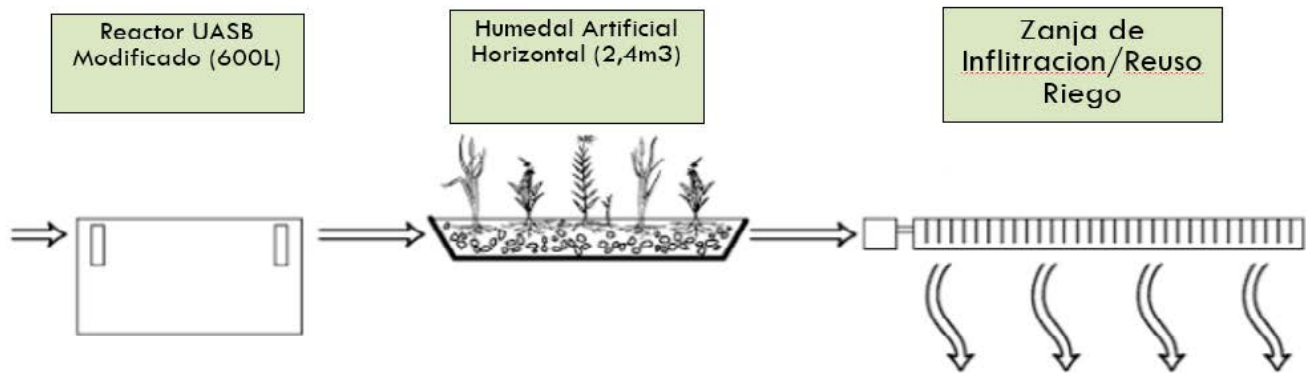


FIGURA 36. ESQUEMA DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DOMÉSTICO (MÓDULOS B, C Y D).

El costo de Inversión total en sus cuatro (4) módulos para las 14 comunidades es de 9,563,054 Bs (nueve millones quinientos sesenta y tres mil cincuenta y cuatro bolivianos).

CONSTRUCCIÓN DE BAÑOS SECOS (ECOSAN)

Para la selección de esta solución técnica, se ha tomado en cuenta la espacialidad en la concentración de la población, vale decir que

estas comunidades son dispersas. Asimismo, en promedio tiene una cobertura de disposición de excretas a pozo ciego del 19% (por debajo de la acción de intervención 1 y 2) y una cobertura de agua promedio del 61% (menor acceso relativo a la acción de intervención 1 y 2). Las comunidades beneficiadas con esta solución tecnológica son (Tabla 53):

Comunidad	Población		Comunidad	Población	
	2021	2025		2021	2025
Angostura	69	73	Entre Rios	89	93
Bolívar	153	161	Guadalupe	85	89
Caracota	93	97	Portugalete	107	113
Chillco	73	76	San Gerardo	886	933
Chocaya	65	68	San Jose de Hornos	96	101
Choroma	47	49	Santa Elena	44	46
Cieneguillas	94	99	Tholomayu	11	12
Total	Población 2021		Población 2025		
	1,912		2,010		

TABLA 45. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE LAS COMUNIDADES BENEFICIADAS CON LA CONSTRUCCIÓN DE BAÑOS SECOS (ECOSAN).

Esta línea de acción de intervención consiste en la construcción de los siguientes componentes (Figura 37):

a. Baño ecológico seco con separación de orina: Por la dispersión y accesibilidad de las comunidades no es factible económicamente un servicio de disposición de recojo de sólidos. La familia debe hacer tratamiento in situ con la disposición de estos dispositivos a través de pequeños reactores para su estabilización y posterior reuso como compost.

El costo de inversión es de 2,565 Bs (dos mil

quinientos sesenta y cinco bolivianos) por habitante equivalente. El costo total para las 12 comunidades es de 2,840,789 Bs (dos millones ochocientos cuarenta mil setecientos ochenta y nueve bolivianos)

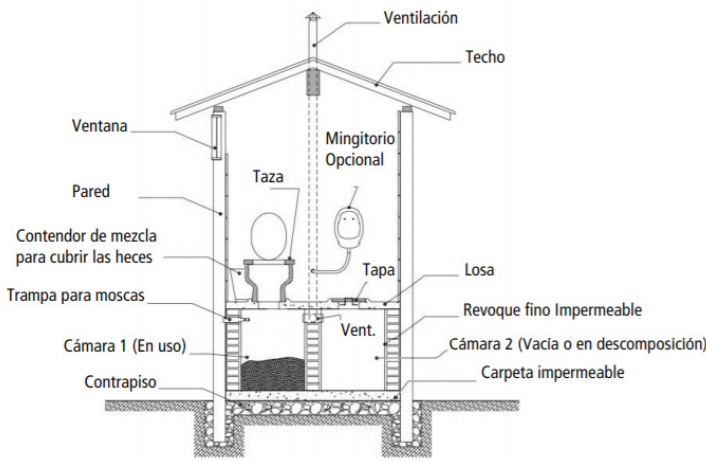


FIGURA 37. COMPONENTES DE UN BAÑO SECO ECOLÓGICO Y ESPECIFICACIONES GENERALES

Material de cobertura: promedio diario, 0,05 kg/p
Papel higiénico: promedio anual, 8,9 kg/persona/año
Densidad asumida de las heces: 1 kg/l
Almacenamiento: seis meses después del último uso

Producción de heces:

5 adultos x 0,4 kg/día = 2 kg/día
 5 niños/as/ancianos/as x 0,15 kg/día = 0,75 kg/día
Total = 2,8 kg/día
Peso de heces = 83 kg/mes
Reducción estimada por ausencia (-20%) = -17 kg/mes
Por seis meses = 396 kg/medio año
Pérdida de humedad (-25%) = -99 kg/medio año
Papel higiénico = 45 kg/medio año

ESTUDIO MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CIUDAD DE TUPIZA

El proyecto se ha concluido a nivel de pre-inversión (EDTP) y tiene dentro su alcance:

- a) Ampliación y mejoramiento de redes de alcantarillado sanitario.
- b) Construcción de un emisario nuevo conduciendo las aguas residuales hacia la PTAR.
- c) Mejoramiento y ampliación de la PTAR Tupiza
- d) Infraestructura resiliente de los componentes del sistema de alcantarillado sanitario a implementar, a través de un análisis de riesgos y adaptación al cambio climático

Los componentes incluidos en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario incluyen: red de colectores (construcción de tuberías de PVC SDR

41 hasta diámetros de 450 mm), 2135 cámaras de inspección (de las cuales 954 corresponden a cámaras de inspección de arranque), 7715 conexiones domiciliarias (la cantidad es producto de un levantamiento de información realizada por Censo Comunal y de los datos oficiales de la OLPE) y finalmente la PTAR

La proyección de la población por los métodos geométrico y exponencial, muestran para el periodo de diseño de 30 años se asume como población final de diseño la mayor población proyectada por el método exponencial, que arroja un valor para el año 2051 de 63,773 habitantes (solo centro urbano de Tupiza).

El presupuesto total es de 116,652,839.6 Bs, el cual incluye los componentes de infraestructura, supervisión y desarrollo comunitario (ver **Tabla 46**)

Nº	COMPONENTE	MONTO (Bs.)
A	Infraestructura	106,409,403.94
A1	LOTE 1	46,134,431.79
A2	LOTE 2	42,576,896.92
A3	LOTE 3	17,698,075.23
B	Supervisión	3,908,207.70
C	Desarrollo Comunitario	6,335,228.02
TOTAL (Bs.)		116,652,839.66

FUENTE: ARMIJO C&C

TABLA 46: PRESUPUESTO ESTIMADO SISTEMA ALCANTARILLADO SANITARIO Y PTAR CENTRO URBANO DE TUPIZA

Dentro del alcance del proyecto se contempla abastecer y dotar del servicio de alcantarillado sanitario a comunidades próximas al centro urbano, estas son: Pálala Alta, Pálala baja y San Gerardo. Cabe resaltar que las mismas no han sido contempladas en la elaboración de acciones estratégicas para el área rural de la cuenca.

ALTERNATIVAS DE MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE LODOS EN LA PTAR TUPIZA

Para esta acción se ha evaluado dos alternativas: i) planteada en el diseño de la PTAR Tupiza, y ii) por Bolivia WATCH en colaboración con Aguatuya basado en la experiencia de este tipo de acciones en Bolivia.

Respecto a la primera alternativa, como se mencionó en acápites precedentes, en la zona urbana y periurbana de la cuenca del Río Tupiza existen dos proyectos importantes de agua y saneamiento, i) el proyecto Estarca para garantizar el suministro de agua potable, y ii) la ampliación de las redes de alcantarillado con la

construcción de una PTAR. El diseño de la nueva PTAR es liderado por el MMAYA y financiado por la Agencia Francesa de Cooperación y ejecutada por la Consultora Armijo. El diseño plantea la implementación de un tren de tratamiento donde en la parte central se tienen reactores USB + Percoladores + Clarificadores secundarios, planteando una recirculación en la línea de lodos, por lo que el lodo producido será un lodo digerido. La alternativa de la tecnología planteada en el estudio para el tratamiento de lodos es: LECHO DE SECADO DE LODOS + COMPOSTAJE. El lodo digerido es drenado a los lechos de secado de lodos para reducir el porcentaje de humedad por efecto de la radiación solar, después de unos días el lodo es conducido a una Planta de Compostaje donde puede añadirse materia orgánica (hojas y otros) para garantizar la eficiencia del proceso, finalmente se realiza un tratamiento alcalino con cal para la eliminación de los patógenos que pudieran estar presentes. En el **Cuadro 2**, se presenta las características técnicas de la alternativa.

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
Lecho de secado de lodos	<p>Función: Secado, retención de sólidos y reducción volumétrica</p> <p>Dimensionamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tasa de aplicación 100-200 kg TS/m²/año (0.08 m²/hab.); Relación de aplicación de lodo fresco: lodo estabilizado 1: 2; • Altura de la capa de lodos por aplicación 30 cm. <p>Eficiencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 97% de retención de sólidos en suspensión • Reducción de hasta un 90% en la demanda química de oxígeno; • Reducción volumétrica del 90%. • El contenido de sólidos resultante es del 30% al 40%, en ciclos de 10 y 15 días. <p>Operación y mantenimiento: Consiste en la aplicación de proporciones adecuadas de lodos en los lechos, eventual control de roedores y vectores. El lodo se puede eliminar del lecho después de 10 a 15 días, dependiendo de las condiciones climáticas. La capa superficial de los lechos debe rehacerse después de eliminar el lodo.</p>
Compostaje	<p>Función: Tratamiento (compostaje) de lodos estabilizados y drenados, posiblemente con residuos orgánicos.</p> <p>Dimensionamiento: Los principales criterios a considerar son una relación carbono: nitrógeno entre 20-30: 1, manteniendo la humedad en la hilera entre 40-60% y la concentración de oxígeno en la pila de compostaje entre 5-10%. Para pilas estáticas, el diámetro de las partículas debe ser inferior a 5 cm. El proceso de compostaje debe tomar al menos 3 meses y las hileras deben tener aproximadamente 1 m de alto por 2 m de radio.</p> <p>Eficiencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 50% de reducción de volumen y buena estabilización de microorganismos patógenos <p>Operación y mantenimiento: Durante el proceso de compostaje se debe garantizar la humedad y oxigenación de las hileras. Para la oxigenación se pueden utilizar mecanismos de ventilación pasivos, como tubos de ventilación, o activos, con sopladores o aspiradores; El giro periódico de la pila puede garantizar los niveles de oxígeno y distribuir mejor el compuesto durante todo el proceso.</p>

CUADRO 2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA ALTERNATIVA PLANTEADA EN EL DISEÑO DE LA PTAR TUPIZA

La segunda alternativa, propuesto por Bolivia WATCH, parte de las siguientes premisas:

- El sistema de tratamiento de lodos debe considerar soluciones y tecnologías adaptadas al clima local, así como la disponibilidad del área en la misma PTAR.
- La operación del sistema de lodos debe ser consistente con las condiciones de operación de la PTAR existente.
- Los costos de implementación y operación del sistema deben ser factibles y consistentes con las condiciones de operación locales
- El subproducto sólido del sistema de tratamiento de lodos debe poder ser utilizado en la producción agrícola y presentar niveles de humedad que sean convenientes para el transporte
- El subproducto líquido del sistema de tratamiento de lodos debe poder ser utilizado en la producción agrícola cercana a la planta o en un radio aceptable donde el transporte del mismo no se torne costoso.
- El sistema debe minimizar el riesgo de externalidades negativas para el vecindario y los operadores, como también en relación con el ruido, olores y proliferación de vectores biológicos.
- Minimizar el consumo de energía y los insumos materiales en el proceso de tratamiento
- El sistema debe considerar aspectos de flexibilidad para que pueda escalarse

modularmente en caso de necesidad de expansión de la planta de tratamiento.

La alternativa tecnológica que se analizó para el caso de la PTAR Tupiza es: LECHO DE SECADO DE LODOS PLANTADO + PROCESO AEROBIO. Los lodos pueden ser drenados directamente a un Lecho de Secado Plantado para su estabilización final, los lechos de secado plantados consisten en una superficie de filtrado drenada donde se dispone los lodos húmedos, sobre el lodo se plantan especies vegetales adecuadas que ayudan en el drenaje además de promover la captura de nutrientes y ayudar a estabilizar el lodo. La humedad se elimina mediante la percolación del líquido a través del lecho y la evapotranspiración que realiza la masa vegetal, reduciéndose a niveles en torno al 50%. Este proceso también tiene una buena eficiencia en la retención de sólidos totales (ST) y organismos patógenos, además de reducir el volumen de ST hasta en un 30%. Una vez removidos los lodos de los lechos plantados es el compostaje, se dispone en un área formando pilas ventiladas, este proceso aerobio entrega un compuesto rico en carbono y nutrientes que se puede utilizar como mejorador del suelo. Gracias a su etapa termofílica, con una temperatura interior de hasta 70°C, donde se inactivan microorganismos patógenos, asegurándose de ello con la adición de cal. En el **Cuadro 3** se presenta las características técnicas de la alternativa.

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
LLecho Plantado	<p>Función: Secado, retención de sólidos, estabilización de materia orgánica y reducción volumétrica.</p> <p>Dimensionamiento: asas de aplicación de 100 a 200 Kg TS/año. Las aplicaciones deben realizarse a intervalos de 3-7 días y en capas de 7-10 cm. Las plantas deben ser de rápido crecimiento y adaptarse a ambientes húmedos y de alta salinidad.</p> <p>Eficiencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Retención del 99% de sólidos en suspensión • Reducción del 70 al 90% de la demanda química de oxígeno • El contenido de sólidos resultante es del 30% al 40, más una reducción del 20 al 30% en el porcentaje de sólidos volátiles • Eliminación del 99% de NTK (nitrógeno total Kjeldahl) y 97% de fosfato • Retención del 100% de huevos de helmintos. <p>Operación y mantenimiento: Requiere una formación cuidadosa de los operadores. El lodo debe esparcirse uniformemente sobre los lechos y solo cuando las plantas hayan alcanzado la etapa adecuada; y la biomasa debe podarse o cosecharse a intervalos regulares. La remoción de lodos se realiza a intervalos de 3 a 5 años, cuando la capa superficial del lecho debe reconstituirse.</p>

CUADRO 3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA ALTERNATIVA ANALIZADA POR BOLIVIA WATCH

Un aspecto para considerar es el análisis del lodo producido actualmente en la PTAR Tupiza. Al no existir una norma de lodos, los resultados de laboratorio se compara con los parámetros del Reglamento de Contaminación Hídrica de la Ley de Medio Ambiente 1333 donde se establece

límites de descarga de las aguas residuales. Como se puede observar en la **Tabla 47**, los lodos contienen metales pesados y algunos de ellos pasan del límite de la norma como ser el Hierro, Zinc y Cobre

Metales pesados	Muestra (mg/kg)	Norma (mg/kg)
Hierro (Fe)	2.668	1.0
Plomo (Pb)	<0.001	0.6
Zinc (Zn)	198.643	3.0
Cobre (Cu)	37.4	1.0
Mercurio (Hg)	<0.001	0.002
Cadmio (Cd)	0.36	0.3
Cromo (Cr)	<0.01	1.0
Plata (Ag)	0.008	0.05

FUENTE: ANÁLISIS DE LABORATORIO SGLAB SRL, 2020; REGLAMENTO DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA LEY 1333

TABLA 47. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE LODOS PTAR TUPIZA

Con base al análisis de las dos alternativas se concluye lo siguiente:

- Ninguna de las dos alternativas durante su proceso remueve materiales pesados, por lo que se recomienda analizar este aspecto de forma más detallada.
- Las dos alternativas tienen algún grado de innovación.
- Las dos alternativas son muy similares, con la principal distinción de que la segunda alternativa reemplaza los lechos de secado convencionales por los lechos de secado plantados, que traen mayor integración con otras funciones del sistema, como la estabilización aeróbica y las diferentes vías de deshidratación (evapotranspiración), además de convertirse en un componente de integración con el paisaje local. Esta configuración permite inclusive retirar la etapa adicional de compostaje.
- Los dos sistemas propuestos presentan condiciones operativas accesibles a nuestro contexto local, con bajos costos operativos (sin demanda de insumos químicos o energía eléctrica para el procesamiento de lodos). Entre las alternativas, se puede esperar que la primera alternativa tenga una carga de trabajo mayor que la segunda alternativa, ya que requiere una etapa de compostaje y una mayor frecuencia de remoción de lodos de los lechos de secado (dado que los lechos de secado tienen mayor retención de sólidos y permite el compostaje, además de secar).
- En cuanto al costo operativo (OPEX), las principales diferencias entre los dos sistemas esta con la frecuencia de recogida de lodos secos

y la necesidad o no de una etapa de compostaje. En este sentido, la primera alternativa presenta mayores esfuerzos por parte del equipo para recolectar los lodos de los lechos de secado, además de manejar las pilas de compostaje. En el caso de la segunda alternativa, este trabajo se simplifica, ya que el tiempo de retención en los lechos de secado plantados es mayor, además de permitir el compostaje de los contenidos en el propio sistema.

- El costo de implementación (CAPEX) de los dos sistemas está relacionado principalmente con la escala de obra civil, que no presenta altas complejidades técnicas por lo que se espera costos de implementación similares. Si bien el área aplicada en la primera opción es mayor, la configuración de los lechos de secado plantados es más compleja, lo que implica un mayor costo para implementar esta etapa.

- Como se ha podido ver las dos alternativas son factibles de implementación, para la decisión final es necesario avanzar a un nivel de dimensionamiento para contar con presupuestos de inversión, O&M, además de un análisis del reúso potencial del producto, aspectos que deben ser analizados de forma conjunta con EMPSAAT y el Gobierno Municipal.

6.2 Equidad de género y mejorar la calidad de vida

El análisis de pobreza y equidad social que incluye la equidad de género fue realizado transversalmente, de tal modo que, las estrategias de infraestructura a escala de cuenca y a escala de comunidad fueron informadas por

dicho análisis. Esta Línea Estratégica se enfoca en las acciones que deben complementar a las acciones de infraestructura para asegurarse de que éstas sean inclusivas en su implementación y, especialmente, que no impliquen un peso adicional en las mujeres o en grupos vulnerables. Para las acciones de desarrollo de infraestructura a gran escala, las acciones complementarias se deben implementar con expertas en género, para asegurar que los beneficios de las infraestructuras sean equitativos y que los modelos de operación de éstas incluyan las perspectivas de las mujeres locales para reducir asimetrías de género. Las estrategias a escala de cuenca deben conectar con las problemáticas locales y, para ello, se requiere el insumo proveniente de las experiencias y conocimiento de las mujeres y grupos que fueron desplazados en las decisiones.

Para apoyar estos procesos con una mirada de género y equidad social para la implementación de las infraestructuras y la toma de decisiones en las diferentes escales, se han listado las siguientes líneas de acción.

6.2.1 Línea de acción de empoderamiento: Capacitación a mujeres en liderazgo y participación para la toma de decisiones

- Debe ser impartida por una experta en género y desarrollarse de manera temprana, con la finalidad de que contribuya a fortalecer la participación a través de entrenamientos en liderazgo, auto iniciativas de participación y el empoderamiento de las mujeres a lo largo de la implementación del PDC.

- Los entrenamientos deben ser diseñados con una mirada apropiada y accesible al contexto sociocultural que pueda promover grupos u organizaciones de mujeres.

- En la implementación de los procesos de capacitación se deben considerar estrategias de incentivos y/o compensación para facilitar la participación de mujeres, sin que ellas deban sacrificar sus actividades económicas cotidianas o que los talleres representen una carga adicional en sus tareas.

Una propuesta de Contenido Inicial, señalada por una experta en género, incluye los siguientes módulos temáticos (**Tabla 48**):

Módulo	Temáticas para abordar	Objetivo	Tiempo
1. Sexo, Género y Roles Sociales	<ul style="list-style-type: none"> - Los papeles de Sexo y Género - Discriminación y violencia de género. - Triple rol de la mujer - Trabajo de cuidados 	<ul style="list-style-type: none"> - Que las participantes comprendan las diferencias entre sexo y género. - Explorar desde las vivencias de las mujeres los condicionamientos culturales respecto a los papeles de género y cómo esto genera situaciones de discriminación y violencia de género en sus vidas. - Conectar el triple rol de la mujer con las necesidades prácticas y estratégicas de género, y su importancia de distinguirlas. - Examinar cómo esta división del trabajo interactúa con las dinámicas de la comunidad y en la familia. - Trabajo de cuidado y la importancia de reconocerlo y visibilizarlo. 	8 horas
2. Avance normativo sobre los derechos de las mujeres	<ul style="list-style-type: none"> - Estado de situación de los derechos de las mujeres en Bolivia. - Avance normativo a favor de los derechos de las mujeres en Bolivia (en las diferentes esferas) - ¿Por qué es importante que las mujeres conozcamos nuestros derechos? - Género y despatriarcalización en Bolivia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que las participantes conozcan el marco normativo favorable en Bolivia para garantizar los derechos de las mujeres. - Reflejar los diferentes avances logrados en los diferentes niveles (político, económico, salud, etc.) en la vida de las mujeres y reflexionar con ellas las limitaciones y desafíos. - Reflexionar acerca del concepto de despatriarcalización en Bolivia. 	8 horas

Módulo	Temáticas para abordar	Objetivo	Tiempo
3. Ciudadanía, Liderazgo y mecanismos de participación ciudadana.	<ul style="list-style-type: none"> - Ciudadanía: ¿Qué significa ser ciudadano/a? - Derechos y Deberes - Mecanismos de participación social reconocidos en Bolivia. - El rol y niveles de participación de las mujeres en los diferentes espacios. - La importancia de la participación y reconocimiento del rol de las mujeres en el desarrollo local y las organizaciones. - Control y vigilancia social y cómo podemos participar las mujeres. 	<ul style="list-style-type: none"> - Que las mujeres se reconozcan como ciudadanas con derechos y deberes. - Conozcan los mecanismos de participación y control social, y su aporte en el desarrollo local y organizacional. 	8 horas
4. Autoestima y estrategias lúdicas para el fortalecimiento de liderazgo	<ul style="list-style-type: none"> - Autoestima - Empoderamiento - Herramientas de fortalecimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Brindar herramientas básicas y lúdicas para motivar a las mujeres a mirarse, reconocerse, y expresarse. 	8 horas

TABLA 48. CONTENIDO DE CAPACITACIÓN PARA EL FORTALECIMIENTO Y LIDERAZGO DE MUJERES (NIVEL 1 - BÁSICO).

Aspectos a considerar para la realización de cada taller:

- Tiempos de las mujeres para garantizar su participación (se debe consensuar horarios y días).
- Espacio adecuado y una persona que apoye en el cuidado de los niños/as.
- Refrigerios para los niños/as.
- Apoyo de transporte local para garantizar su participación.
- Incentivo para motivar la participación.
- Ante todo, garantizar una metodología lúdica

participativa con apoyo de recursos.

Se recomienda que la experta en género desarrolle un taller inicial para capacitar a facilitadoras locales, entregarles material de apoyo, para que posteriormente ellas se encarguen de capacitar a al menos cinco (5) mujeres de cada comunidad, rural y periurbana y al menos 10 mujeres de la ciudad de Tupiza. Con base en esta propuesta, el costo aproximado de la implementación de los talleres de capacitación sería de 185,000 Bs, el cual se detalla a continuación en la **Tabla 49**.

Detalle	Cantidad	Costo unitario (Bs)	Costo global (Bs)	Total (Bs)
Consultora experta en género a cargo de diseñar contenidos y capacitar facilitadores locales	1	25,000		25,000
Elaboración e impresión de Guía para facilitadoras			7,000	7,000
Refrigerios para consultor experto y facilitadoras (5 días de taller)	50	40		2,000
Facilitadoras locales a cargo de capacitar a 50 mujeres, cada una	4	25,000		100,000
Materiales para entregar a mujeres capacitadas			10,000	10,000
Refrigerios y almuerzos para 200 mujeres y 50 niños(as) (3 días de taller)	600	40		24,000
Costo de transporte de las mujeres o de las facilitadoras			7,000	7,000
Incentivos para participación de mujeres	200	50		10,000
TOTAL				185,000

TABLA 49. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE TALLERES DE FORTALECIMIENTO Y LIDERAZGO DE MUJERES DE LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA.

6.2.2 Línea de acción de comunicación y concientización: Campañas de comunicación y concientización sobre

la

aplicación del PDC

a) Talleres informativos con participación equilibrada de hombres y mujeres, que acompañen a la implementación de los proyectos de infraestructura señalados en las Acciones Estratégicas. Estos talleres informativos deberán realizarse en cada comunidad, como parte de la implementación de proyectos de infraestructura, por lo que sus costos deberían estar contemplados en cada uno de ellos. Los talleres deben informar a cada comunidad beneficiaria sobre el proyecto que se está implementando en su comunidad, en las distintas etapas de implementación. Estos talleres no deberían representar costos significativos, porque se darían en el marco de las visitas programadas a las comunidades. Esto requerirá hacer convocatorias anticipadas a hombres y mujeres de la comunidad y ofrecer refrigerios durante las reuniones.

6.2.3 Línea de acción para el desarrollo de habilidades: Capacitación a hombres y mujeres en acciones de gestión del agua, saneamiento y riego

a) Talleres de capacitación con participación equilibrada de hombres y mujeres e impartidas por expertos, que acompañen al monitoreo y la implementación de los proyectos de infraestructura señalados en las Acciones Estratégicas.

b) Talleres de capacitación con participación equilibrada de hombres y mujeres para todos los talleres relacionados a las acciones a nivel de hogares, comunidad y proveedores de servicios. Por ejemplo, promover la participación de mujeres en acciones relacionadas al riego (tecnologías de riego) y promover la participación de hombres en acciones relacionadas a las actividades domésticas (prácticas de higiene, manejo de residuos, calidad del agua para el uso doméstico). Una propuesta de contenidos básicos sugerida por una experta en Agua y Saneamiento, es la siguiente (**Tabla 50**):

Escala	Módulo	Temáticas para abordar	Objetivo	Tiempo
Hogar	Tecnología WASH y componentes de absorción de aire	Infraestructura WASH: - Suministro de agua gestionado de forma segura (para beber y para uso doméstico), incluido el uso múltiple. - Saneamiento gestionado de forma segura, incluida la gestión de la higiene menstrual (MHM) - Lavamanos con agua y jabón. - Prácticas de higiene - Manejo de residuos, Promoción WASH: - Mensajes de salud - Desencadenamiento del comportamiento (por ejemplo, marketing social)	Capacitar a los hogares de las comunidades y de la ciudad de Tupiza en los conocimientos básicos sobre el acceso al agua y saneamiento seguros	8 horas
Hogares	Riego	Tecnologías de riego adecuadas para la cuenca, según tipos de cultivo	Capacitar a los hombres y mujeres de las comunidades en los conocimientos básicos sobre tecnologías de riego y su aplicación en las comunidades de la cuenca	4 horas
Comunidad	Promoción de la igualdad social y de género (GSE) en WASH:	- Generación de conciencia sobre la igualdad social y creación de capacidad (por ejemplo, procesos participativos para fomentar la autorreflexión crítica) - Mecanismos de financiación inclusivos - Iniciativas de empoderamiento de la mujer - Enfoques comunitarios inclusivos y transformadores.	Transmitir a líderes y lideresas de comunidades los conocimientos básicos sobre el acceso igualitario e inclusivo al agua y al saneamiento básico, con la finalidad de empoderar a los líderes locales y mejorar la distribución equitativa de roles entre hombres y mujeres	8 horas
Proveedor de Servicios (EMPSAAT y los implementadores de proyectos de agua y saneamiento en las comunidades)	Integración de GSE en el fortalecimiento del sistema	- Sensibilización y creación de capacidad en materia de equidad social y de género de los profesionales de WASH - Capacitación en la prestación de servicios (por ejemplo, operación, mantenimiento y gestión) para grupos subrepresentados o vulnerables - Auditorías de género e igualdad social	Capacitar a técnicos de los proveedores de servicios, sobre la equidad social y de género y su relación con el acceso a los servicios de agua y saneamiento en la cuenca	4 horas

TABLA 50. CONTENIDO DE CAPACITACIÓN PARA WASH Y RIEGO A HOMBRES Y MUJERES.

De acuerdo con los tres niveles propuestos para la implementación de los talleres en Agua, Saneamiento y Riego, los costos de implementación

totales serían de aproximadamente 225,600 Bs, como se detalla a continuación en la **Tabla 51**.

Detalle	Cantidad	Costo unitario (Bs)	Costo global (Bs)	Total (Bs)
Capacitación en Agua y Saneamiento (WASH)				
Consultora experta en WASH a cargo de diseñar contenidos y capacitar facilitadores locales	1	25,000		25,000
Elaboración e impresión de Guía para facilitadores (2 facilitadores hombres y 2 mujeres)			7,000	7,000
Refrigerios para consultor experto y facilitadores (3 días de taller)	15	80		1,200
Facilitadores locales a cargo de capacitar a 50 personas. 25 hombres y 25 mujeres. Cada uno (talleres a nivel de hogar); 40 líderes y 40 lideresas de comunidades (talleres a nivel comunidad); 20 técnicos EMPSAAT y otros proveedores de servicios	4	25,000		100,000
Materiales para entregar a hombres y mujeres capacitados (Talleres a nivel de hogar)			15,000	15,000
Refrigerios y almuerzos para 250 personas (100 hombres, 100 mujeres y 50 niños y niñas) (1 día de taller a nivel de hogar)	200	80		16,000
Costo de transporte de los participantes o de los facilitadores hasta las comunidades			7,000	7,000
Incentivos para participantes	200	50		10,000
Refrigerios y almuerzos para 80 personas. 40 líderes y 40 lideresas de comunidades (1 día de taller a nivel de comunidad)	80	80		6,400
Materiales para entregar a hombres y mujeres capacitados (1 día de taller a nivel de comunidad)			1,000	1,000
Refrigerios y almuerzos para 20 técnicos EMPSAAT y otros proveedores de servicios (1/2 día de taller)	200	40		8,000
Materiales para entregar a hombres y mujeres capacitados (Talleres a nivel de hogar)			500	500
Riego				
Refrigerios y almuerzos para 250 personas (100 hombres, 100 mujeres y 50 niños y niñas) (1/2 día de taller a nivel de hogar)	200	40		8,000
Materiales para entregar a hombres y mujeres capacitados (1/2 día de taller a nivel de comunidad)			3,500	3,500
Costo de transporte de los participantes o de los facilitadores hasta las comunidades			7,000	7,000
Incentivos para participantes	200	50		10,000
TOTAL				225,600

TABLA 51. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE TALLERES DE CAPACITACIÓN EN WASH Y RIEGO A HOMBRES Y MUJERES DE LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA.

Se propone que, a partir de estas capacitaciones y con el fin de incentivar a las mujeres a ganar mayores conocimientos y empoderamiento, se aplique un Fondo Concursable de Proyectos, al que 25 mujeres de la cuenca puedan aplicar para recibir capacitación y asesoramiento para desarrollar un proyecto de agua, saneamiento, manejo de residuos sólidos o riego, en las comunidades a las que representan. La **Tabla 52** resume la propuesta para el Fondo.

Acción	Objetivo	Descripción	Montos asignados
Fondo Concursable para mujeres lideresas	Lograr el empoderamiento de un grupo de al menos 25 mujeres lideresas en la gestión del agua, y llevar a la práctica las iniciativas de organizaciones o agrupaciones de mujeres	Capacitación en las temáticas de proyectos y apoyo en el diseño propuesto por mujeres en la Cuenca.	14,000 Bs. Para agrupaciones sin experiencia en manejo de fondos (Dos proyectos) 28,000 Bs para agrupaciones con experiencia en manejo de fondos (Dos proyectos)

TABLA 52. PROPUESTA DE FONDO CONCURSABLE PARA MUJERES LIDERESAS DE LA CUENCA.

Bajo la propuesta de montos para los Fondos Concursables, los costos estimados para su implementación ascenderían a 92,000 Bs, con

un detalle similar al que sigue a continuación (Tabla 53).

Descripción	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Total (Bs.)
Fondos concursables para mujeres lideresas con experiencia en manejo de fondos	2	28,000	56,000
Fondos concursables para mujeres lideresas sin experiencia en manejo de fondos	2	14,000	28,000
Consultores expertos en temáticas de proyectos	2	4,000	8,000
TOTAL (Bs.):			92,000

TABLA 53. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE FONDOS CONCURSABLES PARA MUJERES LIDERESAS DE LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA.

6.2.4 Línea de acción de toma de decisiones: Incrementar la participación de las mujeres en las estructuras organizativas y de decisión a nivel comunal, municipal y nacional

a) Paridad de género en posiciones de poder y de toma de decisiones (corregidores, jueces de agua, sindicato agrario, Plataforma Interinstitucional del PDC). Este trabajo debe realizarse en coordinación con los municipios, subalcaldías y comunidades, con la finalidad de que la paridad de género sea aplicada conforme a Ley y pueda llegar hasta los

estatutos orgánicos de las comunidades.

Para este trabajo, se recomienda contratar a una consultora experta en género que pueda trabajar con cada nivel de gobierno, para socializar las leyes vigentes asociadas a la paridad de género en Bolivia y cómo aplicarlas efectivamente en los distintos niveles de poder.

Los costos estimados para este trabajo son de 32,500 Bs y se detallan de manera general a continuación (Tabla 54):

Detalle	Cantidad	Costo unitario (Bs)	Costo global (Bs)	Total (Bs)
Consultora experta en género a cargo de diseñar contenidos y capacitar a representantes de municipios, subalcaldías y comunidades	1	25,000		25,000
Materiales de trabajo			3,500	3,500
Refrigerios para consultor experto y 20 representantes municipios y subalcaldías (1/2 día de taller)	20	40		800
Refrigerios y almuerzos para 80 personas, 40 líderes y 40 lideresas de comunidades (1/2 día de taller)	80	40		3,200
TOTAL				32,500

TABLA 54. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE TALLERES DE CAPACITACIÓN EN PARIDAD DE GÉNERO A LOS DIFERENTES NIVELES DE GOBIERNO EN LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA

6.3 Protección, conservación y preservación de ecosistemas estratégicos con enfoque en las funciones ambientales

6.3.1 Línea de acción de Manejo Integral de Cuenca/microcuenca

Como parte del PDC del río Tupiza se proponen acciones o medidas prioritarias para las microcuencas priorizadas con un enfoque integral dentro de las cuales se contemplan opciones de infraestructura, buena gestión del agua y recursos naturales, planificación territorial y actividades productivas, esto dentro del marco del Manejo Integral de Cuencas (MIC) con un horizonte de cinco (5) años. La propuesta de dichas acciones se encuentra identificada dentro de la política del Plan Nacional de Cuencas (PNC) y contribuye considerablemente en las acciones operativas dentro del PDC del río Tupiza.

Todas estas acciones tienen como objetivo principal la disminución de los procesos de erosión de las zonas afectadas, a través de la promoción del uso sostenible de los recursos existentes. Por lo que se trabaja a partir de variables biofísicas indispensables en la identificación y evaluación de zonas vulnerables dentro de la cuenca. A través de un modelo de priorización multicriterio se concluyó que las microcuencas priorizadas (zonas más vulnerables) en las que se plantearon

las acciones son las microcuencas Pálala – Tambillo (**Figura 38**), Tatasi (**Figura 39**), y Cabecera del río Salo (**Figura 40**), ubicadas principalmente en los municipios de Tupiza y Atocha. Para estas se identificaron los problemas existentes en términos de uso del suelo, agua, cobertura vegetal y agricultura, centrando el análisis de priorización de las zonas de intervención dentro de las tres (3) microcuencas en los niveles de riesgo a la degradación del suelo moderado, alto y muy alto.

De manera que, lo que se busca es la formulación de acciones que contribuyan con la conservación de los suelos y recursos hídricos, mediante la incorporación de prácticas de protección y mejora con las que se pueda controlar la degradación del suelo y realizar un manejo eficiente del agua para el mantenimiento o incremento de la capacidad productiva de los recursos que dependen o se encuentran asociados al suelo y al agua. Asimismo, estas acciones deben fortalecer la capacidad organizativa para la gestión integral de la cuenca, de modo que, su implementación sea de interés común para la conservación de las microcuencas priorizadas. En consecuencia, se definieron cinco (5) componentes con 21 acciones o medidas operativas para el fortalecimiento de las organizaciones a cargo de la gestión de las microcuencas como se muestra en la **Tabla 55**.

Nº	Componente	Acciones/Medidas
1	Fortalecimiento y desarrollo de capacidades a nivel local comunal	Conformación y fortalecimiento de la OGC
		Cursos y talleres de capacitación
		Intercambio de experiencias a nivel nacional
2	Manejo y conservación de suelos agrícolas	Terrazas de formación lenta con muros de piedra
		Terrazas de formación lenta con pastos
		Manejo agronómico de la fertilidad de suelos en la producción agrícola
		Provisión y siembra de semilla de maíz forrajero
		Provisión de herramientas
3	Manejo de la pradera nativa y ganado	Plantación de frutales en huertos familiares
		Ensilaje de forraje
		Manejo de pasturas y plantación de tuna forrajera
4	Manejo y control de áreas degradadas	Sanidad animal
		Plantaciones forestales
		Construcción de zanjas de coronación e infiltración en cabeceras
		Control de cárcavas con diques
		Obras de arte con cunetas
		Obras de arte con alcantarilla
5	Control hidráulico de cauces	Obras de arte con cámara
		Construcción de diques colmatadores
		Construcción de espigones
		Disipadores de energía

TABLA 55. COMPONENTES DE LA PROPUESTA DE ACCIONES PARA EL MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS - CUENCA DEL RÍO TUPIZA

A continuación, se presenta el detalle de las acciones por componente, con las inversiones asociadas a estas acciones para cada microcuenca.

FORTALECIMIENTO Y DESARROLLO DE CAPACIDADES

A través de este componente se busca la sensibilización, capacitación y difusión de los conocimientos y experiencias dentro de la microcuenca con el fin de implementar, adoptar y replicar las diferentes acciones en términos de manejo y conservación de suelos para mejorar el rendimiento de los cultivos y, así, mejorar la economía de las familias campesinas. Para ello, se requiere de la creación de Organismos de Gestión de Cuencas (OGC) con un directorio activo; proporcionando los suministros necesarios para el conocimiento de las acciones dentro de la microcuenca. Asimismo, se realizará la promoción de las OGC en cada comunidad para tener un solo grupo de defensa y protección del MIC en las microcuencas.

- Microcuenca Pálala – Tambillo: Una OGC considerando cuatro (4) áreas o comunidades, para lo que se requiere una inversión de 135,663 Bs.
- Microcuenca Tatasi: Dos OGC con una inversión de 135,663 Bs.
- Microcuenca Cabecera del río Salo: Dos OGC con una inversión de 135,663 Bs.

MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS

El objetivo principal de este componente es la promoción de una agricultura de conservación que se base en el uso adecuado del suelo y del agua, para obtener una buena rentabilidad de los cultivos por unidad de superficie; minimizando así el deterioro ambiental y la transferencia de nuevas tecnologías con la participación conjunta de técnicos y agricultores. Para ello, se requieren obras estructurales, medidas agronómicas de fertilidad y agroforestales. Asimismo, medidas para la recuperación de la productividad de los suelos degradados que deben conectarse con prácticas para el manejo y conservación de suelos, buenas prácticas agrícolas, gestión de riego y manejo integrado de nutrición de plantas; contemplando el adecuado cuidado de los suelos y evitando el uso de productos químicos.

- Microcuenca Pálala – Tambillo: Se plantean 20 puntos de intervención, los cuales están destinados directamente al manejo agronómico de la fertilidad de suelos productivos.

Se requiere una inversión de 1,241,152 Bs.

- Microcuenca Tatasi: Se plantean siete (7) puntos de intervención, los cuales están destinados directamente al manejo agronómico de la fertilidad de suelos productivos. Se requiere una inversión de 937,170 Bs.
- Microcuenca Cabecera del río Salo: Se plantean 16 puntos de intervención, los cuales están destinados directamente al manejo agronómico de la fertilidad de suelos productivos. Se requiere una inversión de 1,115,671 Bs.

MANEJO DE LA PRADERA NATIVA Y GANADO

Este componente está orientado al manejo del hato familiar, a través del aprovechamiento de áreas de pastoreo y parcelas agrícolas de descanso y a la atenuación de los efectos negativos en la degradación de la cobertura vegetal producidos por la ganadería. Es importante considerar que las praderas nativas son fundamentales para el sustento del ganado y del beneficiario como tal. Sin embargo, teniendo en cuenta que actualmente estas praderas se encuentran degradadas y con baja disponibilidad de forraje, en las microcuencas se experimentan escasos beneficios económicos en relación con el potencial de producción con el que cuentan. El impacto es evidente en la baja cantidad de ganado presente en las microcuencas, en general solamente se encuentran llamas en las partes altas que aprovechan los pajares y arbustos de la zona. De manera que, a través de técnicas de conservación y con un mejor manejo, podría incrementarse el ganado y su producción.

- Microcuenca Pálala – Tambillo: Actualmente se cuenta con poca presencia de ganado caprino, ovino y vacuno, de forma que, para intervenciones futuras se podrá incentivar el ganado. Se definen cinco (5) zonas de intervención para el manejo de pasturas. Se requiere una inversión de 401,911 Bs.
- Microcuenca Tatasi: Se definen tres (3) zonas de intervención para el manejo de pasturas. Se requiere una inversión de 277,522 Bs.
- Microcuenca Cabecera del río Salo: Se definen nueve (9) zonas de intervención para el manejo de pasturas. Se requiere una inversión de 273,331 Bs.

MANEJO Y CONTROL DE ÁREAS DEGRADADAS

Con este componente se busca la disminución de los procesos de erosión laminar, en surcos y la formación de cárcavas a través de la combinación entre medidas mecánicas y biológicas de control desde donde nacen las cárcavas hasta la desembocadura de los cauces

mayores. Adicionalmente, se recomiendan plantaciones forestales a mediano y largo plazo, para evitar el colapso de los suelos erosivos y se proponen obras de protección con muros y obras de arte hasta el prendimiento de las áreas forestales como acciones complementarias en la intervención.

- Microcuenca Pálala – Tambillo: Se establecen 17 puntos de implementación correspondientes a la construcción de cinco (5) zanjas de coronamiento e infiltración, nueve (9) obras de control de cárcavas y tres (3) obras de arte. Se requiere una inversión de 2,476,131 Bs.

- Microcuenca Tatasi: Se establecen 17 puntos de implementación, correspondientes a cinco (5) zanjas de coronación e infiltración, nueve (9) obras de control de cárcavas y tres (3) obras de arte. Se requiere una inversión de 1,239,691 Bs.

- Microcuenca Cabecera del río Salo: Se establecen 22 puntos de implementación, correspondientes a la construcción de cuatro (4) zanjas de coronación e infiltración, 15 obras de control de cárcavas, una (1) obra de arte y dos (2) plantaciones forestales. Se requiere una inversión de 1,916,839 Bs.

CONTROL HIDRÁULICO DE CAUCES

Se requiere la construcción de muros de contención o espigones, diques colmatadores, reductores de velocidad y sedimentadores como obras de protección de los cauces que permitan evitar el colapso de mayores áreas por las crecidas que generan las lluvias con recurrencia

extrema que provocan humedecimiento de áreas deterioradas. Asimismo, se recomienda la construcción de muros o diques de gavión en forma escalonada (disipadores de energía) con el objetivo de reducir las velocidades y el transporte de sedimentos que producen el socavamiento de las laderas y los taludes.

- Microcuenca Pálala – Tambillo: Se plantea un total de 5 construcciones correspondientes a disipadores de energía. Se requiere una inversión de 1,908,537 Bs.

- Microcuenca Tatasi: Se plantean un total de 8 construcciones correspondientes a disipadores de energía. Se requiere una inversión de 1,908,537 Bs.

- Microcuenca Cabecera del río Salo: Se plantea un total de 5 construcciones correspondientes a un (1) dique colmatador, dos (2) espigones y dos (2) disipadores de energía. Se requiere una inversión de 1,446,289 Bs.

De acuerdo con la información presentada, se tiene un costo total de inversión para la microcuenca Pálala – Tambillo de 6,163,392 Bs con un aporte no financiero de 243,829 Bs. Para la microcuenca Tatasi la inversión total es de 4,498,581 Bs con un aporte no financiero de 145,420 Bs. Por último, para la microcuenca Cabecera del río Salo la inversión total corresponde a 4,887,791 Bs con un aporte no financiero de 213,510 Bs.

En la **Figura 38**, **Figura 39** y **Figura 40**, se presentan los mapas de las acciones de cada componente para las microcuencas Pálala – Tambillo, Tatasi, y Cabecera del río Salo, respectivamente.

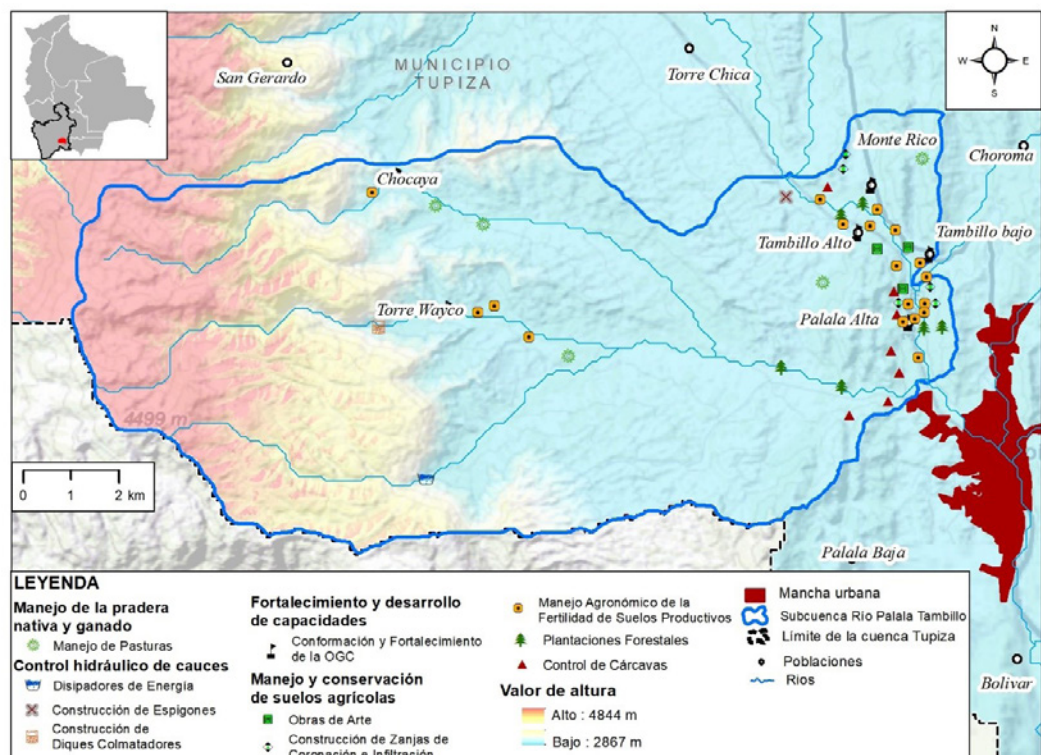


FIGURA 38.
UBICACIÓN ESPACIAL DE ACCIONES Y MEDIDAS EN LA MICROCUENCA PALALA - TAMBILLO.

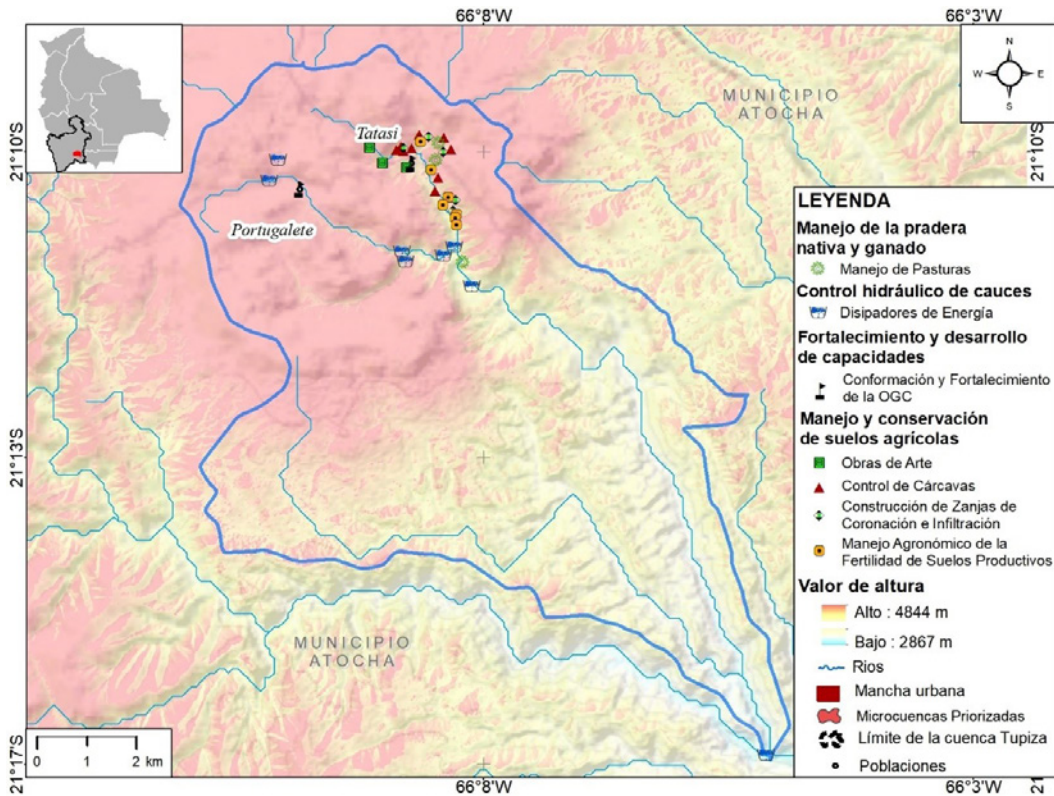


FIGURA 39. UBICACIÓN ESPACIAL DE LAS ACCIONES Y MEDIDAS EN LA MICROCUENCA TATASI

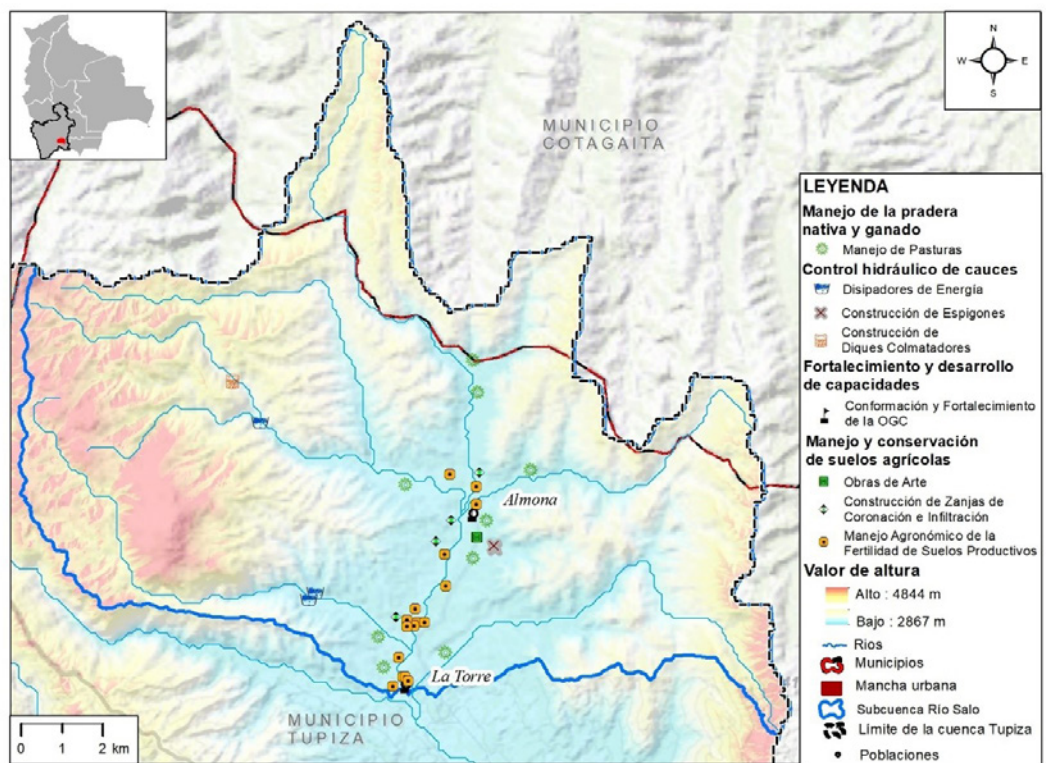


FIGURA 40. UBICACIÓN ESPACIAL DE LAS ACCIONES Y MEDIDAS EN LA MICROCUENCA CABECERA DEL RÍO SALO

6.3.2 Línea de acción de monitoreo de la calidad hídrica

Se plantean acciones en relación con la calidad del agua de la cuenca a partir de dos enfoques principales: Monitoreo y definición estándares de calidad de agua en la cuenca. Se detallan a continuación las acciones planteadas.

MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA

Optimización, operativización, consolidación de la

red de monitoreo de calidad de agua y evaluación de la calidad de agua de la cuenca como parte de la evaluación del estado ambiental de la cuenca respecto a la calidad y cantidad de recursos hídricos aguas abajo de asentamientos urbanos principales, zonas agrícolas densificadas, distritos mineros y otras industrias. Esto resulta como una necesidad para la cuenca en consecuencia de la contaminación de aguas, suelos y biota en fuentes receptoras de vertimientos de los usuarios del agua anteriormente mencionados. De manera

que, los habitantes y poblaciones donde existe una alta presencia de este tipo de usuarios del agua se han visto considerablemente afectados por esta problemática.

Para ello, se requiere de la ejecución de cuatro (4) actividades principales definidas en detalle a continuación:

- **Actividad 1:** Optimización de la red de monitoreo, la cual se divide en la evaluación de la situación actual de la cuenca y los puntos monitoreados actualmente y la definición de los parámetros del agua que deben ser monitoreados. Es importante aclarar que para poder realizar la evaluación se deben definir los puntos monitoreo de calidad de agua, tanto en fuentes superficiales como subterráneas, en toda la cuenca y de acuerdo con los vertimientos que se realizan en esta por diferentes usuarios del agua. De modo que, al menos deben incluirse los puntos aguas abajo de los vertimientos de los sitios mineros, aguas abajo de los vertimientos urbanos, aguas abajo de las zonas agrícolas densificadas, aguas abajo de los vertimientos de las industrias y, adicionalmente, aguas arriba de los asentamientos urbanos para poder verificar la calidad de agua que se está captando para el consumo humano de estas poblaciones.

De acuerdo con la información suministrada por las entidades consultadas y registrada en el Geovisor GEOSINCA, actualmente se cuenta con siete (7) puntos de monitoreo de calidad de agua y en 2019 se tomaron muestras en cuatro (4) puntos de calidad de agua (Figura 42). Los puntos de monitoreo se sitúan aguas arriba y aguas abajo de Tupiza y en Villa Providencia, observándose la necesidad de ampliar la red a

puntos críticos como, al menos, aguas arriba de asentamientos urbanos como Chilcobija, Tatasi, Salo, Ploca. Además, debido a los conglomerados mineros, se recomienda monitorear la calidad de agua aguas abajo de estas áreas donde se ubican las minerías en los ríos IruPampa, Trapiche, Puca Waykho, Estarca, Protero, Sorjea, Soro Khaya, Molle Puncu, Pucahuasi, Ventillas, Tupiza, Pucamayú, Chahuana, Leajoya, Sijsi, Quisera, Tolonias, Qda Tambillo Bajo.

Consecuentemente, se obtendría una mejora en la red de monitoreo de calidad de agua de la cuenca del río Tupiza para las fuentes superficiales y subterráneas. Para la implementación de la actividad la inversión corresponde al costo de un profesional con perfil de especialización en saneamiento ambiental, ingeniería ambiental o similares (15,000 Bs/mes) por un tiempo equivalente a 12 meses desde el inicio del PDC, lo que significa que el costo total de la actividad es de 180,000 Bs. Por otro lado, se definen como encargados a los correspondientes municipios y a la gobernación debido a que actualmente estas instituciones se encargan de la ejecución de las mediciones para el monitoreo de la calidad de agua en la cuenca.

La información de estos monitoreos debería ser organizada y publicada por el Sistema de Monitoreo y Vigilancia Hídrica (SIMOVH) en su plataforma GEOSINCA (Figura 41), donde se encuentran consolidados los monitoreos de calidad de agua del año 2019. Adicionalmente, podría incluirse en esta base de datos la información de monitoreos del año 2017 y 2018 y todas aquellas mediciones que se realicen como parte del PDC Tupiza.

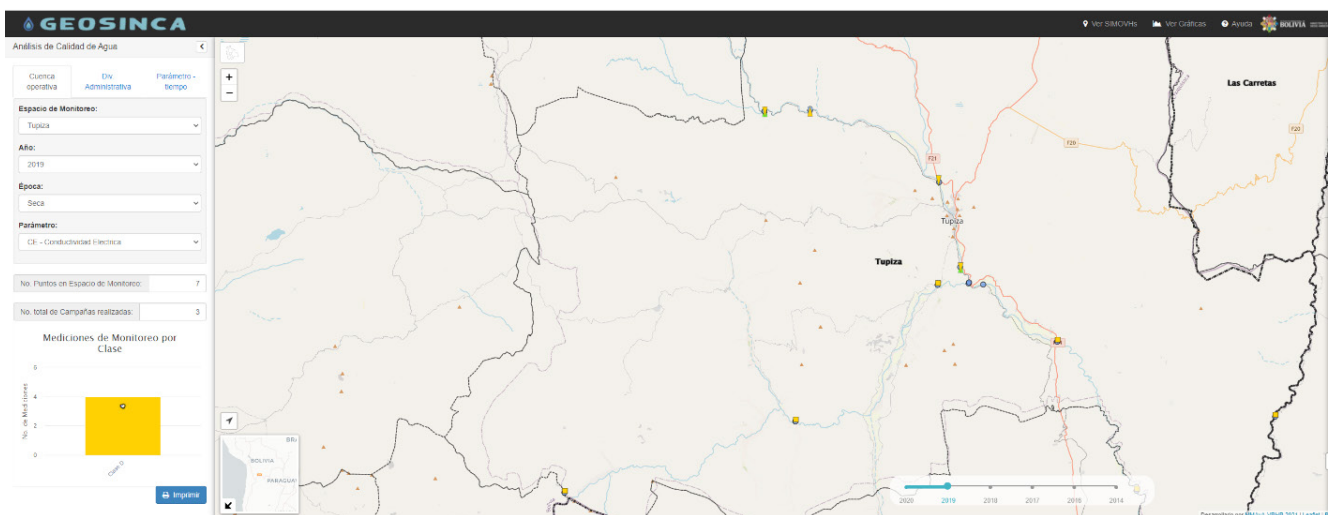


FIGURA 41- GEOVISOR GEOSINCA: CALIDAD DE AGUA EN CUERPOS HÍDRICOS EN BOLIVIA, MANEJADO Y OPERADO POR SIMOVH.

Puntos de monitoreo de calidad de agua actuales y proyectados

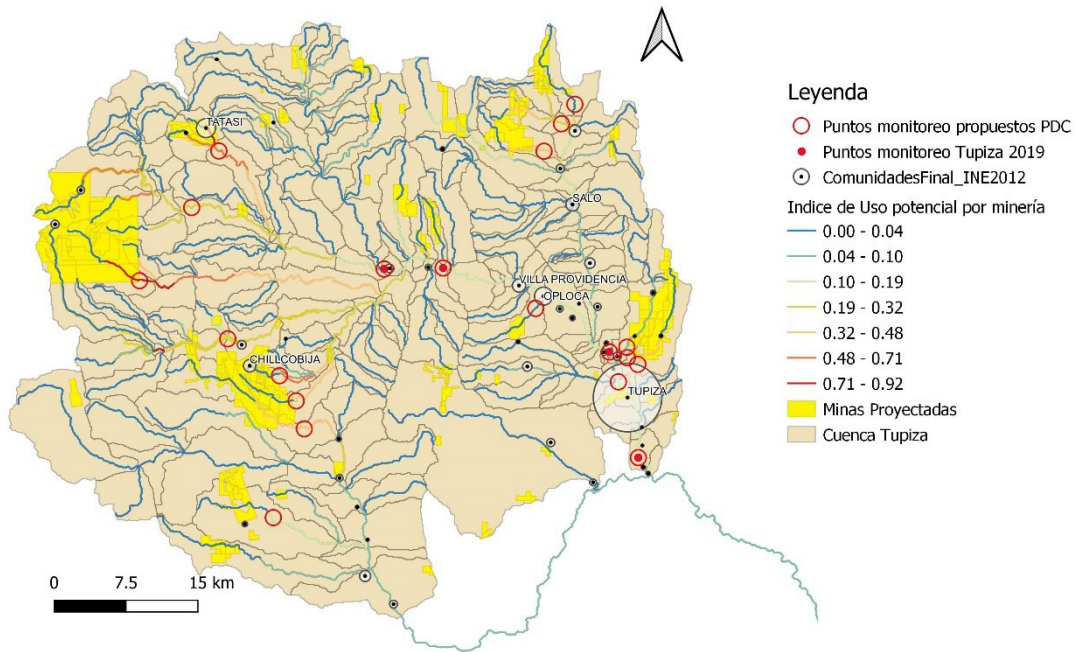


FIGURA 42. PUNTOS DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA ACTUALES Y PROYECTADOS EN LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA.

• **Actividad 2:** Operativización de la red de monitoreo de calidad de agua de la cuenca, la cual corresponde a la toma de las muestras en los diferentes puntos de interés definidos como parte del estudio de optimización de la red de monitoreo. Los encargados de esta actividad son los municipios y gobernación. La toma de estas muestras debe realizarse con una frecuencia semestral, es decir, dos (2) veces al año (una en temporada seca y otra en temporada de lluvias); incluyendo además un aforo de caudal en cada medición de calidad de agua. Adicionalmente, con el fin de garantizar la precisión y, por ende, la confiabilidad en las mediciones realizadas, se deben seguir los correspondientes protocolos de medición de calidad y cantidad del recurso hídrico.

De acuerdo con lo anterior, esta actividad lo que busca es el conocimiento del estado ambiental de la cuenca en términos de calidad y cantidad de recursos hídricos a través del monitoreo semestral de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Para estimar un costo promedio de la actividad se definen 20 muestras, dos (2) veces al año durante cuatro (4) años de duración del PDC, después de la optimización de la red de calidad de agua, para un total de 160 muestras de calidad de agua. En función de esta cifra de muestras, el costo total asociado a la actividad se estima en 1,760,000 Bs.

• **Actividad 3:** Consolidación de la base de datos de monitoreo de calidad de agua de la cuenca, cálculo de indicadores de calidad de agua y visualización de resultados en la plataforma institucional. Esta actividad está asociada a la centralización de la información (generada por los municipios y la gobernación) por parte del MMAyA de Bolivia a través del SIMOVH; contemplando que actualmente ellos son los encargados de esta labor.

Al ser una actividad tan robusta, deben considerarse las siguientes subactividades:

- Organización de la información del monitoreo de calidad de agua según los formatos establecidos por SIMOVH.
- Articulación con el SIMOVH para el flujo de información entre los municipios, la gobernación, el SIMOVH y las poblaciones involucradas.
- Cálculo de indicadores de calidad de agua en función de las mediciones realizadas.
- Visualización de los resultados en la plataforma institucional, en cuanto a la calidad de agua de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos.
- Socialización de la disponibilidad de los resultados en la plataforma con las comunidades, municipios, gobernación y población general interesada.
- Capacitación para los municipios,

la gobernación, comunidades y poblaciones interesadas en el uso de la plataforma institucional para la obtención de información de la calidad de los cuerpos de agua (superficiales y subterráneos) de la cuenca.

De este modo, podría lograrse que las instituciones y pobladores cuenten con información garantizada respecto a la calidad y cantidad de los recursos hídricos de la cuenca. El costo total de la actividad debe ser concertado con SIMOVH, de tal forma que incluya el presupuesto que ya se tiene asignado a este sistema para su mantenimiento y se logre su continuidad en el largo plazo.

• **Actividad 4:** Evaluación de la calidad de los cuerpos de agua de la cuenca del río Tupiza y priorización de cuerpos de agua que requieren ser modelados para definir estrategias de saneamiento. Inicialmente debe evaluarse la calidad del agua usando los monitoreos de calidad de agua. Posteriormente, deben identificarse los tramos de río, acuíferos o fuentes de agua que

requieren modelación de calidad de agua para la definición de los sistemas de tratamiento y escenarios de simulación de estrategias de saneamiento. Esta actividad debe ejecutarse en el quinto año del PDC.

Finalmente, con el ánimo de definir fuentes de financiación para la modelación de tramos de río priorizados y elaboración de una estrategia de saneamiento, se debe definir una estrategia de financiación. Este trabajo debe ser ejecutado por un profesional con especialización en saneamiento ambiental, ingeniería ambiental o similares durante ocho meses, por consultoría bajo contrato por remuneración mensual (15,000 Bs). En consecuencia, el costo total de la actividad corresponde a 120,000 Bs.

La **Tabla 56** y la **Tabla 57**, resumen la duración y el costo por actividad de toda la acción asociada al monitoreo de la calidad de agua de la cuenca del río Tupiza, evidenciando que el costo total es de 2,060,000 Bs.

Actividad	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1	x (12 meses)				
2		x	x	x	x
3	x	x	x	x	x
4					x (8 meses)

TABLA 56. DURACIÓN DE LA ACCIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA POR ACTIVIDAD.

Actividad	Unidad	Cantidad	Valor unitario (Bs)	Valor total (Bs)
1	Profesional	12	15,000	180,000
2	Muestras	20 puntos*2 muestreos anuales*4 años de muestreo	11,000	1,760,000
3	No se incluye dentro del costo porque el SIMOVH ya tiene un presupuesto para esta actividad.			
4	Profesional	8	15,000	120,000
Total (BOB)				2,060,000

TABLA 57. COSTO DE LA ACCIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO TUPIZA POR ACTIVIDAD

Por último, para la validación de la eficiencia de la acción, es necesario el planteamiento de indicadores de gestión y/o impacto. A continuación, se enuncian los indicadores establecidos para la acción de monitoreo de calidad de agua de la cuenca del río Tupiza:

- Puntos monitoreados/Puntos priorizados. Parámetros medidos/Parámetros establecidos en el diseño de la red de monitoreo.
- Cantidad de monitoreos realizados/Cantidad de monitoreos establecidos.
- Cantidad de datos cargados en la base de datos/Cantidad total de datos medidos.
- Cantidad de personas visitantes del sitio

WEB del SIMOVH donde se presenta información de calidad de agua.

- Cantidad de capacitaciones realizadas/Cantidad de capacitaciones definidas.
- Número de cuerpos de agua identificados para modelación con estrategia de financiación identificada.

Los resultados de esta acción servirán como insumo para la modelación de los tramos de río priorizados como parte de la evaluación de los escenarios de estrategias de saneamiento establecidas en una etapa posterior a la implementación del presente PDC. En consecuencia, será posible la selección óptima

de obras y estrategias de tratamiento de aguas para los tramos de río priorizados garantizando su efectividad, una inversión eficiente de los recursos (considerando la baja disponibilidad de recursos económicos para el tratamiento de aguas contaminadas) y el consumo de agua seguro para todos los pobladores de la cuenca.

ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AGUA

Hace referencia al establecimiento de los objetivos de calidad de agua en los ríos de la cuenca del río Tupiza. Actualmente, la clasificación de los ríos en Bolivia se realiza siguiendo la normatividad que incorpora criterios de calidad de agua para consumo humano con algún tipo de tratamiento. Sin embargo, se requiere de la evaluación de los usuarios agua abajo y sus requerimientos de calidad de agua para garantizar los diversos usos como ganadería, agricultura, ecosistemas, recreación, minería y otras industrias. Algunos parámetros de calidad de agua pueden ser más restrictivos para estos usos, por lo que, es oportuno analizar los objetivos de calidad de agua de los ríos, de tal forma que, incorporen el uso de agua segura para los usos mencionados. Este análisis puede servir como un insumo para el desarrollo de una normatividad posterior relacionada con la calidad de agua en Bolivia.

La ejecución de la acción planteada debe abordarse a partir de tres actividades principales: 1) Definición de los usos del agua en la cuenca, 2) Evaluación de los estándares de calidad de agua para los usos existentes de agua en la cuenca y 3) Definición de estándares de calidad de agua en las fuentes hídricas. Estas actividades permitirían establecer los objetivos de calidad de agua considerando a todos los usuarios en los ríos. Cabe aclarar que en este caso se utilizarán los objetivos definidos por tipo de usuario en relación con los tipos de usuarios identificados en la cuenca como indicador de gestión y/o impacto de la acción. La acción debe ser liderada por el MMAyA, apoyado en el SIMOVH.

En cuanto a los recursos económicos, se estiman como una consultoría de seis (6) meses bajo contrato de remuneración mensual con un costo promedio mensual del profesional con especialización en saneamiento ambiental o similares de 15,000 Bs, equivalente a un costo total de la acción de 90,000 Bs. La inversión para la implementación de la presente acción debe proceder del presupuesto anual municipal de los municipios involucrados, de las inversiones del gobierno departamental y del presupuesto del MMAyA.

Con la información obtenida de objetivos de calidad de agua por río de acuerdo con los usuarios y la modelación de los tramos definidos en la priorización, podrán definirse concentraciones límite de los parámetros de calidad de agua por tipo de vertimiento. Esta definición permitirá tener un control más efectivo de los vertimientos por parte de las entidades competentes, basado en monitoreos de los vertimientos de cada usuario. La integración del monitoreo, modelación, definición de objetivos de calidad de agua, ubicación y caracterización de vertedores, redundará en la legalización de vertimientos permitiendo mejorar la calidad del agua en la cuenca. Esta actividad podría incluirse en el siguiente ciclo del PDC Tupiza, posterior a los 5 años definidos en este PDC.

6.4 Producción sostenible con uso eficiente de agua para riego

En el año 2013 se estableció la Agenda de Riego 2025 apoyada por la Ley de la Década del Riego 2015 al 2025, las cuales plantean las metas en términos de áreas cultivadas bajo riego en el país, correspondientes a 1'000,000 ha. Con esto, se busca la promoción de la producción agropecuaria en el país a través de las inversiones del nivel central del Estado y de las Entidades Territoriales Autónomas (ETA) para garantizar la soberanía alimentaria y combatir la pobreza. Para ello, la Agenda propuso tres ejes de trabajo principales: 1) Agua, 2) Organizaciones sociales e institucionales y 3) Producción, los cuales deben considerar el concepto de género en los proyectos de riego.

En respuesta a este reto de expansión del área irrigada en el país, el gobierno ha aumentado la tasa de irrigación a 10,000 ha/año con la construcción de nuevos sistemas de riego y mejorando los ya existentes. A partir de estas estrategias, se ha logrado a la fecha un total de 450,000 hectáreas irrigadas, lo que demuestra que los esfuerzos para el cumplimiento de la meta establecida deben fortalecerse sustancialmente. En consecuencia, en el presente PDC se formulan las acciones que deben ser implementadas para el logro de la meta de la Agenda de Riego 2025, considerando adicionalmente que la gestión del riego debe hacerse a través de actividades que contribuyan a la adaptación al cambio climático en las zonas rurales. En este sentido, fue clave la participación de los actores locales e institucionales tales como líderes de las organizaciones campesinas, productivas y regantes, así como autoridades y técnicos de los Gobiernos Autónomos

Municipales, la Gobernación de Potosí y otras instituciones interesadas mediante talleres, entrevistas y visitas de campo.

En general, se proponen acciones enfocadas en lo siguiente:

1. Proyectos de riego en funcionamiento:
 - Revitalización de los sistemas de riego existentes a lo largo de la cuenca del río Tupiza-Estarca.
 - Construcción de obras resilientes para la protección de las obras de toma en los sistemas de riego existentes.
 - Desarrollo de capacidades en producción, operación, mantenimiento y fortalecimiento organizacional a través de asistencia técnica.
 - Formulación de propuestas técnicas con enfoque de riego tecnificado para mejorar los sistemas de riego existentes en sus diferentes componentes.
2. Proyectos de riego en etapa de preinversión:
 - Ajuste de los proyectos de riego de preinversión existentes según las nuevas guías para impulsar su funcionamiento en los diferentes programas del Gobierno Nacional.
 - Búsqueda de fuentes de financiamiento para los proyectos de riego de mayor impacto que se encuentran en la etapa de preinversión como, por ejemplo, la represa y sistema de riego Salo.
 - Ajuste y actualización de los proyectos en estado de TESA de acuerdo con las nuevas guías del sector riego a nivel nacional.
 - Categorización de los proyectos de riego según su estado, considerando una priorización en función de la revisión de la documentación existente.
 - Preparación de los ITCPs (Informe Técnico de Condiciones Previas) para la mejora de los sistemas de riego que cumplieron con su vida útil.
 - Introducción de nuevos cultivos con el fin de mejorar la producción dentro de la cuenca del río Tupiza-Estarca.

A continuación, se explican más en detalle las acciones a ser implementadas dentro del horizonte de tiempo del presente PDC de acuerdo con el análisis realizado.

6.4.1 Línea de acción de elaboración de ITCPs en sistemas de riego para su mejoramiento

Se identificaron 4 sistemas de riego que requieren la elaboración de ITCPs de mejoramiento dentro de la microcuenca Cabecera del río Salo y a la

salida de la microcuenca Pálala-Tambillo con el fin de contribuir al incremento de la producción. Para ello, se requiere mejorar la captación de aguas en las obras de toma, mejorar la eficiencia en la conducción y en la distribución del agua a través de sistemas de tuberías y el incremento de cultivos nuevos que mejoren la producción. Los cuatro (4) sistemas de riego que se verán beneficiados con esto son el sistema de riego Acequia Quiñones, el sistema de riego Cortadera y Ventilla, el sistema de riego Acequia Encima y el sistema de riego Acequia Molino.

- **ITCP de mejoramiento del sistema de riego Acequia Quiñones (microcuenca Cabecera del río Salo):** Se observó que el sistema de riego se encuentra en malas condiciones. Este cuenta con una obra de toma directa rústica, así como sus canales de conducción; provocando una baja eficiencia en el sistema. Adicionalmente, se identificó que el sistema aprovecha las cunetas de la carretera para la conducción de agua a sus parcelas, incluso hasta sus áreas de producción en algunos casos. Principalmente, su producción se basa en el cultivo de maíz, papa y haba.

- **ITCP de mejoramiento del sistema de riego Cortaderas y Ventilla (microcuenca Cabecera del río Salo):** Así como el anterior sistema de riego descrito, este también cuenta con una obra de toma directa y canales de conducción rústicos que deben ser mejorados para la expansión de las áreas de producción contemplando un riego eficiente. De igual forma, se pudo observar la baja eficiencia de los sistemas de captación, conducción y distribución; teniendo en cuenta que actualmente se utiliza el riego por inundación y este es un sistema que genera bastante desperdicio de agua. En consecuencia, se requiere de la elaboración de ITCP para la optimización del uso del agua y, así, permitir que las familias obtengan mejores ingresos con más áreas de cultivo de maíz, papa, haba y ajo con riego eficiente.

- **ITCP de mejoramiento del sistema de riego Acequia Encima (microcuenca Cabecera del río Salo):** Este sistema de riego llegó a la culminación de su periodo de vida útil, tras más de 40 años de operación. Adicionalmente, la obra presenta múltiples problemas provocados por los efectos del cambio climático en épocas de lluvia efecto de las riadas. Por otro lado, según informan los beneficiados entrevistados, cada año se ven en la obligación de realizar trabajos con maquinaria para mejorar la captación rústica con la que cuentan en la actualidad. En consecuencia,

a causa de la ocurrencia de un evento extremo, la corriente se llevó consigo la obra de toma tipo galería que tenía el sistema de riego.

Asimismo, se identificaron problemas en la conducción debido a los derrumbes en los canales y túneles que generan un gran desperdicio de agua. A su vez, el riego de los cultivos de maíz, papa y haba siguen siendo por inundación, provocando también cantidades importantes de agua desperdiciada. Por lo que, se requiere una mejora para poder expandir las áreas de producción con riego eficiente de dichos cultivos y la elaboración de un ITCP.

- **ITCP de mejoramiento del sistema de riego Acequia Molino (salida microcuenca Pálala-Tambillo):** Este sistema de riego lleva en funcionamiento más de 30 años, cumpliendo la vida útil para la cual fue diseñado. A esto se suma la problemática asociada a los impactos negativos de las riadas en la obra de toma. De

modo que, actualmente el sistema opera con una obra de toma provisional que se construyó para mejorar la captación de la anterior. También se observaron derrumbes en los canales y túneles y un sistema de riego por inundación, provocando grandes desperdicios de agua. Por lo tanto, se plantea la mejora a un sistema con riego eficiente para la expansión de sus cultivos de maíz y papa, así como un ITCP y posterior EDTP, aumentando así la producción y, por ende, los ingresos de las familias que depende del riego a partir de este sistema.

La **Tabla 58**, presenta el costo para la elaboración de ITCPs (correspondiente al honorario de un profesional especialista en riego), desglosado por cada uno de los sistemas de riego a intervenir, detallando el número de familias que se beneficiarían con la acción, así como el área de riego a mejorar teniendo como responsable al GAM-Tupiza.

Acción	Costo (Bs)	# Familias beneficiadas	Área regada (Ha)
ITCP de mejoramiento del sistema de riego Acequia Quiñones	15,000	80	60
ITCP de mejoramiento del sistema de riego Cortaderas y Ventilla	15,000	55	45
ITCP de mejoramiento del sistema de riego Acequia Encima	15,000	78	58
ITCP de mejoramiento del sistema de riego Acequia Molino	15,000	100	84
Costo total para elaboración de ITCPs	60,000		

TABLA 58. PRESUPUESTO ESTIMADO PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ITCPs

6.4.2 Línea de acción de acciones de elaboración y ajustes de EDTPs en sistemas de riego

Con el fin de que los diseños de los proyectos identificados en los ITCPs sean factibles desde una perspectiva técnica, social y económica se propone la elaboración de los EDTPs (Estudio de Diseño Técnico de Preinversión). De esta manera, se garantiza que la inversión para esos diseños sea segura, estable y con características de sostenibilidad, aprovechamiento y resiliencia para un largo periodo de vida útil y para el debido mantenimiento de cada proyecto. A partir del análisis desarrollado, se identificaron un total de nueve (9) proyectos, de los cuales cinco (5) son proyectos previos EDTP y cuatro (4) ITCPs que se elevarán a EDTPs, que corresponden a los cuatro (4) sistemas de riego que deben ser mejorados a partir de ITCPs mencionados en la acción anterior. En la **Tabla 59**, se detallan algunas de las características de los cinco proyectos EDTPs previos que deben ser ajustados, estos son: 1) Construcción del sistema de riego de Checona,

2) Construcción del sistema de riego de Chocaya, 3) Ampliación del sistema de riego de Chifloca, 4) Sistema de riego de San Miguel y 5) Represa y sistema de riego Salo.

Nombre	Justificación	Objetivos	Área regable (Ha)
Construcción del sistema de riego Checona	Falta de mantenimiento de sistemas de riego antiguos. Migración de las poblaciones a otros sitios por la falta de áreas regables. Disminución de la estabilidad familiar por el déficit de agua.	Construir sistemas de riego óptimos para la dotación de agua para riego. Incrementar la producción agrícola bajo riego. Mejorar la gestión del sistema de riego.	38
Construcción del sistema de riego Chocaya	Déficit hídrico para la supervivencia de las familias. Filtraciones en los sistemas de riego rústicos. Falta de mejoras a los canales de riego actuales. Inexistencia de obras de arte.	Dotar agua para riego de forma óptima. Aumentar producción agrícola a través de los rendimientos de cultivo. Implementar la gestión de sistemas de riego con acompañamiento y organización en riego.	15
Ampliación del sistema de riego Chifloca	Bajas eficiencias por pérdidas desde la toma del sistema de riego. Daño de obras de toma por arrastre de material en época de lluvia.	Fortalecer la gestión del sistema productivo agrícola. Fomentar el autodesarrollo del sistema agrícola con la recuperación de áreas cultivables.	22
Sistema de riego San Miguel	Los microrriegos no satisfacen la demanda de riego de la localidad. Condiciones precarias en los sistemas de riego actuales. Altas tasas de migración. Identificación de terrenos aptos para cultivar.	Fortalecer y desarrollar el sistema productivo agrícola. Incrementar los rendimientos de la producción agrícola. Diversificar la producción agrícola. Construir galerías, canales y pasos de quebradas. Mejorar la organización de las poblaciones regantes.	366
Represa y sistema de riego Salo	La producción actual es a secano. El área es favorable para obtener dos cosechas al año.	Crear condiciones de almacenamiento y distribución del agua. Optimizar los recursos actuales. Beneficiar a las 199 familias que se encuentran en la zona del proyecto. Mejorar los rendimientos cultivables a través del riego tecnificado. Lograr un desarrollo socioeconómico sostenible.	300

TABLA 59. PROYECTOS QUE REQUIERE AJUSTES DE EDTPS PREVIOS

A continuación, se presentan todos los costos asociados por proyecto a las acciones EDTP (Tabla 60):

Tipo de acción	Acción	Costo (Bs)
ITCPs a EDTPs	ITCP de mejoramiento del sistema de riego Acequia Quiñones	160,086
	ITCP de mejoramiento del sistema de riego Cortaderas y Ventilla	155,221
	ITCP de mejoramiento del sistema de riego Acequia Encima	148,388
	ITCP de mejoramiento del sistema de riego Acequia Molino	136,805
	TOTAL	600,500
Ajuste de EDTPs	EDTP de ajuste de la construcción del sistema de riego Checona	86,130
	EDTP de ajuste de la construcción del sistema de riego Chocaya	55,372
	EDTP de ajuste de la ampliación del sistema de riego Chifloca	56,776
	EDTP de ajuste sistema de riego San Miguel	108,798
	EDTP de ajuste de la construcción de la represa y sistema de riego Salo	123,305
	TOTAL	430,381
Costo total acción		1,030,881

TABLA 60. COSTO TOTAL DE LA ACCIÓN DE EDTPS EN SISTEMAS DE RIEGO

En la **Figura 43**, se presenta la ubicación de las acciones de ITCPs de mejoramiento a EDTPs y de ajuste de EDTPs previos.

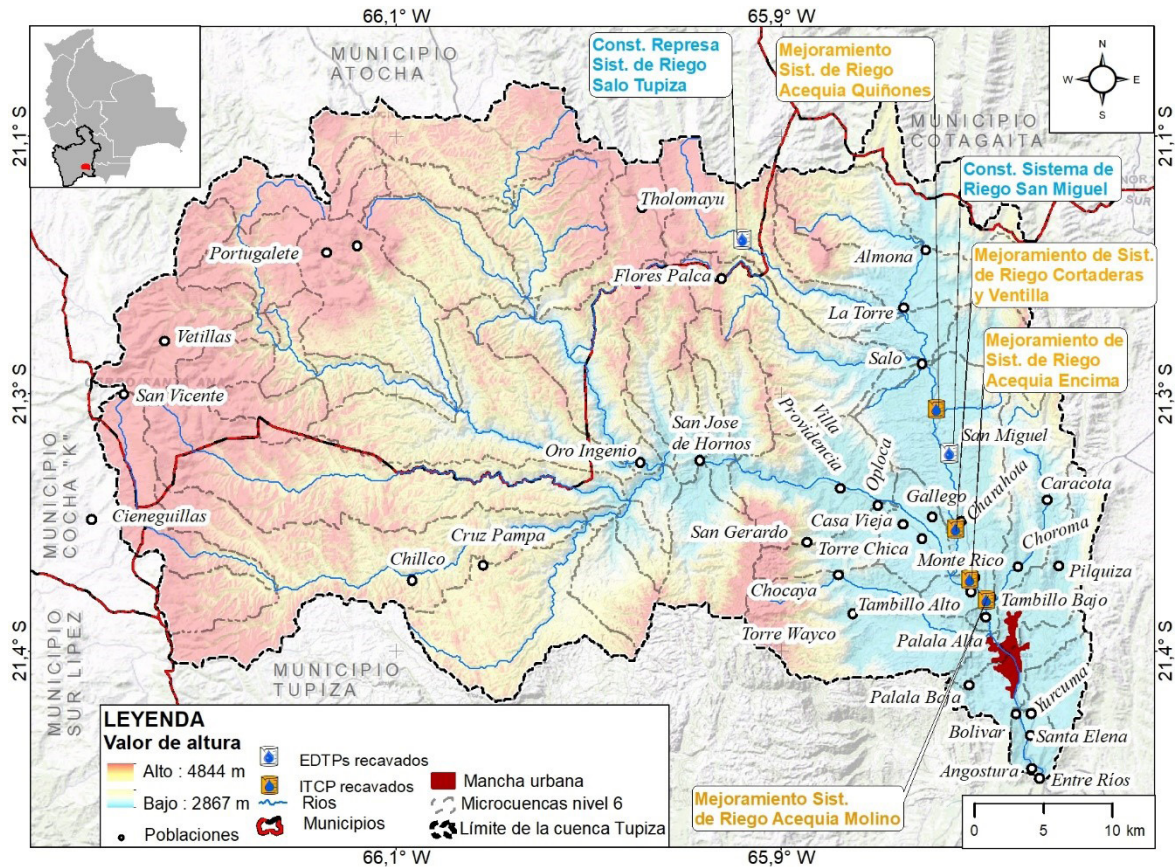


FIGURA 43. PROYECTOS DE RIEGO PARA ITCP DE MEJORAMIENTO Y PARA AJUSTE DE EDTPS DE LA CUENCA.

Para la ejecución de estas acciones deben tenerse en cuenta los siguientes pasos:

• **Paso 1. Elaboración del ITCP.** Se plasman los conocimientos técnicos sobre los sistemas de riego que se tienen en los diferentes municipios con la participación de los técnicos GAMs de Tupiza para la elaboración de los ITCPs. Una vez elaborado el ITCP (como primera instancia), la Máxima Autoridad Ejecutiva (MAE) de la institución proponente (GAM) debe aprobarlo para pasar a una segunda instancia correspondiente al EDTP. Cabe aclarar que el ITCP hace referencia al instrumento de gestión para poder participar en las convocatorias de obtención de financiamiento dentro de lo establecido en la Resolución Ministerial No. 115. De modo que, estos documentos deben incluir información sobre:

- Datos de contactos del proyecto.
- Datos principales de la idea del proyecto.
- Concordancia con la normativa nacional.
- Idea del proyecto.
- Actas de compromiso social documentado que viabilice su ejecución.
- Estado de situación legal del derecho

propietario de los predios en los que se implementará el proyecto.

- Identificación de posibles impactos ambientales.
- Identificación de posibles riesgos de desastres.
- Otros aspectos que se consideren necesarios de acuerdo con las características y complejidad del proyecto.
- Conclusiones y recomendaciones.

• **Paso 2. Aprobación del ITCP.** Se presenta el ITCP a la institución responsable (GAM) para su aprobación, la cual se expide a partir de una resolución municipal emitida por el Concejo para el caso del Municipio de Tupiza.

• **Paso 3. Gestión de financiamiento y licitación del EDTP.** Presentación del ITCP y aprobación de los EDTP de proyectos de desarrollo productivo en sistemas de riego, de cambio climático y resiliencia y de investigación en riego para obtener financiamiento de las Convocatorias Públicas (dentro de los plazos establecidos) que se realicen por las instancias correspondientes en el marco de sus competencias y de acuerdo con los procedimientos establecidos en el reglamento

para su aplicación.

- **Paso 4. Ajuste y elaboración de EDTP.** Según lo establecido en las normativas que rige la ley se elaboran los EDTP nuevos (4 proyectos para este estudio) y los ajustes y actualizaciones de EDTPs previos (5 proyectos para este estudio) con el objetivo de ser viabilizados y aprobados ante las autoridades pertinentes. Tener en cuenta que un esquema típico para el inicio de un proyecto de riego incluye la evaluación de los siguientes aspectos: Disponibilidad y calidad de agua, demanda de los cultivos, características de los suelos, caudal y energía necesario y sistema de riego.

- **Paso 5. Concertación y aprobación de EDTP.** Debe contarse con la participación de los involucrados a nivel de la autoridad nacional del sector (VRHR), Departamentos GADP (Gobierno Autónomo Departamental de Potosí) y el GAM Tupiza (Gobierno Autónomo Municipal de Tupiza).

- **Paso 6. Gestión de financiamiento de inversión:** En función de los presupuestos de inversión establecidos en los EDTPs de los proyectos se realiza la gestión de recursos económicos a los programas con fondos que provienen del Gobierno Nacional a través del MMAyA y de la cooperación extranjera según las normas que rigen a Bolivia. Adicionalmente, debe existir una contraparte del GAD Potosí y del GAM Tupiza.

- **Paso 7. Firma de convenios intergubernamentales y trámites respectivos:** Los convenios intergubernativos son firmados por el MMAyA como representante del Gobierno central de Bolivia, representantes de la Cooperación Extranjera, el Gobierno Autónomo Departamental de Potosí y el Gobierno Autónomo Municipal de Tupiza, de acuerdo con lo establecido en el financiamiento correspondiente.

6.4.3 Línea de acción de acciones en la Etapa de Inversión

CONCERTACIÓN DE TDRS,

LICITACIÓN Y ORDEN DE PROCEDER

Consiste en el proceso en el que debe involucrarse la unidad encargada de la ejecución de los proyectos para ajustar las condiciones de la etapa de ejecución del proyecto de acuerdo con la documentación presentada en el EDTP. De modo que, cada Entidad Autónoma cuenta con el personal correspondiente para la elaboración de este proceso y, por ende, esta acción no tiene asignado un aporte monetario dentro del presupuesto de acciones para riego.

Para poder presentar licitación para la adjudicación del proyecto y obtener la correspondiente orden para proceder con la ejecución de este, se deben cumplir con los términos de referencia. Estos conciernen a la documentación e información que permite a las empresas concursantes la presentación de sus propuestas de acuerdo con los requerimientos establecidos para la contratación.

IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTAS TÉCNICAS DE SISTEMAS DE RIEGO

Con base en la información existente sobre los proyectos para riego, se realizó la priorización de cinco (5) proyectos que deben ajustarse a la normativa vigente del Reglamento Básico de Preinversión R.M. 115, considerando también la Guía para la Elaboración de Estudios de Diseño Técnico de Preinversión para Proyectos de Riego. Estos corresponden a la represa y sistema de riego Salo, al sistema de riego San Miguel, a la ampliación del sistema de riego Chifloca, a la construcción del sistema de riego Chocaya y a la construcción del sistema de riego Checona. La implementación de todos estos proyectos solicita una inversión total de 63,175,599.59 Bs compuesta por el costo de la infraestructura del proyecto, el costo de la supervisión y el costo de la asistencia técnica (estos porcentajes se plantearon con base en proyectos ejecutados por la UCEP MI RIEGO ajustado de acuerdo con la envergadura de este, considerando que estarán sujetos a ajustes en la etapa de actualización de los EDTPs). La **Tabla 61** presenta el detalle del costo por proyecto.

N°	Código	Proyecto	Estructura financiera del costo			Costo total (Bs)
			Infraestructura (Bs)	Supervisión (Bs)	Asistencia técnica (Bs)	
1	PD-RI-TE-TUP-SA	Represa y sistema de riego Salo	30,992,861	725,100	244,000	31,961,961
2	PD-RI-TE-TUP-SM	Sistema de riego San Miguel	17,264,503	862,679	518,096	18,645,278
3	PD-RI-TE-TUP.CHI	Ampliación del sistema de riego Chifloca	2,501,546	125,078	100,062	2,726,686
4	PD-RI-TE-TUP-CHO	Construcción del sistema de riego Chocaya	1,673,735	87,980	190,824	1,952,539
5	PD-RI-TE-TUP-CHE	Construcción del sistema de riego Checona	7,528,858	329,920	30,363	7,889,141
Total (Bs)			59,961,503	2,130,757	1,083,345	63,175,605

TABLA 61. COSTO DE PROYECTOS PRIORIZADOS PARA INVERSIÓN

Se aclara que la propuesta técnica hace referencia al conjunto de actividades que deben implementarse en el campo con las correspondientes especificaciones técnicas que se plasmaron en el proyecto. Asimismo, se debe tener la debida supervisión y fiscalización para la implementación de esta, según lo establecido en las normativas del sector.

CONCLUSIÓN Y CIERRE DE LOS PROYECTOS

En general consiste en el proceso asociado a la auditoría interna con el objetivo de dar a conocer la opinión sobre el desempeño del proyecto de inversión pública y/o de la entidad encargada de gestionar este. Se estima un costo total de 30,000 Bs.

Los sistemas de riego construidos deben reflejar lo planteado en el proyecto inicial, de modo que, se satisfagan las necesidades de los actores involucrados. Esto con el objetivo de mejorar los sistemas de riego para que sean utilizados eficientemente dentro de la producción agronómica y pecuaria. En consecuencia, el cierre del proyecto corresponde a una auditoría técnica y financiera como estrategia de control de la ejecución del proyecto en campo con los gastos asociados, reflejando la correcta inversión de los recursos asignados.

MONITOREO DE LOS PROYECTOS

Corresponde al seguimiento de los proyectos de inversión con el fin de presentar mejoras en los sistemas productivos. Para este se proyecta una inversión de 1,100,000.00 Bs que puede ser conformada de forma no monetaria a partir de la participación de técnicos de las distintas entidades involucradas o mediante consultorías.

Este seguimiento debe ejecutarse a medida que se van implementando las actividades programadas en campo según la proyección de avance de obra, que incluye el tiempo en el que se debe ejecutar la misma y el comportamiento esperado una vez sea entregado el proyecto, durante dos ciclos agrícolas.

6.5 Educación y cultura ambiental y del agua

La línea estratégica de educación y cultura ambiental y del agua en la cuenca del río Tupiza está estructurada en acciones que promueven e incentivan espacios y oportunidades de participación, capacitación y empoderamiento para los actores de la cuenca. Las acciones de la línea estratégica de educación y cultura ambiental y del agua también contribuyen para alcanzar los objetivos establecidos en otras líneas estratégicas a través, por ejemplo, de la comunicación y diseminación del conocimiento y fortalecimiento de la articulación local.

Considerando y representando los diferentes intereses y grupos de edad presentes en la cuenca, esta línea estratégica está compuesta por siete líneas de acción y sus respectivas acciones específicas:

1. Capacitación a actores de la cuenca.
2. Promover el conocimiento de la cuenca en el currículo escolar.
3. Promover la investigación y generación de conocimiento en la cuenca.
4. Acciones de comunicación.
5. Articulación y diálogo local.
6. Monitoreo participativo.
7. Fondo concursable para proyectos pequeños

de actores en la cuenca.

A continuación, se explican en detalle cada una de estas y sus correspondientes acciones.

6.5.1 Línea de acción para la capacitación a actores de la cuenca

El objetivo de esta línea de acción es desarrollar capacidades relacionadas con las temáticas ambientales, del agua y saneamiento para públicos diversos en la cuenca Tupiza. Los públicos beneficiados incluyen los actores de la cuenca en general, los responsables del agua (Jueces de Agua, Comités de Agua) y también a jóvenes, mujeres y educadores (profesores/docentes). Las acciones específicas están organizadas según las diversas temáticas de interés de los actores de la cuenca, como lo son: Mantenimiento de sistemas de agua (plomaría, revitalización), cosecha de agua de lluvia, saneamiento básico e higiene (prevención enfermedades EDAs), gestión de residuos sólidos (compost, lombricultura, reciclaje), tratamiento de agua, filtros caseros, cloración, SODIS, normativa ambiental, uso eficiente del agua y prevención de contaminación y riego tecnificado (goteo, aspersión). Para lo cual se estima una inversión total de 170,000 Bs, dividida en los siguientes ítems:

- Consultor(a) experto(a) que diseñe los contenidos de los talleres, incluyendo la capacitación a 4 facilitadores locales y la elaboración de una guía completa: 25,000 Bs por facilitador.
 - Impresión de la guía: 7,000 Bs.
 - Refrigerios para 5 personas en talleres de capacitación durante 5 días: 2,000 Bs.
 - Costo de cada facilitador para la capacitación de 50 personas: 25,000 Bs.
 - Materiales elaborados por los facilitadores: 7,000 Bs.
 - Refrigerios y almuerzos: 12,000 Bs.
 - Costos de transporte: 7,000 Bs.
 - Incentivos para participar en los talleres (por ejemplo, canasta con insumos para el hogar): 10,000 Bs.

6.5.2 Línea de acción para promover el conocimiento de la cuenca en el currículo escolar

Con esta línea de acción se busca involucrar a jóvenes, niños y niñas a través del conocimiento de su territorio y de los recursos hídricos. Específicamente, incidir en el Currículo Escolar obteniendo la participación no solamente de los estudiantes, sino también de maestros y

educadores, para motivar a los actores en la búsqueda de acciones que mejoren las condiciones de la cuenca. Los públicos beneficiados serán principalmente los estudiantes de los municipios de Atocha, Tupiza y Colcha K. Las acciones específicas están organizadas según las actividades propuestas para el Currículo Escolar: a) Incorporación dentro del Currículo Escolar la temática de gestión del recurso hídrico (9,000 Bs para inclusión de la temática), b) 2 Talleres anuales teórico/prácticos dirigidos a primaria y secundaria (30,000 por taller para las Unidades Educativas) y c) 1 Concurso de "Soluciones para las problemáticas en la cuenca" (3 premios de 3,000 Bs para implementar la solución). De modo que, el valor total de la inversión estimada es de 78,000 Bs.

6.5.3 Línea de acción para promover la investigación y generación de conocimiento en la cuenca

Como objetivo principal de esta línea de acción, se tiene el establecimiento de estudios investigativos y de generación de conocimiento con un enfoque en la cuenca Tupiza. Con eso, se busca promover las oportunidades de investigación a diferentes niveles de educación según las temáticas de mayor interés en la cuenca. De modo que, esto beneficiará a los estudiantes de pregrado de universidades, centros de estudio a nivel técnico y estudiantes de postgrado. Las acciones específicas están organizadas según los diferentes niveles académicos: a) 5 Tesis de pregrado anuales (2,300 Bs/mes por 4 meses), b) 3 Tesis de maestría anuales (5,000 Bs/mes por 4 meses) y c) 2 Tesis de doctorado anuales (10,000 Bs/mes por 4 meses). Esto resulta en una inversión total estimada de 69,200 Bs para la implementación de todas las acciones de la línea de acción.

6.5.4 Línea de acción para la comunicación de la cuenca

Se pretende el planteamiento de una estrategia de comunicación a diferentes grupos de actores de la cuenca para lograr un nivel de involucramiento amplio y representativo. Con eso, se busca divulgar y hacer accesible la información para llegar por diferentes medios a los actores, apoyándoles en la búsqueda de soluciones conjuntas para la cuenca. Los públicos beneficiados corresponden al área urbana y rural de tres municipios: Tupiza, Atocha y Colcha K. Las acciones específicas están organizadas según los diferentes medios de comunicación y disseminación de la información/conocimiento: a) folletos informativos (medio impreso: trípticos, boletines), b) cápsulas

radiales, c) redes sociales (WhatsApp, Facebook, Telegram) y/o grupos de fuente de información confiable, d) medios TV (videos, entrevistas o material audiovisual) y e) concurso de artes: relato, fotografía sobre la cuenca.

El valor total de la inversión estimada es de 23.600 Bs, según las siguientes acciones específicas:

- a) 1,000 trípticos: 900 Bs.
- b) Cápsulas radiales de 30s x 6 cápsulas: 7,200 Bs.
- c) Diagramación de un afiche infográfico y aplicación de este a posts para redes sociales: 2,500 Bs.
- d) 1 video animado explicando el PDC Tupiza y sus acciones (incluyendo gestiones en campo con TV, medios, redes sociales): 8,000 Bs.
- e) Premio para el concurso: diagramación de libro virtual con fotos, relatos, ilustraciones: 5,000 Bs.

6.5.5 Línea de acción para la articulación y el diálogo local

Esta línea de acción busca promover espacios de articulación y diálogo para la participación en la toma de decisiones de la cuenca y, así, encontrar espacios para el diálogo entre actores de la Plataforma Interinstitucional de la cuenca. Los públicos beneficiados serán los actores en general de la cuenca, instituciones y organizaciones. Las acciones específicas están organizadas según los diferentes espacios de participación: a) grupos focales, b) foros o espacios de participación urbano-rural (remoto y/o presencial cuando posible) e c) intercambio de experiencias entre actores de las cuencas del Programa Bolivia WATCH (visitando comunidades-modelo).

El valor total de la inversión estimada es de 352,870 Bs, incluyendo para el conjunto de las tres acciones los costos generales (consultor(a) experto(a) en comunicación a cargo de diseñar contenidos para el trabajo con los grupos focales, foros e intercambio de experiencias entre comunidades de la cuenca). A continuación, se detallan los costos por acción:

- a) Materiales de trabajo para grupos focales (derivados del trabajo del presente PDC): 5,000 Bs. Refrigerios para consultor experto y 8 representantes de la Plataforma por grupo focal (2 talleres de 1/2 día por grupo, para cubrir los 7 ejes temáticos del PDC: 1. Agua y saneamiento, 2. Riego, 3. Minería, 4. Riesgos Hidroclimáticos, 5. Funciones Ambientales, 6. Institucionalidad, 7. Equidad social y género.) Se tiene previsto

trabajar con 10 grupos focales: 7,200 Bs.

- b) Materiales de trabajo para foros: 10,000 Bs. Refrigerios para foros de participación ciudadana (3 foros para la ciudad de Tupiza, 3 foros para zona rural de la cuenca, 1 foro conjunto con participación urbana y rural. Estimación de participantes: 4 panelistas y 50 personas de público. Tiempo de duración de cada foro: 2 horas): 5,670 Bs.

- c) Intercambio de experiencias entre actores de cuencas del Bolivia WATCH (Actores de cada cuenca visitan las otras dos cuencas, en una comisión conformada por 10 personas): 300,000 Bs.

6.5.6 Línea de acción para el monitoreo participativo

El objetivo principal de esta línea de acción corresponde al uso de plataformas educativas para la generación de datos y métricas sobre indicadores en la cuenca. Específicamente, esto implica la creación de oportunidades para generar información temporalmente en las temáticas de interés de mejora de la cantidad y calidad del agua en la cuenca y el uso de plataformas educativas. Los públicos beneficiados serán los responsables de la gestión del agua, estudiantes de Unidades Educativas rurales y urbanas y sociedad civil (área urbana). Las acciones específicas están organizadas según las diferentes temáticas: Cantidad de agua (aforo), calidad de agua, indicadores de biodiversidad y gestión de residuos (Kg generados, caracterización). Esta labor requiere de una inversión total estimada de 90,000 Bs (para el uso de varias plataformas, herramientas de monitoreo, talleristas).

6.5.6 Línea de acción para el fondo concursable para proyectos pequeños de actores en la cuenca

Se busca la creación de un fondo recurrente, que permita a los actores de la cuenca poner en práctica las iniciativas e ideas de solución para las problemáticas sobre el recurso hídrico. De manera que, se logre que los actores de la cuenca tengan una participación activa, mediante acciones de mejoramiento de sistemas de agua o revitalización de sistemas de riego, prevención de la contaminación, saneamiento o gestión de residuos sólidos, entre otros. Los públicos beneficiados serán los Comités de Agua de Comunidades y de áreas urbanas, grupos de jóvenes y grupos de mujeres involucradas en la gestión del agua. La acción específica se refiere a la realización de un concurso para el mejoramiento de sistemas de agua o revitalización de sistemas de riego, prevención de la contaminación,

saneamiento o gestión de residuos sólidos. El valor total de la inversión estimada es de 150,000 Bs, referentes a tres fondos de 50,000 Bs cada uno.

6.5.7 Línea de acción para la capacitación en producción más limpia en la cuenca

Esta línea de acción pretende mejorar los hábitos de uso del agua, de modo que, estos permitan disminuir el consumo de agua y mejorar la calidad de agua de los vertimientos en la cuenca. La producción más limpia se define como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada en los procesos productivos, los productos y los servicios para reducir los riesgos relevantes asociados a los humanos y al medio ambiente (UNEP).

Para cada sector existen diversas alternativas de mejora respecto a los insumos utilizados, optimización de procesos, equipos más eficientes y optimización de actividades que pueden permitir hacer uso eficiente de los recursos y mejorar los productos. En este sentido, esta línea propone realizar la capacitación por tipo de sector, como por ejemplo minería, sector doméstico, agricultura, etc., en estas temáticas. El costo de esta acción estaría relacionado con los profesionales expertos en cada sector que conozcan detalladamente las

características locales y puedan brindar asesoría constante a los miembros de asociaciones o cooperativas que se encuentren interesadas. De manera que, para este primer ciclo, se incluirían tres (3) profesionales con especialización por un tiempo igual a 12 meses durante tres (3) años del programa, es decir, un total de 36 meses por especialista (costo mensual 15,000 Bs). Esto significa que el costo total de la acción es de 1'620,000 Bs.

6.6 Gestión de riesgos hidroclimáticos, prevención, mitigación y adaptación al cambio climático

Es evidente que la problemática de la cuenca Tupiza está relacionada con eventos extremos de origen hidroclimático, que como demostró el análisis realizado en la sección de vulnerabilidades, generan un riesgo importante sobre los habitantes y sistemas productivos de la cuenca. La solución total de dicha problemática requiere de esfuerzos que van más allá de las capacidades locales a corto plazo, por lo cual es necesario abordarla de una manera progresiva, integral y articulada a otros esfuerzos. Se propone la integración en el PDC de las siguientes medidas prioritarias (**Tabla 62**), cuya ejecución permitirá abordar necesidades prioritarias de mediano plazo y sentar bases para soluciones de largo plazo.

Medida RRD	Prioridad	Indicador	Meta global	Quienes ejecutan	Plazo de ejecución
Promover Ley de Gestión de Riesgo municipal y su reglamentación	1	<ul style="list-style-type: none"> - Ley de gestión del riesgo municipal promulgada - Reglamento de la ley aprobada - Normativa socializada - Recursos asignados para su operativización en los POAs 	Ley de gestión del riesgo promulgada, socializada y operativizadas en los municipios de la cuenca	<ul style="list-style-type: none"> - UGRs - Consejos Municipales 	Corto plazo
Fortalecer el conocimiento y especialización en infraestructura resiliente	2	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicos encargados de desarrollo de infraestructura pública designado en base a sus capacidades técnicas - Cursos de especialización en resiliencia en inversiones para técnicos municipales 	UGRs con personal permanente especializado en resiliencia en las inversiones.	Direcciones de Recursos Humanos municipales	Corto plazo
Incorporar la GRD en Planes Territoriales de Desarrollo Integral y en las inversiones	3	<ul style="list-style-type: none"> -Especialización del riesgo en los planes territoriales - PTDI actualizado con GRD incorporada 	Normativa de uso de suelo consensuada y en aplicación, limita asentamientos e inversiones en zonas de riesgo	Secretarías municipales de Planificación	Mediano plazo
Incorporar la RRD y ACC en proyectos de inversión	4	<ul style="list-style-type: none"> - Adoptar metodologías de resiliencia en inversiones - cursos de capacitación a técnicos que ejecutan proyectos de inversión - Cumplimiento al reglamento básico de preinversión 	Municipios ejecutan sus Inversiones con resiliencia frente a desastres naturales	Secretarías municipales de infraestructura Pública, Producción, Medio ambiente, UGRs	Corto plazo
Fortalecer el conocimiento y especialización del recurso humano de los GAMs considerando su rol	5	<ul style="list-style-type: none"> - Cursos de actualización y especialización en riesgos hidrológicos para técnicos clave - Replicas, capacitación, socialización y sensibilización a técnicos, tomadores de decisión y sociedad civil 	Técnicos municipales y autoridades conocen la problemática relacionada con el clima al interior de la cuenca y promueven activamente la reducción de la vulnerabilidad de productores y habitantes.	UGRs	Corto plazo
Promover tecnología local para la implementación de medidas (muros chosconti, enrocados)	6	<ul style="list-style-type: none"> - Estudios de revalorización de tecnologías locales y ancestrales - Catálogos de medidas apropiadas - Eventos de socialización y capacitación 	Productores y habitantes, conocen y aplican tecnologías apropiadas con conocimiento local y ancestral para reducir su vulnerabilidad climática	Secretarías municipales de infraestructura Pública, Producción, Medio ambiente, UGRs	Corto plazo
Promover infraestructura para garantizar los servicios de riego	7	<ul style="list-style-type: none"> - Estudios de identificación de vulnerabilidades específicos - EDTPs con medidas para reducir vulnerabilidad en sistemas de riego - POA con recursos asignados 	Servicios e Infraestructura de provisión de agua para riesgo resilientes	Secretarías municipales de Infraestructura Pública, Producción, Medio ambiente, UGRs	Largo Plazo
Fortalecimiento a la UGRs, COEs, COMURADES	8	<ul style="list-style-type: none"> - Designación de personal permanente en UGRs - Roles y responsabilidades designados en COEs y COMURADES - Manuales, guías, protocolos y procedimientos aprobados - Recursos en POAs asignados 	UGRs, COEs y COMURADES de la cuenca, cuentan con personal permanentemente designados, instrumentos y presupuesto	Consejos Municipales, UGRs y autoridades locales	Mediano plazo

Medida RRD	Prioridad	Indicador	Meta global	Quiénes ejecutan	Plazo de ejecución
Incorporar la RRD y ACC en la operación y mantenimiento de la infraestructura de servicios vitales	9	<ul style="list-style-type: none"> - Servicios vitales identificados, localizados y evaluados - Responsables para O&M designados - Recursos asignados para O&M 	<p>Servicios vitales cuentan con personal y recursos para operar sus planes de O&M para prevenir impacto de riesgos hidroclicmáticos</p> <p>- Los cauces del Río Tupiza y sus afluentes se funcionan hidráulicamente bien gracias a medidas preventivas y correctivas ejecutadas por los municipios</p>	Secretarías municipales de infraestructura Pública, Producción, Medio ambiente, UGRs	Corto plazo
Medidas para el control hidráulico en ríos	10	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación y priorización de medidas en cada municipio - EDTPs de acciones para el control hidráulico en ríos - Asignación de presupuestos en POAs 	Productores de la cuenca adaptan sus prácticas hacia la resiliencia para reducir el impacto de los eventos climáticos extremos	Secretarías municipales de infraestructura Pública, Producción, Medio ambiente, UGRs	Largo Plazo
Fomentar la agricultura resiliente (buenas prácticas para la adaptación)	11	<ul style="list-style-type: none"> - Estudios de adaptación de prácticas (calendario agrícola, optimización del uso del agua, especies adaptadas, etc.) frente a amenazas, especialmente en el maíz. - Programación de acciones de desarrollo de capacidades para productores 	Productores de la cuenca adaptan sus prácticas hacia la resiliencia para reducir el impacto de los eventos climáticos extremos	Secretarías municipales de producción, medio ambiente y UGRs	Corto plazo
Promover prácticas de ahorro del agua (urbano y rural)	12	<ul style="list-style-type: none"> - Programación de acciones de sensibilización y desarrollo de capacidades para productores para el uso eficiente del agua - Campañas dirigidas a zonas urbanas para el cuidado del agua 	Población y productores de la cuenca aprovechan eficientemente el agua y cuidan su calidad y cantidad	Secretarías municipales de Infraestructura Pública, Producción, Medio ambiente, UGRs	Corto plazo
Medidas que regulen el uso de suelo y limiten el asentamiento en áreas sensibles (PTDI, acuerdos con la sociedad civil)	13	<ul style="list-style-type: none"> - Mapas de amenazas, vulnerabilidades y riesgos actualizados - Internalización de los mapas en la planificación territorial (PTDIs, PLUS, Etc.) - Socialización y capacitación a la población y productores - Designación de recursos en POAs para su operativización. 	Población cuenta, conoce y cumple la normativa municipal que limita el asentamiento y los emprendimientos en zonas de riesgo alto	Secretarías municipales de Planificación y UGRs	Mediano Plazo

TABLA 62. MEDIDAS PRIORIZADAS Y SUS INDICADORES DE SEGUIMIENTO

A continuación, se describen en mayor detalle las acciones prioritarias a implementar con el presente PDC.

6.6.1 Línea de acción para promover la Ley de Gestión de Riesgos municipal y su reglamentación

La Ley Municipal de Gestión de Riesgos definirá y fortalecerá la intervención del Gobierno Autónomo Municipal para la gestión de riesgos y tendrá como fin primordial la protección de la vida, bienes y el entorno de la población. Además, contempla el desarrollo de la cultura de prevención con participación de todos los actores y sectores involucrados en el municipio. El Reglamento de la Ley Municipal de Gestión de Riesgos es una herramienta técnico-administrativa y legal, que norma los procedimientos a seguir por funcionarios municipales para implementar la Ley Municipal en la Gestión de Riesgos, tal como se establece en la Ley N° 602 de Gestión de Riesgos. El proceso para la elaboración de la Ley Municipal de Gestión de Riesgo debe seguir los siguientes pasos:

- **Paso 1. Inicio.** La elaboración de la Ley Municipal de Gestión de Riesgos está sujeta, en todos los casos, a aspectos legales, administrativo/ financieros y técnicos. En este sentido, se requiere realizar un levantamiento de información sobre los eventos adversos, declaratorias de desastres y/o emergencias y poblaciones vulnerables en el municipio.
- **Paso 2. Autorización para la elaboración del Anteproyecto de Ley Municipal de Gestión de Riesgos.** La MAE instruye al secretario general la conformación de una comisión compuesta por las diferentes instancias y personal del GAM.
- **Paso 3. Organización, elaboración y validación del anteproyecto de Ley.** Una vez conformada la comisión se nombrarán a los responsables de la redacción del anteproyecto de ley, revisión del anteproyecto de ley y socialización del anteproyecto de ley.
- **Paso 4. Verificación del anteproyecto de Ley a la MAE.** Una vez recibido el anteproyecto de ley, la alcaldesa o el alcalde lo derivan al asesor legal para su análisis y verificación.
- **Paso 5. Análisis y viabilidad del anteproyecto de Ley por el Ejecutivo Municipal.** El asesor legal: (i) Revisa el texto y la justificación del anteproyecto. (ii) Genera información necesaria y/o solicita información a la comisión. (iii) Remite a la alcaldesa o al alcalde para la aprobación del anteproyecto y remisión al concejo.
- **Paso 6. Presentación del anteproyecto de Ley al Concejo Municipal.** La alcaldesa o alcalde (i)

Entrega el anteproyecto a la MAE para revisión y aprobación, (ii) Remite al concejo municipal el anteproyecto de Ley de Gestión de Riesgos.

- **Paso 7. Análisis y viabilidad del proyecto de Ley por el Concejo Municipal.** El concejo municipal: (i) Recibe el anteproyecto de ley. (ii) Pone a conocimiento del plenario del concejo la existencia del anteproyecto de ley. (iii) Deriva a la comisión correspondiente para su análisis y verificación.
- **Paso 8. Discusión y aprobación de la Ley por el Concejo municipal.** En pleno del concejo, en sesión expresamente convocada y conforme a su reglamento interno: Se da lectura al proyecto de Ley Municipal de Gestión de Riesgos, sus miembros exponen opiniones y fundamentación de posiciones, aprueban en grande, aprueban en detalle, aprueban en revisión, sancionan la Ley y remiten al órgano ejecutivo para su promulgación.
- **Paso 9. Promulgación por la MAE de la Ley Municipal de Gestión de Riesgos.** Aprobada la Ley Municipal de Gestión de Riesgos por el concejo municipal es remitida a la MAE para su promulgación y cumplimiento obligatorio en el municipio y el GAM. Si no hay observaciones el órgano ejecutivo promulga la ley.
- **Paso 10. Socialización de la Ley Municipal de Gestión de Riesgos.** Es obligación del GAM a partir del secretario general Municipal, Unidad de Comunicación y/o UGR (Unidad de Gestión del Riesgo) /área funcional la socialización de la Ley Municipal de Gestión de Riesgos a través de su publicación en su gaceta municipal y/o en paneles informativos institucionales, la creación de mensajes por radio y televisión y la difusión por medios impresos (prensa, afiches, distribución de folletos informativos, etc.).

Asimismo, la síntesis del proceso de elaboración del Reglamento de la Ley de Gestión de Riesgo Municipal deberá contemplar los siguientes pasos:

- **Paso 1. Evaluación de las condiciones para la elaboración del Reglamento de la Ley Municipal de Gestión de Riesgos.** La elaboración del Reglamento de la Ley Municipal de Gestión de Riesgos en el GAM está sujeta, en todos los casos, a la obligatoriedad legal. El informe técnico elaborado por la UGR o área funcional deberá ser remitida a la alcaldesa o al alcalde municipal donde se solicita el inicio de la elaboración del reglamento y la instructiva para la conformación de la comisión correspondiente.
- **Paso 2. Revisión y Ajuste a la propuesta del reglamento de la Ley Municipal de Gestión de Riesgos.** Elaborado el informe técnico de

justificación por la UGR o área funcional, este debe ser presentado a la alcaldesa o al alcalde para su autorización (si fuese necesario se solicitará complementación del informe).

• **Paso 3. Elaboración del documento final.** La comisión responsable podrá realizar diferentes eventos para la elaboración de reglamento, para este fin convocará al personal involucrado y con experiencia/conocimiento en el área legal, gestión de riesgos y planificación si correspondiese para: (i) Revisar el texto y la justificación del reglamento. (ii) Generar la información necesaria y/o solicitar complementación a la UGR. (iii) Remitir al alcalde o alcaldesa para su aprobación.

• **Paso 4. Presentación del reglamento a la Alcaldesa o al Alcalde.** Cumpliendo con una de sus atribuciones, la comisión designada presenta la solicitud para la aprobación del reglamento a la MAE. La solicitud debe estar acompañada básicamente de: Propuesta del reglamento y del informe técnico e informe administrativo/Financiero. La alcaldesa o el alcalde: (i) Reciben el Reglamento de Ley Municipal de Gestión de Riesgo (LMGR) (ii) Derivan al asesor legal para su análisis y verificación.

• **Paso 5. Análisis y viabilidad del Reglamento.** El asesor legal debe: (i) Revisar el texto y la justificación del reglamento. (ii) Verificar si el reglamento responde a una necesidad o problema de la población o sector. (iii) Generar información necesaria y/o solicita información a la comisión. (iv) Elaborar el proyecto de decreto municipal de Reglamento de la Ley Municipal de Gestión de Riesgos. (v) Remitir a la alcaldesa o al alcalde para la aprobación del reglamento.

• **Paso 6. Aprobación y oficialización del reglamento.** La alcaldesa o el alcalde en reunión de gabinete municipal firma el decreto municipal de aprobación del reglamento.

• **Paso 7. Socialización y difusión del Reglamento.** Socialización y difusión del reglamento.

El costo total de la acción para la sensibilización y socialización de la ley y reglamento en el proceso de formulación es 30,000 Bs.

6.6.2 Línea de acción para el desarrollo capacidades y destrezas en personal técnico municipal y operadores de servicios esenciales en el desarrollo de inversiones en infraestructura resiliente al clima

Esta acción buscar mejorar la eficiencia de las inversiones con el desarrollo de capacidades en técnicos y tomadores de decisión para proponer, diseñar y priorizar inversiones que sean resilientes a eventos climáticos extremos; garantizando la

continuidad de servicios esenciales y protegiendo sistemas productivos y asentamientos urbanos. Recientes eventos de transición de gobiernos municipales conllevaron a la renovación de los equipos técnicos que repercuten en la reducción o pérdida de los conocimientos, destrezas y experiencia de equipos previos, por lo cual es necesario el desarrollo de capacidades en los profesionales entrantes para afrontar el periodo de ejecución del PDC Tupiza. Las limitaciones en las capacidades técnicas de los municipios, genera ineficiencia en la ejecución de los limitados recursos, repercutiendo en el bienestar de la población; aspecto que se hace más severo al momento de afrontar eventos extremos recurrentes en la cuenca como las inundaciones y crecidas del río Tupiza, entre otros.

De modo que, la meta principal consiste en el desarrollo de capacidades en al menos 30 técnicos municipales (Tupiza, Cotagaita y Atocha), así como de entidades operadoras de servicios esenciales (agua, saneamiento, riego, etc.) que conocen y desarrollan destrezas en la aplicación de conceptos y herramientas de resiliencia en inversiones para la implementación, operación y mantenimiento de proyectos de inversión. Las actividades del programa de desarrollo de capacidades deberán trabajarse desde la identificación de técnicos y tomadores de decisión. Posteriormente la implementación de cursos de diferentes niveles (**Tabla 63**) y eventos de intercambio de experiencias y visitas a proyectos ilustrativos.

Cursos	Evento	Público meta
Cortos	Bases conceptuales de resiliencia, Adaptación al Cambio Climático y Reducción del riesgo de desastres	Tomadores de decisión y técnicos
	Impactos del CC y de eventos extremos en la cuenca Tupiza	Tomadores de decisión y técnicos
	Legislación nacional y compromisos internacionales	Tomadores de decisión y técnicos
	Herramientas de integración de la RRD y ACC en la gestión integral del agua y la planificación territorial.	Tomadores de decisión y técnicos
Especializados	Desarrollo de destrezas en la aplicación de: Análisis de resiliencia en Inversiones ARI	Tomadores de decisión y técnicos
	Desarrollo de destrezas en la aplicación de: Análisis de MiResiliencia	Técnicos municipales
	Desarrollo de destrezas en la construcción de mapas del riesgo y zonificación.	Técnicos municipales
	Herramientas técnicas de internalización de RRD y ACC en inversiones municipales (herramientas adicionales)	Técnicos municipales
Maestría	Maestría en resiliencia en inversiones en la Universidad Mayor Tomás Frías	Técnicos municipales

TABLA 63. PROPUESTA DE NIVELES DE CURSOS PARA EL PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES.

El costo total para implementar esta acción es de 225,000 Bs el cual se detalla a continuación:

- Cursos cortos: 20,000 Bs.
- Cursos especializados: 55,000 Bs.
- Maestría: 120,000 Bs.
- Eventos de intercambio de experiencias y visitas a proyectos ilustrativos: 30,000 Bs.

6.6.3 Línea de acción para incorporar la reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático en el Plan Territorial de Desarrollo Integral y en las inversiones del municipio de Tupiza

Como objetivo principal, esta acción tiene el integrar el análisis de riesgos y de cambio climático en la planificación territorial para la toma de decisiones en la planificación integral y las inversiones, contemplando los siguientes análisis: i) presencia de amenazas sobre el territorio, ii) sensibilidad territorial, y iii) capacidad de adaptación al cambio climático a través de acciones de desarrollo integral (programas y proyectos). Esta acción responde a solucionar un problema asociado con la falta de un Plan Territorial de Desarrollo Integral (PTDI) en el municipio de Tupiza, teniendo en cuenta que este debe incluir la integración de la reducción del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático que impulse procesos de desarrollo de capacidades de resiliencia de la sociedad y la naturaleza. Así como, de las capacidades para enfrentar los impactos ocasionados por los desastres naturales adversos con una visión de corto, mediano y largo plazo.

En las **Figura 44** y **Figura 45**, se muestran las etapas para la integración de la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) y Adaptación al Cambio Climático (ACC) en el PTDI. La primera etapa (**Figura 44**), evaluación del riesgo, comprende el diagnóstico situacional, es decir, de qué estado se parte para entender el riesgo. En el análisis biofísico se identifican las amenazas latentes y sobre qué sistemas están incidiendo las características biofísicas que determinan la condición de vulnerabilidad (socioeconómica) considerando los siguientes factores: Sensibilidad, exposición y capacidades. Se contemplan las acciones siguientes:

- Asimilación de escenarios de cambio climático que integra las amenazas de vulnerabilidad generados para la cuenca en el proceso de formulación del PDC.
 - Análisis institucional participativo, con relevamiento de la percepción local, sistematizando las potenciales debilidades y oportunidades.
 - Desarrollo del escenario actual y futuro integrando los escenarios climáticos en la construcción del escenario del riesgo futuro. En el análisis institucional se identifican las capacidades técnicas e institucionales/sociales de los diferentes actores del municipio.

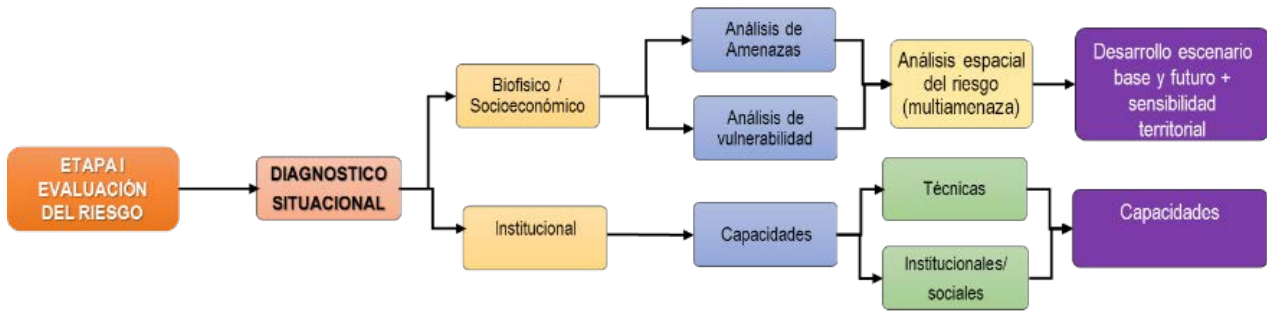


FIGURA 44. ETAPA I PARA LA INTEGRACIÓN DEL RRD Y ACC EN PTDI: EVALUACIÓN DEL RIESGO

La segunda etapa (Figura 45), comprende la integración de los siguientes enfoques: Reducción del Riesgo de Desastres y Adaptación al Cambio Climático. En el RRD se hace énfasis en el uso de medidas estructurales y no estructurales orientadas a reducir la vulnerabilidad (en sus factores y dimensiones). También se implementará la gestión del riesgo residual a través de mecanismos de fondos de transferencia

del riesgo (gestión del riesgo financiero). La ACC se promoverá a partir de un conjunto de acciones (programas y proyectos) desarrolladas en el PTDI que contribuyen a la adaptación ante los impactos del cambio climático.

La implementación de acción tiene un costo aproximado de 50,000 Bs.

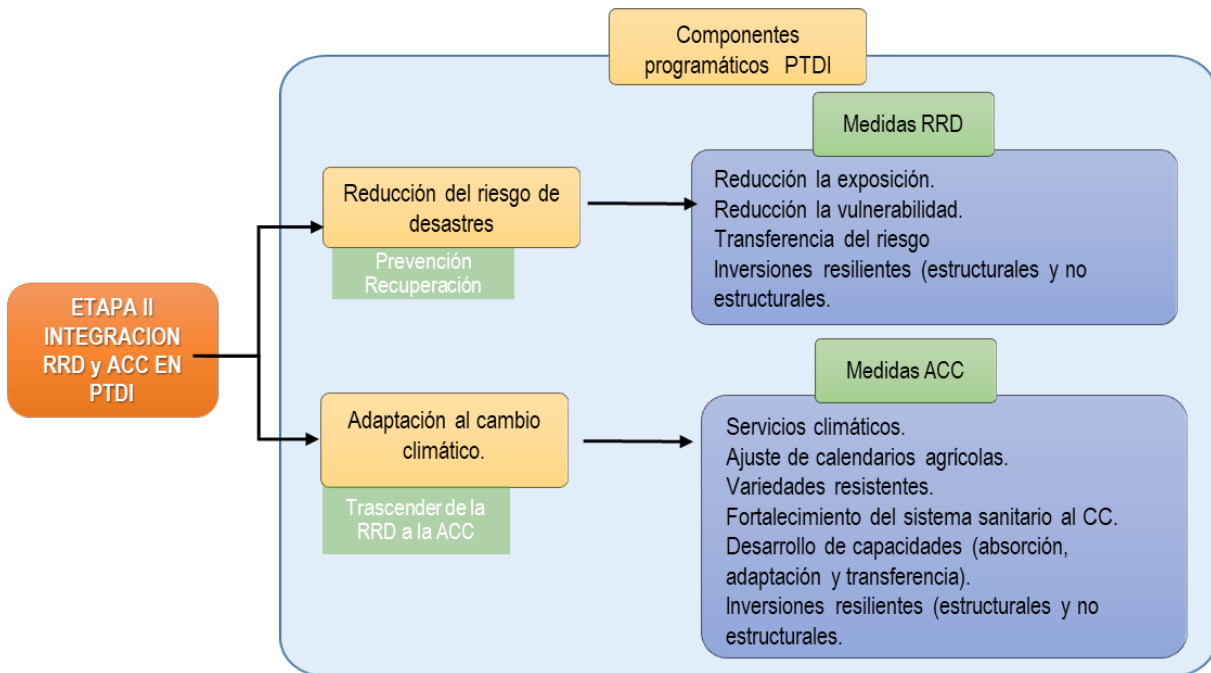


FIGURA 45. ETAPA II PARA LA INTEGRACIÓN DEL RRD Y ACC EN PTDI: INTEGRACIÓN.

6.7 Gestión de la minería sustentable para prevención y mitigación de impactos ambientales de la actividad minera

En la cuenca Tupiza la minería es una de las actividades económicas más importante. En consecuencia, dentro de la formulación del PDC se contempló el planteamiento de diferentes acciones de intervención en el marco de esta línea estratégica. Esto con el objetivo de fomentar la implementación de una minería sustentable que permita la reducción de los impactos negativos que esta actividad genera, tanto a nivel local y como a nivel regional, en las fuentes de

suministro de agua potable y en los cuerpos de agua de la cuenca.

La formulación de dichas acciones, requirió del desarrollo de un trabajo constituido por tres partes fundamentales: 1) La caracterización de la actividad minera en términos del inventario de concesiones y operaciones mineras (activas e inactivas) y zonas de expansión proyectadas, 2) La identificación y priorización de los problemas principales asociados a la gestión ambiental de la minería y su sostenibilidad, incluyendo la socialización con los actores involucrados mediante espacios participativos, y 3) La

propuesta de acciones de intervención de acuerdo con los problemas priorizados, apuntándole a una planificación de la minería sustentable en la cuenca. Dentro de las dimensiones a tratar con la proposición de las acciones se tiene la priorización de impactos ambientales para su gestión, la mejora de prácticas y procesos productivos, la recuperación de microcuencas afectas por PAM, la zonificación territorial en cuanto a las restricciones y aptitudes de uso y las propuestas de marco normativo e institucional.

A continuación, se detallan las líneas de acción referentes a esta línea estratégica, así como sus correspondientes acciones.

6.7.1 Línea de acción para la gestión de conflictos y relaciones comunitarias sobre agua, minería y otros

Implementación de entrevistas, charlas y talleres (prácticos y teóricos) para la capacitación y difusión de información técnica de minería, medio ambiente, agua, saneamiento, relaciones comunitarias y cuencas a diferentes niveles sociales e institucionales (locales y municipales). De manera que, corresponde al desarrollo de una propuesta para la gestión de conflictos y relaciones comunitarias sobre agua, minería y otros; dentro del ámbito de la educación y cultura ambiental. Esto se debe principalmente a la falta de control y supervisión por parte de las autoridades hacia los operadores mineros asentados en los diferentes sitios de las unidades hidrográficas y a la identificación de PAM que contaminan los suelos, agua y biota de la cuenca Tupiza y el área de drenaje del proyecto Estarca. Adicionalmente, existe un conflicto por el agua y el territorio entre los operadores mineros, agricultores y población en general por el uso industrial de aguas superficiales y descargas de lixiviados a medio ambiente, aun cuando muchos de los trabajadores mineros viven aguas abajo de las operaciones mineras que afectan directamente el suelo y agua del lugar en donde viven.

De acuerdo con esto lo que se busca es la divulgación y la capacitación en temas técnicos (principalmente en el uso de aguas superficiales y descargas de lixiviados mineros que contaminan aguas y suelos) que asocian a los operadores mineros con los pobladores de las unidades hidrográficas mineras, agrícolas y población en general. Con lo que se beneficiarán instituciones locales y municipales y los habitantes de las principales poblaciones urbanas mineras y agrícolas aledañas. De forma que, sea posible

que las autoridades, técnicos de instituciones, miembros de sectores sociales, agricultores y población en general estén bien informados y capacitados para alcanzar un adecuado entendimiento de las distintas problemáticas asociadas a la minería, el agua, el medio ambiente, entre otros.

La acción requiere un tiempo de implementación equivalente a 6 meses con un costo total de 200,000 Bs y, adicionalmente, que las ideas y proyectos se gesten y elaboren en los municipios involucrados para coordinar y gestionar recursos a nivel departamental y nacional. El financiamiento debe provenir del plan de inversión en función de la gestión de financiamiento por entidades municipales, departamentales y nacionales, además de la gestión de intervención de entidades de apoyo internacional. Asimismo, se requiere la medición de su impacto a través de la cantidad de autoridades y técnicos institucionales, miembros de sectores sociales, agricultores y población en general que alcanzaron el entendimiento de las problemáticas a través de los talleres y capacitaciones desarrollados.

6.7.2 Línea de acción para la creación o fortalecimiento de unidades técnicas, municipales y otras, en temas de minería, agua y cuencas

Implementación de talleres (prácticos y teóricos) para la capacitación y divulgación de información técnica relacionada con minería, medio ambiente, agua, saneamiento, relaciones comunitarias y cuencas a diferentes niveles institucionales (locales y municipales). Esto implica que esta acción puede caracterizarse como una acción de creación o fortalecimiento de unidades técnicas, municipales y otras en temas de minería, agua y cuencas, dentro del ámbito de la educación y cultura ambiental. Cabe resaltar que esta se requiere debido a la falta de conocimiento y capacidad técnica en términos de minería, agua y medio ambiente por parte del personal técnico de las instituciones locales y municipales de la cuenca. Asimismo, por la ausencia de control y supervisión de las autoridades hacia los operadores mineros, así como del uso industrial de aguas superficiales y descargas de lixiviados mineros y a la identificación de contaminación de suelos y agua por diferentes PAM.

Consecuentemente, el objetivo de la acción se resume a la capacitación y formación de técnicos de instituciones locales y municipales en temáticas técnicas de relevancia en términos de minería, agua y medio ambiente; considerando

la posibilidad de crear unidades ambientales y de riesgos mineros, naturales y otros (en caso de que no existan actualmente). Con ello, se pretende lograr que las autoridades y técnicos institucionales (locales y municipales) tengan a la mano la información y capacitación suficiente para el entendimiento de las problemáticas asociadas a la minería, agua, medio ambiente y otros. Permitiendo así que se beneficien tanto las instituciones locales y municipales como las poblaciones urbanas mineras y agrícolas ubicadas principalmente en Tupiza y Atocha.

La implementación de esta acción requiere de 8 meses, una inversión de 250,000 Bs y de que las ideas y proyectos se gesten y elaboren en los municipios involucrados para coordinar y gestionar los recursos a nivel departamental y nacional. Se debe tener en cuenta que el financiamiento potencial hace parte de un plan de inversión en función de la gestión de financiamiento por entidades municipales, departamentales y nacionales, además de la gestión de intervención de entidades de apoyo internacional. Por otro lado, las autoridades y técnicos institucionales informados y capacitados en dichas problemáticas vigentes corresponden a los indicadores bajo los cuales se debe medir el impacto de la acción propuesta.

6.7.3 Línea de acción para la educación y capacitación en temas relativos a la problemática real de la minería, agua y medio ambiente en la cuenca

Socialización y capacitación de la problemática minero ambiental y relación con el uso del agua, como parte de la educación y capacitación en temas relativos a la problemática real de la minería, agua y medio ambiente de la cuenca; dentro del ámbito de la educación y cultura ambiental. Es importante entender que esta problemática se encuentra principalmente asociada al desconocimiento por parte de los pobladores de las áreas aledañas a las actividades mineras sobre los impactos (especialmente negativos) que esta genera para la cuenca.

De manera que, se busca la implementación de programas educativos sobre la problemática que produce la actividad minera en relación con el agua, el medio ambiente, el sector agrícola y otros temas principalmente en las unidades hidrográficas mineras. Propendiendo así por el beneficio de las instituciones locales y municipales, de los habitantes de las microcuencas mineras y poblaciones urbanas mineras y agrícolas aledañas. Por consiguiente,

se lograría un gran aporte en términos del grado de información y concientización que pueden alcanzar los habitantes de la región respecto a las problemáticas asociadas a la minería, al medio ambiente, al agua y otros; considerando que la participación de los representantes de base de los núcleos sociales es fundamental dentro del proceso.

Para el logro de la meta planteada a través de esta acción se requiere la coordinación y gestión de los recursos a nivel departamental y nacional con la creación y elaboración de los proyectos asociados dentro de los municipios involucrados. Asimismo, una inversión de 300,000 Bs para ejecutarse en un tiempo igual a 8 meses.

6.7.4 Línea de acción para la adecuación ambiental por parte de operadores mineros anómalos

Gestión de planes de adecuación ambiental para operadores mineros como parte de las acciones de adecuación ambiental de operadores mineros anómalos. Esta acción surge como respuesta ante la problemática asociada a la falta de licenciamiento ambiental de los operadores mineros, la inexistencia o inaccesibilidad de información técnica minera y a la presencia de PAM en unidades hidrográficas menores. Consecuentemente, se persigue la gestión de los recursos y condiciones necesarios para la adecuación de la norma vigente a los operadores mineros informales o que por desconocimiento no han realizado o culminado los correspondientes trámites. Asimismo, para los operadores que no cumplen con el seguimiento, declaración y actualización de sus actividades.

De este modo, la meta a alcanzar con la implementación de esta acción consiste en la obtención de las licencias ambientales vigentes para todos los operadores mineros existentes en la cuenca Tupiza y el área de drenaje del proyecto Estarca. Se debe tener en cuenta que para que se vean beneficiados los habitantes de las microcuencas mineras y las poblaciones urbanas mineras y agrícolas aledañas, deben invertirse un total de 1.5 años y 350,000 Bs, considerando como indicador de impacto la cantidad de operadores mineros que cuentan con la licencia ambiental correspondiente.

6.7.5 Línea de acción para la gestión de información técnica minera

Creación de mecanismos para el acceso a información técnica de producción minera, consumo y demanda de agua para uso en

minería, dentro de las acciones para la gestión de la información técnica minera. Surge como resultado de la inexistencia de licenciamiento ambiental de los operadores mineros, así como de la información técnica minera y de la presencia de PAM en unidades hidrográficas menores. En este sentido, se pretende la gestión del conocimiento e información técnica pertinente en relación con las actividades mineras, demanda de agua y medio ambiente; contemplando además el acceso a dicha información.

De manera que, a través de autoridades y mecanismos formales se tendrá el acceso a la información minera para el beneficio de los habitantes de las microcuencas mineras y las poblaciones urbanas mineras y agrícolas aledañas. Esto implica que para la medición del impacto puede utilizarse como indicador la documentación técnica minera existente y accesible. En cuanto a requerimientos en términos de costos y tiempo para su implementación, se necesita una inversión de 150,000 Bs y 8 meses, respectivamente.

6.7.6 Línea de acción para la evaluación de Pasivos Ambientales Mineros (PAM)

Identificación y caracterización de PAM por microcuenca como una acción para la evaluación de éstos. De modo similar a las demás acciones incluidas dentro de esta línea estratégica, esta acción está asociada a la problemática generada por la falta de licenciamiento de los operadores mineros y a la presencia de PAM en las unidades hidrográficas menores sin ninguna clase de responsabilidad ambiental. Como respuesta a estas condiciones, se requiere la evaluación de dichos PAM para la correspondiente mitigación y remediación estructural asociadas a estos. Cabe resaltar que para ello se deben identificar previamente los activos y pasivos ambientales mineros, así como las responsabilidades con los mismos para la correcta proyección de la mitigación y remediación de estos.

En consecuencia, será posible obtener la evaluación de los PAM en términos de cantidades y potencial de generación de contaminación de factores ambientales. Esto implicaría un beneficio directo para los habitantes de las microcuencas mineras y para las poblaciones urbanas mineras y agrícolas aledañas. Contemplando, además, como indicador de impacto los PAM identificados y evaluados por unidad hidrográfica menor. Por otro lado, debe considerarse que para la implementación de la acción se requiere de un año y una inversión total de 350,000 Bs.

6.7.7 Línea de acción para la inventariación de recursos hídricos, superficiales y de subsuelo

Identificación y caracterización de cuerpos de aguas superficiales y subterráneas para el inventario de los recursos hídricos superficiales y del subsuelo. Se plantea como acción a implementar debido a la falta de fuente de recursos hídricos visibilizados, al desconocimiento del potencial de los recursos hídricos de la cuenca, a la identificación de PAM que impactan y degradan los cuerpos de agua, suelos y biota y al uso de aguas superficiales en actividades mineras, además de la descarga descontrolada de efluentes minero-industriales al medio ambiente. Lo que ha afectado a los habitantes de las microcuencas mineras y a las poblaciones urbanas mineras y agrícolas aledañas.

De acuerdo con la problemática explicada anteriormente, se requiere mejorar la calidad de vida de los pobladores y del medio ambiente de la cuenca. Esto a partir de estudios relacionados con el inventario de los recursos hídricos superficiales y subterráneos. Asimismo, a partir del aprovechamiento de pozos de agua existentes para la toma de muestras y su correspondiente análisis, teniendo en cuenta que en algunos casos se debe contemplar la construcción de pozos artesanales para la evaluación de los recursos hídricos subterráneos. Así, se alcanzaría el conocimiento del potencial de los recursos hídricos de la cuenca.

Los requerimientos en términos de costos y duración para la implementación de la acción son una inversión total de 600,000 Bs en el plazo de 1 año.

6.7.8 Línea de acción para la mitigación y remediación estructural de Pasivos Ambientales Mineros (PAM)

Evaluación de los PAM en función del potencial de contaminación por metales pesados para la proyección de estudios de diseño de manejo estructural de dichos PAM; se formula como parte de los estudios para la mitigación y remediación estructural de los PAM. Asimismo, se plantea como resultado de los problemas relacionados con las actividades mineras ejecutadas inadecuadamente en relación con la normatividad ambiental y social y a la degradación de los cuerpos de agua, suelos y biota producida por los PAM identificados. De modo que, se han afectado sustancialmente a los habitantes de las microcuencas mineras y a las poblaciones

urbanas mineras y agrícolas aledañas a sitios con operaciones mineras tanto activas como inactivas.

Por lo que, se debe mejorar la calidad de dichos pobladores y el medio ambiente de la cuenca, con la implementación de estudios de control y mitigación ambiental de los PAM. Igualmente, se evidencia la necesidad de diseño y construcción de obras civiles para el control estructural de los PAM, así como, el tratamiento de aguas ácidas de acuerdo con el presupuesto disponible. Esto implica directamente que se tendría una cuenca hidrográfica estudiada y caracterizada en términos de PAM, tomando como indicador de impacto los estudios de diseños de manejo estructural de PAM.

La aplicación de la acción requiere una inversión total de 2,500,000 Bs y un tiempo igual a 2.5 años.

6.8 Gestión inter- institucional, territorial y financiera para mejorar la gobernanza e implementación del Plan Director de Cuenca

Esta línea estratégica está planteada con el propósito de brindar los mecanismos y herramientas indispensables para que la gestión de la cuenca sea posible dentro de los lineamientos dados en el programa Plurianual de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas 2017-2020 y el Marco Orientador para la Formulación de PDC. De acuerdo con estos documentos, los PDC tienen la función de establecer la coordinación intergubernamental e intersectorial para desarrollar la gobernanza de los recursos naturales a nivel de cuenca estratégica. Asimismo, establecen que la entidad responsable de impulsar, coordinar la implementación y hacer seguimiento del PDC es la "Plataforma Interinstitucional".

La consolidación y operativización de la Plataforma, como sucede con la creación de este tipo de espacios multiactores, es un proceso que lleva tiempo, ya que requiere de una "apropiación" que solo se logra cuando los beneficios y la utilidad son claramente visibles para los actores involucrados. Por lo tanto, una parte de las acciones recomendadas apuntarán a operativizar la implementación del PDC a partir de la institucionalidad actual de la cuenca y las herramientas y espacios de coordinación ya existentes. De este modo, se busca la integración del PDC en los procesos en marcha y la visualización de los beneficios de esta herramienta.

En este sentido, se plantean cinco líneas de acción:

1. Conformación y/o consolidación de las instancias operativas y de coordinación para la implementación del PDC de la cuenca del río Tupiza y de la Plataforma Interinstitucional.
2. Gestión de marco normativo habilitante.
3. Difusión, socialización y documentación de experiencias en el marco del PDC.
4. Fortalecimiento institucional y desarrollo de capacidades en actores locales, privados, funcionarios públicos de los municipios y de la gobernación departamental que coadyuven en la gestión del PDC.
5. Acciones para la gestión de conflictos sobre el agua y los recursos naturales de la cuenca.

6.8.1 Línea de acción para la conformación y/o consolidación de las instancias operativas y de coordinación para la implementación del Plan Director de la Cuenca del río Tupiza y de la Plataforma Interinstitucional

En el marco de la elaboración del PDC, se impulsó la conformación de la Plataforma Interinstitucional, logrando conformar el directorio con la aprobación de estatutos y reglamentos en el mes de abril del 2021 y el consejo técnico en el mes de septiembre del mismo año. Teniendo en perspectiva los nuevos lineamientos para las plataformas (aún no aprobados) y la elaboración del Programa Plurianual del PNC para el próximo quinquenio, la estructura de la plataforma se diseñó de tal manera que considere los lineamientos vigentes y tenga al mismo tiempo la flexibilidad para poder adaptarse a la nueva estructura propuesta. Bajo este contexto, a continuación, se describe la estructura de la Plataforma Interinstitucional de la cuenca Tupiza:

- Directorio de la plataforma: Máxima instancia de la plataforma con poder de convocatoria; con el objetivo de tomar decisiones y formalizar acuerdos.
- Concejo técnico: Brindar apoyo de carácter técnico y logístico.
- Concejo social: Espacio de diálogo y concertación entre organizaciones sociales. Por otro lado, se propone que las sesiones de estos concejos sean de forma conjunta, a diferencia de las plataformas ya existentes.
- Unidad de Gestión de la cuenca Tupiza: Instancia operativa que implementa de forma integral y sostenible el PDC. Tener en

consideración que se propone que en tanto no se logre conformar la UGC por falta de recursos financieros, se conforme una comisión técnica encargada de la implementación operativa del PDC.

Esta tiene como objetivo diseñar, promover y consolidar participativamente mecanismos operativos y de coordinación de iniciativas, esfuerzos institucionales y concurrencia técnica y financiera que impulsen la implementación del PDC, así como la consolidación de la plataforma interinstitucional como una instancia en la que concurren todos los actores relevantes para la gestión apropiada de la cuenca del río Tupiza. Para ello, se formulan las siguientes actividades a implementar, teniendo en cuenta que se requiere una inversión de 767,000 Bs a ejecutar durante el quinquenio 2022-2027:

- Constitución de la comisión técnica y fortalecimiento de capacidades suficientes.
- Tener un pleno funcionamiento del consejo técnico y conformación del consejo social.
- Conformación de comisiones temáticas como espacios de coordinación entre los múltiples actores para operativización y seguimiento de acciones en curso del PDC.
- Elaboración de un Plan Estratégico para la sostenibilidad técnico-financiera que cuente al menos con:
 - Un estudio de articulación y armonización entre todos los planes, programas y proyectos de los municipios y gobernación con el PDC (PTDIs, Plan Municipal de Fomento a la Producción Agroecológica, Plan de la Mancomunidad de Chichas y otros) que coadyuve en la gestión de financiamiento.
 - Acciones dirigidas a generar herramientas de planificación para el concejo técnico y social, así como capacidades logísticas necesarias para funcionar.

6.8.2 Línea de acción para la gestión de marco normativo habilitante

Con la incorporación de esta línea de acción en el PDC, se busca contribuir al fortalecimiento del marco normativo para la gestión del agua en la cuenca. Se propone plantear normas específicas en el marco de las competencias departamentales y municipales que contribuyan a llenar ciertos vacíos en la normativa y a cubrir déficits de competencias, que de no atenderse en el plazo inmediato se pueden constituir en obstáculos para la implementación del PDC.

El marco normativo para garantizar la legalidad del funcionamiento de las plataformas y la implementación de los PDCs todavía es un tema que no está claro y que difiere entre las cuencas donde ya se implementaron PDCs y entraron en funcionamiento las plataformas. No existe claridad en la necesidad del "reconocimiento" legal de las plataformas ya que, según la Constitución Política del Estado (CPE), todos los niveles de gobierno se encuentran habilitados para establecer mecanismos de coordinación política, técnica, programática, económica, entre otros. Sin embargo, las acciones de estas plataformas deberán enmarcarse en las competencias de las que son titulares los niveles de gobierno que las lleguen a implementar.

Por otro lado, es conveniente prever si la implementación operativa de algunas de las acciones propuestas en el PDC requerirá algún tipo de convenio adicional intergubernativo o de otro tipo para su ejecución. En este sentido, el objetivo de esta línea corresponde a la contribución en el fortalecimiento del marco normativo para la gestión del agua en la cuenca, identificando los vacíos en la normativa y el déficit de competencias para la implementación del PDC. De modo que, se formulan las actividades mencionadas a continuación, las cuales tienen un costo total de 178,000 Bs (para ejecutarse en el quinquenio 2022-2027):

- Asesoramiento para definir la mejor figura legal de reconocimiento de la plataforma de la cuenca del río Tupiza (a nivel nacional el decreto supremo o resolución ministerial y a nivel departamental los acuerdos intergubernativos, norma departamental, ambas).
- Estrategia de gestión para la promulgación de la(s) norma(s) identificada(s).
- Identificación de posibles vacíos legales para la ejecución de las acciones concretas del PDC e identificación de alternativas para su resolución.

6.8.3 Línea de acción para la difusión, socialización y documentación de experiencias en el marco del Plan Director de la Cuenca del río Tupiza

La creación de nuevas instancias de gestión, muchas veces, puede ser contraproducente en el imaginario común de la población, que en muchos casos ve estas instancias como mecanismos de restricción y control. Es necesario que la implementación del PDC esté acompañada por un programa de comunicación y difusión que de manera oportuna y dinámica

proporcione información solvente sobre las actividades y determinaciones de la Plataforma Interinstitucional. Se pretende que a través de estas actividades la población adopte y se identifique con la gestión de la cuenca.

Por otra parte, también se ve necesario contar con un mecanismo que permita sistematizar las experiencias que se desarrollen dentro del PDC. Esta información deberá ser la base para compartir experiencias entre actores locales, entre municipios, ya sea dentro de la cuenca o con otras instancias. En consecuencia, el objetivo de esta línea de acción corresponde a la apropiación del PDC en términos de objetivos, alcances, principales acciones, metas y experiencias por parte de la población, a través de mecanismos innovadores de comunicación y difusión. De modo que se formularon las actividades enunciadas a continuación, las cuales deben contar con un presupuesto para el quinquenio estimado 2022-2027 de 430,000 Bs:

- Elaboración de una estrategia de comunicación y difusión del PDC que además de lograr la “apropiación” del PDC en la población (objetivos, alcance, principales acciones y metas) permita su interacción a través del uso de las nuevas tecnologías.
- Buscar las concurrencias financieras permanentes que permitan la ejecución recurrente de actividades clave dentro de la estrategia de comunicación (página web, redes sociales, medios de comunicación tradicionales).
- Elaboración de material de difusión y educativo (videos, cuñas, folletos, etc.)
- Sistematización de experiencias en el marco de la gestión del PDC.
- Intercambio de experiencias a través de talleres, reuniones, pasa días de manera presencial y virtual.
- Estrategia de incidencia en los programas de educación formal, que permita difundir los alcances del PDC a estudiantes de escuelas y colegios de los dos municipios.

6.8.4 Línea de acción para el fortalecimiento institucional y desarrollo de capacidades en actores locales, privados, funcionarios públicos de los municipios y la gobernación departamental que coadyuven en la gestión del PDC

La Plataforma Interinstitucional del PDC está compuesta por diversos representantes de instancias políticas, sociales y técnicas que plantean en sí algunos retos: diversidad cultural,

diferentes grados formativos y distintos periodos de representación (su asignación depende de factores externos a la plataforma). Bajo estas características, es indispensable contar con estrategias de capacitación de los actores que permitan que los procesos desarrollados en el PDC sean continuos y respondan a los marcos programáticos de corto, mediano y largo plazo establecidos con anterioridad.

Adicionalmente, la capacitación de los funcionarios de los dos municipios, en temas relacionados a la gestión del PDC, deberá ser permanente, tomando en cuenta que son ellos la instancia técnica que guía los procesos dentro de la cuenca. Con el personal técnico capacitado y la instancia social y política bien informados, se logrará el fortalecimiento de la Plataforma Interinstitucional. Esto implica que lo que se busca es el diseño e implementación de mecanismos de formación que permitan desarrollar capacidades de gestión del PDC entre los actores locales, privados y funcionarios de los municipios y la gobernación departamental para la mejora de los sistemas de seguimiento de indicadores de estado de la cuenca. De modo que, las actividades en esta línea de acción están enfocadas principalmente en mejorar las capacidades y conocimientos de los actores que conforman la Plataforma Interinstitucional. A su vez, esto implica un costo total de 272,000 Bs dentro del quinquenio estimado 2022-2027. Se describen a continuación las correspondientes actividades:

- Realizar un diagnóstico que identifique las necesidades de fortalecimiento de los actores públicos y actores locales para lograr la implementación del PDC.
- Elaborar un programa de fortalecimiento institucional, basado en la formación y capacitación de técnicos y actores sociales en la gestión del PDC que incluya:
 - Capacidades para la búsqueda y gestión de financiamiento.
 - Guía de inducción en la gestión del PDC, dirigido a todo nuevo integrante de la Plataforma y la unidad de gestión del PDC, que permita dar continuidad a los procesos de gestión.
 - Capacidades para monitoreo de indicadores de la cuenca, que incluyan la capacitación técnica de los actores del concejo técnico y del comité técnico.
 - Capacitación en el manejo de herramientas de gestión de la cuenca.
 - Capacitación en el enfoque de cuenca a los actores sociales.

- Actualización y capacitación continua en el sistema participativo de monitoreo de calidad de agua.

- Apoyo para la apertura de canales con fuentes de financiamiento en temas de cuenca y recurso hídrico.

6.8.5 Línea de acción para la gestión de conflictos sobre el agua y los recursos naturales de la cuenca

En la cuenca concurren diversos actores, municipios, comunidades agrarias, mineros, poblaciones urbanas, etc. Cada sector cuenta con acceso diferente al agua y otros recursos, que hace que permanentemente se puedan generar controversias ya sea por competir por el recurso (comunidades regantes) o porque sus actividades no son compatibles (por ejemplo, la contaminación minera y la agricultura). En la cuenca Tupiza, siendo ésta una cuenca minera, la mayor parte de los conflictos que se presentan suelen ser entre sectores de uso minero y de uso comunal para consumo doméstico y riego. Los conflictos intra sectoriales, como por ejemplo entre sistemas de riego, casi no se presentan, ya sea por la distancia existente entre comunidades y/o por los usos y costumbres que ya establecen las normas de acceso al agua que son acatadas por todos.

Por tanto, la gestión de conflictos y mejor aún, la gestión temprana y previsión de conflictos debe estar preferentemente enfocada a los conflictos intersectoriales. En este tipo de conflictos, no se observan formas de resolución local, sino que, mayormente los pobladores suelen acudir al actor público como actor externo ante la ausencia de mecanismos locales de negociación y resolución. En estos casos, el cuello de botella suele ser la falta de claridad de las atribuciones, roles y competencias del municipio, la gobernación y el ministerio, dificultando las gestiones que realizan las autoridades locales al presentar una denuncia.

Para el buen funcionamiento del PDC, es indispensable buscar puntos de equilibrio entre los intereses de los actores y contar con mecanismos que ayuden a amortiguar las controversias, en lo posible antes que los mismos deriven en conflictos. Cabe mencionar que el proceso para la elaboración del presente PDC ha generado información que puede contribuir a la reducción de ciertas fuentes de conflicto, puesto que esta aclara el funcionamiento del sistema. En este orden de ideas, el objetivo de esta línea de acción es diseñar e implementar estrategias de detección temprana y transformación de

conflictos en la gestión del agua en la cuenca del río Tupiza a través de la implementación de las siguientes actividades que tienen un costo total de 280,000 Bs para el quinquenio 2022-2027:

- Diseño de estrategia de alerta temprana de conflictos en la cuenca del río Tupiza, que contemple un sistema de monitoreo y seguimiento de factores que pueden derivar en conflictos (monitoreo constante y participativo de diques de cola y pasivos ambientales mineros, informes periódicos a poblaciones afectadas sobre los avances en la mejora del tratamiento de aguas servidas, gestión de consensos para usos mineros de fuentes de agua, entre otros).

- Estrategia de manejo de conflictos que contemple el fortalecimiento de instancias públicas en la mediación, facilitación y resolución de conflictos.

- Flujo de comunicación y clarificación de roles y competencias entre autoridades de las diferentes escalas (municipal, departamental y nacional).

- Estrategia de monitoreo y control ambiental participativo que fomente un ambiente de confianza entre los actores locales y el actor público (inspecciones conjuntas, consensos sobre adecuación ambiental por etapas, información técnica objetiva sobre temas conflictivos y otros).

- Fortalecimiento del consejo social en el ámbito de resolución de conflictos, considerando que este es un espacio de diálogo y concertación que dentro de sus funciones principales tiene la contribución en la gestión de conflictos relacionados al uso, accesos y asignación del agua y recursos naturales asociados.

7 REFERENCIAS

- Lempert, R. J., Popper, S. W. y Bankes, S. C. (2003). Shaping the Next One Hundred Years: New methods for quantitative, long-term policy analysis. RAND, Santa Monica, CA
- Lima, N., Coleoni, C. y Angarita, H. (2021). ADR y planificación de cuencas hidrográficas en Bolivia. <https://www.sei.org/publications/adr-y-planificacion-de-cuencas-hidrograficas-en-bolivia/>
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2014). Marco Orientador para la Formulación de Planes Directores de Cuencas (PDC) La Paz, Bolivia
- MMAyA (2018). Balance Hídrico Superficial de Bolivia. , 2018.
- Purkey, D. R., Escobar Arias, M. I., Mehta, V. K., Forni, L., Depsky, N. J., Yates, D. N. y Stevenson, W. N. (2018). A Philosophical Justification for a Novel Analysis-Supported, Stakeholder-Driven Participatory Process for Water Resources Planning and Decision Making. *Water*, 10(8). 1009. DOI: 10.3390/w10081009
- Yates, D., Sieber, J., Purkey, D. y Huber-Lee, A. (2005). WEAP21 —A demand-, priority-, and preference-driven water planning model: part 1: model characteristics. *Water International*, 30(4). 487-500.



SEI Stockholm
Environment
Institute

