



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE Y AGUA



Planificación Hídrica de la CUENCA PAMPA HUARI



Plan Director de la Cuenca Pampa Huari

2022



Créditos

Planificación Hídrica de la Cuenca Pampa Huari

Plan Director de la Cuenca Pampa Huari

Autores

Cristo Facundo Pérez y Melina Balderrama

Co-autores

Adriana Soto Trujillo
Angélica Moncada
Blanca Vega
Carla Liera
Cecilia Tapia Benítez
Claudia Coleoni
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
Nilo Lima Quispe
Nhilce N. Esquivel
Sarah Dickin
Sophia Espinoza
Tania Santos
Yesica Rodríguez

Coordinadora

Marisa Escobar

Editor

Roberto Quevedo Sopepi - UAGRM

Diseño, diagramación y fotografía de portada

Juan Manuel Rada

Fotografías

Cristo Facundo Pérez

ISBN

978-99974-51-24-8

Depósito Legal

8-1-452-2022 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

1	ACRÓNIMOS	10
	PRÓLOGO	12
	PRESENTACIÓN	14
	INTRODUCCIÓN	
	PROGRAMA BOLIVIA WATCH	16
2	ANTECEDENTES	17
	2.1 Elaboración del diagnóstico integral y formulación de la propuesta de lineamientos estratégicos e institucionales del plan director de la cuenca del río pampa huari del 2018	17
	2.2 Proceso conducente a la actualización y complementación del PDC-PH del 2018	19
3	DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI	20
	3.1 Ubicación, Delimitación y División Espacial de la cuenca	20
	3.2 División político-administrativa dentro de la cuenca	22
	3.3 Cobertura de la tierra	26
	3.4 Geología	28
	3.5 Geomorfología	30
	3.6 Clima y cambio climático	31
	3.6.1 Clima	31
	3.6.2 Cambio climático	33
	3.7 Recursos Hídricos	35
	3.7.1 Recurso hídrico superficial	35
	3.7.2 Calidad del agua del recurso hídrico superficial	37
	3.7.3 Recurso hídrico subterráneo	39
	3.8 Presiones ambientales del sector económico	40
	3.8.1 Minería	40
	3.8.2 Agricultura	42
	3.8.3 Ganadería	43
	3.9 Agua potable, saneamiento e higiene	43
	3.9.1 Agua potable	43
	3.9.2 Saneamiento	44
	3.9.3 Higiene	44
	3.10 Caracterización demográfica y sociocultural	44
4	FORMULACIÓN DEL PDC PAMPA HUARI Y CONFORMACIÓN DE LA PLATAFORMA INTERINSTITUCIONAL	49
	4.1 Conformación de la plataforma interinstitucional	51
	4.2 Aplicación del marco del apoyo a las decisiones robustas (ADR) para la formulación de un pdc	53
	4.2.1 Incertidumbres (X)	55
	4.2.2 Indicadores de desempeño para evaluar problemáticas y vulnerabilidades (M)	56
	4.2.3 Herramientas analíticas y modelos (R)	58
	4.2.4 IEstrategias (L)	73

5	<p>PROBLEMÁTICAS Y VULNERABILIDADES PRIORIZADAS EN LA CUENCA 74</p> <p>5.1 Problemáticas en torno a la gestión del agua en la cuenca 74</p> <p>5.2 Vulnerabilidades priorizadas en la cuenca 75</p> <p style="padding-left: 20px;">5.2.1 H Caudales disponibles 76</p> <p style="padding-left: 20px;">5.2.2 Calidad de agua superficial 77</p> <p style="padding-left: 20px;">5.2.3 Funciones Ambientales 81</p> <p style="padding-left: 20px;">5.2.4 Agua y saneamiento 83</p> <p style="padding-left: 20px;">5.2.5 Riego agrícola 86</p> <p style="padding-left: 20px;">5.2.6 Minería 88</p> <p style="padding-left: 20px;">5.2.7 Género y pobreza 91</p> <p style="padding-left: 20px;">5.2.8 Riesgos hidroclimáticos 95</p> <p>5.3 Gobernanza del agua 100</p>
6	<p>MARCO ESTRATÉGICO 102</p> <p>6.1 Visión 103</p> <p>6.2 Misión 103</p> <p>6.3 Lineamientos estratégicos 103</p> <p style="padding-left: 20px;">Línea estratégica 1. Protección, conservación y restauración de los ecosistemas estratégicos para recuperar sus funciones ambientales 104</p> <p style="padding-left: 20px;">Línea estratégica 2. Agua sostenible en calidad y cantidad para consumo humano y saneamiento básico 114</p> <p style="padding-left: 20px;">Línea estratégica 3. Gestión del agua para la producción agropecuaria bajo riego 121</p> <p style="padding-left: 20px;">Línea estratégica 4. Gestión de las actividades mineras para minimizar sus impactos en los recursos hídricos 134</p> <p style="padding-left: 20px;">Línea estratégica 5. Gestión de acuerdos interinstitucionales para la gestión técnica y financiera y desarrollo de capacidades 141</p>
7	<p>COMENTARIOS FINALES DEL PLAN DIRECTOR DE LA CUENCA PAMPA HUARI 149</p> <p>7.1 Descripción de la cuenca del río Pampa Huari 149</p> <p>7.2 Lineamientos estratégicos 149</p> <p>7.3 Plataforma interinstitucional 149</p>
8	<p>REFERENCIAS 152</p> <p>ANEXOS 153</p> <p>Anexo A. Formulación del PDC Pampa Huari y conformación de la Plataforma Interinstitucional 153</p> <p style="padding-left: 20px;">Anexo A1. Conformación de la plataforma interinstitucional 153</p> <p style="padding-left: 20px;">Anexo A2. Aplicación del marco de Apoyo a las Decisiones Robustas 157</p> <p style="padding-left: 20px;">Anexo A3. Representación de la gestión del agua en la cuenca basada en WEAP 159</p> <p>Anexo B. Vulnerabilidades priorizadas en la cuenca 161</p> <p style="padding-left: 20px;">Anexo B1. Funciones Ambientales 161</p> <p style="padding-left: 20px;">Anexo B2. Género y pobreza 165</p> <p>Anexo C. Lineamientos estratégicos 172</p> <p style="padding-left: 20px;">Anexo C1. Línea de acción 2.2 Ampliación de la cobertura y mejora del servicio de agua potable y saneamiento básico en comunidades rurales 172</p>

Índice de tablas

Tabla 1.	Acciones de los ejes estratégicos planteados en el diagnóstico de la cuenca Pampa Huari en el 2018	18
Tabla 2.	Superficies de los municipios con presencia en la cuenca Pampa Huari	23
Tabla 3.	INúmero de comunidades identificadas en la cuenca	23
Tabla 4.	Comunidades identificadas en la cuenca Pampa Huari	24
Tabla 5.	Área de las unidades de cobertura de la tierra en la cuenca del río Pampa Huari	27
Tabla 6.	Distribución de unidades geológicas en la cuenca del río Pampa Huari	29
Tabla 7.	Valores de percentil 50 de la precipitación mensual multianual en la cuenca del Río Pampa Huari	34
Tabla 8.	Valores de percentil 50 para la temperatura promedio mensual multianual en las subcuencas del Río Pampa Huari	34
Tabla 9.	Balance hídrico promedio mensual multianual para periodo 1980-2015	36
Tabla 10.	Balance hídrico promedio mensual multianual para periodo 2022-2055 (Escenario húmedo)	36
Tabla 11.	Balance hídrico promedio mensual multianual para periodo 2022-2055 (Escenarios secos)	37
Tabla 12.	Resumen de unidades hidrográficas, minas y pasivos mineros ambientales en la Cuenca Pampa Huari	41
Tabla 13.	Caracterización y ubicación de los sitios o áreas con Impactos Ambientales Evidentes o Potenciales	41
Tabla 14.	Tipos de Agricultura en la cuenca Pampa Huari	42
Tabla 15.	Ingreso de la Producción Pecuaria, Situación sin Proyecto	43
Tabla 16.	Resumen de la conformación de plataformas interinstitucional de la cuenca Pampa Huari	51
Tabla 17.	Actores que componen la plataforma interinstitucional de la cuenca Pampa Huari	52
Tabla 18.	Componentes del marco XLRM para la formulación del PDC-PH	55
Tabla 19.	Formulación de incertidumbres futuras (X)	56
Tabla 20.	Indicadores para evaluar el desempeño de la línea base y las acciones propuestas de acuerdo con los ejes temáticos	57
Tabla 21.	Datos de entrada usados en WASH-FLOWS	64
Tabla 22.	Impactos y Calidad de agua en la parte alta de la Cuenca Pampa Huari	78
Tabla 23.	Impactos y Calidad de agua en la parte media de la Cuenca	79
Tabla 24.	Tipo de problemas con una Prioridad Alta, con valores mayores a 21	88
Tabla 25.	Cálculo de la demanda de agua por unidad hidrográfica en la cuenca Pampa Huari	90
Tabla 26.	Ranking de comunidades según IMP para la cuenca del río Pampa Huari	94
Tabla 27.	Resumen de eventos históricos con efectos desastrosos en la cuenca Pampa Huari	96
Tabla 28.	Compromiso de participación institucional	100
Tabla 29.	Grado de compromiso de participación institucional	100
Tabla 30.	Resumen de los lineamientos y correspondientes costos de inversión del PDC de Pampa Huari	104

Tabla 31.	Resumen de las Líneas de Acción en la Línea Estratégica 1 en Protección, conservación y restauración de los ecosistemas estratégicos para recuperar sus funciones ambientales	105
Tabla 32.	Acciones propuestas en Manejo Integrado para la microcuenca Kari KARI (MIC-Kari Kari)	105
Tabla 33.	Acciones propuestas en Manejo Integrado para la microcuenca Santa Lucia (MIC-Santa Lucia)	107
Tabla 34.	Acciones propuestas en Manejo Integrado para la microcuenca Villacollo (MIC-Villacollo)	110
Tabla 35.	Medidas para mejorar el monitoreo de la calidad de agua en la cuenca	111
Tabla 36.	Duración de la acción de monitoreo de calidad de agua de la cuenca del río Pampa Huari por actividad	113
Tabla 37.	Costo de la acción de monitoreo de calidad de agua de la cuenca del río Pampa Huari por actividad	113
Tabla 38.	Resumen de las Líneas de Acción en la Línea Estratégica 2 en Agua sostenible en calidad y cantidad para consumo humano y saneamiento básico	115
Tabla 39.	Resumen de las principales acciones consideradas en el Plan de Agua y Saneamiento de la ciudad de Potosí	115
Tabla 40.	Metas del Servicio Resumen	117
Tabla 41.	Población beneficiada con pozo semiprofundo y red simplificada- municipio de Potosí	118
Tabla 42.	Población beneficiada con pozo semiprofundo y red simplificada- municipio de Yocalla	118
Tabla 43.	Población beneficiada con pozo semiprofundo con red convencional	118
Tabla 44.	Costos referenciales de acciones de agua para consumo en comunidades rurales de la cuenca	119
Tabla 45.	Comunidades beneficiadas por proyectos ptar en plan maestro de agua potable y alcantarillado sanitario para la ciudad de Potosí	119
Tabla 46.	Comunidades beneficiadas con Alcantarillado simplificado y ptar descentralizada	119
Tabla 47.	Comunidades beneficiadas con baños secos ecológicos (ECOSAN)	120
Tabla 48.	Comunidades beneficiadas con humedales artificiales	120
Tabla 49.	Costos referenciales de acciones de saneamiento en comunidades rurales de la cuenca	121
Tabla 50.	Resumen de las Líneas de Acción en la Línea Estratégica 3 en Gestión del agua para la producción agropecuaria bajo riego	122
Tabla 51.	Identificación de 11 potenciales itcps en la cuenca rio Pampa Huari	124
Tabla 52.	Presupuesto estimado para la elaboración de los ITCPs	125
Tabla 53.	Presupuesto estimado para la EDTP	127
Tabla 54.	Costo de proyectos priorizados para inversión	128
Tabla 55.	Presupuestos requerido para inversión en proyectos de riego en la cuenca Pampa Huari	129
Tabla 56.	Tren de tratamiento propuesto para la PTAR La Puerta	130
Tabla 57.	Composición de cultivos predominantes en la unidad hidrográfica de Huancarani	131
Tabla 58.	Resumen inversión en acción de reúso en riego agrícola	133
Tabla 59.	Parámetros de calidad esperados (en base a PTAR similar) para la PTAR La Puerta	134
Tabla 60.	Resumen de las Líneas de Acción en la Línea Estratégica 4 en Gestión de las actividades mineras para minimizar sus impactos en los recursos hídricos	137

Tabla 61.	Presupuesto total para la gestión del conocimiento en operaciones mineras	137
Tabla 62.	Presupuesto total para la gestión de residuos mineros en las microcuencas mineras	139
Tabla 63.	Presupuesto total para el manejo y control de áreas degradadas en microcuencas mineras	140
Tabla 64.	Resumen de las líneas de acción en la línea estratégica 5 en gestión de acuerdos interinstitucionales para la gestión técnica y financiera y desarrollo de capacidades	141
Tabla 65.	Presupuesto total para el fortalecimiento institucional para mejorar la gestión y planificación	142
Tabla 66.	Presupuesto total para el fortalecimiento institucional para mejorar la gestión y planificación	144
Tabla 67.	Presupuesto total para el fortalecimiento institucional para mejorar la gestión y planificación	146
Tabla 68.	Presupuesto total para el fortalecimiento institucional para mejorar la gestión y planificación	146
Tabla 69.	Propuesta de niveles de cursos para el programa de desarrollo de capacidades	147
Tabla 70.	Costos estimados para el desarrollo de capacidades en integración de la RRD y ACC	147
Tabla 71.	Presupuesto total para el empoderamiento de la mujer	147
Tabla 72.	Presupuesto total para la paridad de género en la toma de decisiones	148
Tabla 73.	Resumen de la conformación de plataformas interinstitucional de la cuenca Pampa Huari	154
Tabla 74.	Resumen de proceso de unión de clases de cobertura y uso del suelo	160
Tabla 75.	Resumen de clases de coberturas y valores en el modelo WEAP	160
Tabla 76.	Criterios utilizados para la construcción del modelo de priorización de microcuencas de la cuenca del río Pampa Huari.	162
Tabla 77.	Priorización de microcuencas en el proceso de concertación de la cuenca del río Pampa Huari	164
Tabla 78.	Bolivia: mujeres de 15 años o más de edad en situación de violencia de pareja, por área, según disponibilidad de servicios básicos en la vivienda, 2016 (en número y porcentaje)	172
Tabla A1	Criterios de Selección de acciones agua por comunidad. Ejemplo agua dulce	173
Tabla A2	Matriz de resultados tipo por comunidad, ejemplo agua dulce.	173
Tabla A3	Criterio de selección tipo por comunidad. Ejemplo Manquiri	174
Tabla A4	Matriz de resultados tipo por comunidad. Ejemplo Manquiri	174

Índice de figuras

Figura 1.	Pilares del programa Bolivia WATCH	16
Figura 2.	Unidades hidrográficas a nivel de subcuencas (nivel 6)	20
Figura 3.	Unidades hidrográficas a nivel de microcuencas (nivel 7)	20
Figura 4.	Leyenda de las unidades hidrográficas a nivel de microcuencas (nivel 7)	20
Figura 5.	Unidad de análisis en la formulación del pdc de la cuenca Pampa Huari	21
Figura 6.	Limites municipales en la cuenca Pampa Huari	24
Figura 7.	Mapa de cobertura de la tierra de la cuenca Pampa Huari	27
Figura 8.	Unidades geológicas de la cuenca Pampa Huari	28
Figura 9.	Mapa de unidades geomorfológicas de la cuenca del río Pampa Huari	30
Figura 10.	Precipitación y temperatura promedio en la cuenca Pampa Huari	31
Figura 11.	Humedad relativa y velocidad del viento promedio mensual en la cuenca Pampa Huari	31
Figura 12.	Distribución espacial de la precipitación media diaria en milímetros	32
Figura 13.	Distribución espacial de la temperatura media diaria en centígrados	33
Figura 14.	Cuerpos de aguas superficiales principales en la cuenca Pampa Huari	35
Figura 15.	Caracterización de los cuerpos de agua de la cuenca Pampa Huari de acuerdo con la calidad de agua para la época de lluvia	38
Figura 16.	Caracterización de los cuerpos de agua de la cuenca Pampa Huari de acuerdo con la calidad de agua para la época de estiaje	38
Figura 17.	Hidrogeología preliminar	39
Figura 18.	Caracterización de la minería en la cuenca del río Pampa Huari	40
Figura 19.	Superficie agrícola en secano y bajo riego en la cuenca Pampa Huari	42
Figura 20.	Zona de producción bajo riego en el sector de Santa Lucia	43
Figura 21.	Pertenencia a alguna nación o pueblo indígena originario campesino, según porcentaje de población y comunidad en la Cuenca Pampa-Huari. Fuente: elaboración propia con base en los datos del Censo 2012	45
Figura 22.	Acceso a servicios de salud, según porcentaje de población y comunidad. Fuente: elaboración propia con base en los datos del Censo 2012	46
Figura 23.	Asistencia escolar en población residente de 6 a 19 años, según comunidad en la Cuenca Pampa-Huari. Fuente: elaboración propia con base en los datos del Censo 2012	46
Figura 24.	Categoría ocupacional en población mayor a 10 años, según comunidad en la Cuenca Pampa-Huari. Fuente: elaboración propia según los datos del Censo 2012	47
Figura 25.	Procedencia del agua que utilizan en la vivienda, según porcentaje de hogares y comunidad. Fuente: elaboración propia según los datos del Censo 2012	48
Figura 26.	Proceso de formulación del Plan Director de la Cuenca del Río Pampa Huari (Lima et al. 2021)	50
Figura 27.	Conformación de la plataforma interinstitucional de la cuenca Pampa Huari	53
Figura 28.	Etapas del apoyo a las decisiones robustas en el marco de XLRM	54
Figura 29.	Flujo de trabajo seguido para formular el PDC Pampa Huari	54
Figura 30.	Modelo de toma de decisiones participativa (MTDP) para formulación de planes directores de cuenca	59

Figura 31.	Ejes temáticos desarrollados para el MTDP del Plan Director de la Cuenca Pampa Huari (PDC-PH)	60
Figura 32.	Uso del MTDP en el proceso de evaluación de acciones y construcción de estrategias y su marco institucional	61
Figura 33.	Página de inicio de la interfaz de panel decisiones y visualización del MTDP de la cuenca del Río Pampa Huari	61
Figura 34.	Panel decisiones y visualización del MTDP de la cuenca del Río Pampa Huari. En la figura se muestra las acciones de intervención para el eje temático en suministro y saneamiento	61
Figura 35.	Esquemática del modelo WEAP de la cuenca Pampa Huari	62
Figura 36.	Definición de nivel de servicio de Agua Potable según el JMP (OMS-UNICEF, 2017)	63
Figura 37.	Figura 37. Definición de nivel de servicio de Saneamiento según el JMP (OMS-UNICEF, 2017)	63
Figura 38.	Definición de nivel de servicio de Higiene según el JMP (OMS-UNICEF, 2017)	64
Figura 39.	Esquemática de la integración entre las herramientas WEAP y REVAMP	65
Figura 40.	Esquemática de la Herramienta WEAP-REVAMP	66
Figura 41.	Ejemplo de casos de aplicación de la herramienta WEAP-REVAMP	66
Figura 42.	Componentes del análisis de conectividad y las fuentes de datos para la elaboración de indicadores de vulnerabilidad para las cuencas del río Pampa Huari	67
Figura 43.	Diagrama de flujo de la metodología para evaluar impactos acumulativos con WaTT	68
Figura 44.	Flujo de actividades, análisis de calidad de agua	70
Figura 45.	Puntos de monitoreo incluidos en la Base de Datos a partir de información de 5 fuentes	70
Figura 46.	Marco Multidimensional de la Pobreza. Fuente: adaptado de SIDA (2017)	72
Figura 47.	Dimensiones de la Pobreza según el marco de SIDA	72
Figura 48.	Estrategias formuladas en el PDC Pampa Huari	73
Figura 49.	Ejes temáticos conformados para analizar la vulnerabilidad de la cuenca	74
Figura 50.	Preguntas orientadoras para analizar la vulnerabilidad en la cuenca Pampa Huari	76
Figura 51.	Matriz de vulnerabilidad de caudales medios, máximos y mínimos en la cuenca Pampa Huari	76
Figura 52.	Componentes del caudal bajo diferentes escenarios climáticos	77
Figura 53.	Contaminación e impactos en la Parte Alta de la Cuenca Pampa Huari	78
Figura 54.	Contaminación e impactos en Parte Media de la Cuenca Pampa Huari	79
Figura 55.	Mapa Tramos Conflicto Calidad de Agua Superficial Pampa Huari Época de Lluvias	80
Figura 56.	Mapa Tramos Conflicto Calidad de Agua Superficial Pampa Huari Época de Estiaje	81
Figura 57.	Mapa de priorización de microcuencas en el proceso de concertación para la cuenca del río Pampa Huari	82
Figura 58.	Microcuencas priorizadas por presentar mayor vulnerabilidad	82
Figura 59.	Programa Conjunto de Monitoreo (JMP) Agua – Nivel del servicio de agua en la cuenca del río Pampa Huari	84
Figura 60.	Programa Conjunto de Monitoreo (JMP) Saneamiento – Nivel del servicio de saneamiento en la cuenca del río Pampa Huari	85
Figura 61.	Programa Conjunto de Monitoreo (JMP) Higiene – Nivel del servicio de higiene en la cuenca del río Pampa Huari	86
Figura 62.	Áreas regables y cobertura de agua para riego	87
Figura 63.	Matriz de vulnerabilidad de áreas agrícolas bajo riego	87

Figura 64.	Unidades hidrográficas en función de las demandas de agua	89
Figura 65.	Índice de uso potencial del territorio por la minería (IUPM)	91
Figura 66.	Esquema de construcción de Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) para la cuenca del río Pampa Huari	93
Figura 67.	Índice de Pobreza Multidimensional para la cuenca del río Pampa Huari, según quintiles	95
Figura 68.	Inundaciones históricas que ocasionaron efectos desastrosos en la cuenca Pampa Huari	96
Figura 69.	Heladas históricas que ocasionaron efectos desastrosos en la cuenca Pampa Huari	97
Figura 70.	Granizadas históricas que ocasionaron efectos desastrosos en la cuenca Pampa Huari	97
Figura 71.	Recurrencia espacial de eventos extremos en la cuenca Pampa Huari	98
Figura 72.	Gobernanza del riesgo en municipios de la cuenca Pampa Huari	99
Figura 73.	Vulnerabilidad de la cuenca a riesgos hidroclimáticos	99
Figura 74.	Ubicación espacial de acciones y medidas en microcuenca kari kari	106
Figura 75.	Ubicación espacial de acciones y medidas en microcuenca Santa Lucia	108
Figura 76.	Ubicación espacial de acciones y medidas en la microcuenca Villacollo	110
Figura 77.	Ubicación de los 11 potenciales proyectos en riego agrícola para elevar a nivel de Informes Técnicos de Condiciones Previas (ITCPs)	124
Figura 78.	Figura 78. Ubicación de los 7 proyectos en riego agrícola para ajustar y elevar a nivel de estudios de diseños técnicos de preinversión (edtps)	126
Figura 79.	Esquemática de un escenario de reúso en riego en la cuenca Pampa Huari a través de WEAP	130
Figura 80.	Visualización de la cantidad de recursos recuperados bajo la situación actual (izquierda) y un escenario de reúso (derecha) en WEAP-REVAMP	131
Figura 81.	Visualización de nutrientes en el efluente recuperado bajo la situación actual (izquierda) y un escenario de reúso (derecha) en WEAP-REVAMP	132
Figura 82.	Evaluación de déficit de riego de acuerdo con el escenario de referencia (izquierda) y un escenario de reúso en riego (derecha) en la unidad hidrográfica Huancarani	132
Figura 83.	Figura 83. Esquema de sistema de reúso de aguas tratadas de la PTAR La Puerta en riego de cultivos	133
Figura 84.	Unidades hidrográficas mineras con mayor presión sobre el agua	134
Figura 85.	Resumen esquemático de los entornos, los problemas prioritarios y la gestión ambiental en la minería	136
Figura 86.	Conformación de la plataforma interinstitucional de la cuenca Pampa Huari	155
Figura 87.	Cuencas intervenidas por Bolivia WATCH y cuencas analizadas para el diagnóstico institucional en el proceso de conformación de plataformas interinstitucionales (Fuente: elaborado en base a datos del MMAyA, 2021)	156
Figura 88.	Etapas del apoyo a las decisiones robustas en el marco de XLRM	157
Figura 89.	Problemas identificados clasificados en Problemáticas/Temáticas Centrales	158
Figura 90.	Indicadores que permiten evaluar la vulnerabilidad de la cuenca a partir de Temáticas Centrales	158
Figura 91.	Producto grillado de GMET Bolivia a una resolución espacial de 0.05° y una resolución temporal diaria	159
Figura 92.	Resumen del flujo de trabajo para generar valores de coeficientes de cultivos por zonas agrícolas	161
Figura 93.	Niveles de análisis para la priorización de cuencas	163
Figura 94.	Valores ponderados de áreas susceptibles a la aplicación de medidas de manejo, conservación y desarrollo de degradación en la cuenca río Pampa Huari	163

Figura 95.	Mapa de priorización de microcuencas en el proceso de concertación para la cuenca del río Pampa Huari	165
Figura 96.	Nivel de escolaridad de las lideresas entrevistadas en la Cuenca Pampa-Huari. Fuente: entrevistas de campo realizadas 2021	166
Figura 97.	Comunidades que realizan pago por el servicio de agua, según encuesta propia (2021), en la Cuenca Pampa-Huari	167
Figura 98.	Comunidades que realizan recolección del agua y su respectivo tiempo estimado, según encuesta propia (2021), para la Cuenca Pampa-Huari	167
Figura 99.	Hombres y mujeres participando en actividades mineras en la Cuenca Pampa Huari	168
Figura 100.	Presencia o ausencia de actividad minera a nivel de comunidad, según encuesta propia (2021)	168
Figura 101.	Mujer pastora	170
Figura 102.	Mujer productora seleccionando semillas de papa y equipo Bolivia WATCH	170
Figura 1A.	Esquema de funcionamiento propuesto PTAR Modelo	175
Figura 2A.	Características técnicas de un baño seco	175
Figura 3A.	Esquema de funcionamiento de un humedal artificial doméstico	176

Nota:

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

Acrónimos

AAPOS:	Administración Autónoma para Obras Sanitarias
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
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 Integrada 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
PDCPH:	Plan Director de la Cuenca del río Pampa Huari

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
REVAMP:	Herramienta para evaluar el potencial de recuperación de residuos urbanos
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
WASH-FLOWS:	Herramienta para evaluar el nivel de los servicios domésticos de agua, saneamiento e higiene
WaTT:	Herramienta para evaluar los potenciales efectos acumulativos en la cuenca
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 debe 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 Pampa Huari, 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 aprovechó de un reconocimiento compartido que el agua en esta cuenca es un recurso finito, dentro de proceso supremamente participativo, donde las mujeres jugaron un rol central, logrando a 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. 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. Además, el plan captura elementos clave del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de la Ciudad de Potosí, por su relevancia a la gestión de los recursos en la

cuenca. 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

Bogotá, Colombia



PRESENTACIÓN

INTRODUCCIÓN

La Cuenca del Río Pampa Huari, ubicada en el departamento de Potosí, es una cuenca de cabecera del río transfronterizo Pilcomayo. Es considerada una cuenca estratégica en el Estado Plurinacional de Bolivia y, por tanto, se ha priorizado para la formulación de su Plan Director de Cuenca (PDC) y la correspondiente conformación de la Plataforma Interinstitucional. El limitado acceso al agua, la contaminación de varios afluentes, la degradación de tierras y el incumplimiento de políticas agroambientales son, entre otros, los principales problemas destacados por diferentes actores en esta cuenca. Este documento compila y produce información relevante e insumos tales como herramientas analíticas, líneas estratégicas con sus correspondientes acciones, indicadores y costos asociados con el fin de brindar elementos en la formulación de las acciones necesarias para mejorar la gestión y planificación de los recursos naturales en la cuenca Pampa Huari (PDC-PH).

La cuenca del río Pampa Huari es una de las 14 cuencas estratégicas priorizadas por el MMAyA a nivel nacional a través del Programa Plurianual en GIRH/MIC del Plan Nacional de Cuencas 2017-2020. Esta priorización promueve la formulación de los PDCs y su articulación con otros instrumentos de gestión y planificación como por ejemplo los Plan de Desarrollo Económico Social (PDES), Plan Territorial de Desarrollo Integral (PTDI), entre otros de menor escala o de tipo sectorial. A través de los PDCs se busca generar líneas estratégicas que posteriormente se enmarquen en planes plurianuales de las diferentes instituciones., y de esta manera se pueda para viabilizar la implementación de las acciones estratégicas identificadas. Lo anterior, permitiría también alinearse con el reciente Plan Plurinacional de Recursos Hídricos (PPRH) 2021-2025 del MMAyA que predispone un derrotero más enfocado en inversiones de las acciones necesarias a través de su Estrategia de Planificación hídrica de Cuenca (EPHIC).

El documento cuenta con siete (7) secciones principales que inicialmente ofrecen un contexto del Programa Bolivia WATCH, de los anteriores esfuerzos que le han precedido y de las

características generales de la cuenca Pampa Huari. Posteriormente, describe los componentes considerados tanto en la formulación del PDC-PH como en la conformación de la Plataforma Interinstitucional de la Cuenca (PIC). Seguido destaca las principales problemáticas y vulnerabilidades priorizadas en la cuenca sobre las cuales van a girar las acciones estratégicas. En el marco estratégico se presenta la visión, misión y lineamientos estratégicos desarrollados para conectar la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) con acciones del sector de agua, saneamiento e higiene (WASH). Lo anterior permitirá desarrollar, por un lado, el marco operativo que destaque algunos mecanismos institucionales para implementar las líneas estratégicas e indicadores para monitoreo de implementación de acciones en el corto, mediano y largo plazo; y, por otro lado, la estrategia de financiamiento del plan para un periodo de 5 años. Finalmente, el documento ofrece unos comentarios finales relacionados con el PDC-PH y la PIC.

De acuerdo con lo anterior, en la **sección Programa Bolivia WATCH** se comenta que la formulación del PDC-PH y conformación de la Plataforma Interinstitucional se desarrollan bajo el paraguas del Programa Bolivia WATCH, una iniciativa liderada por el Instituto de Medio Ambiente de Estocolmo (SEI) y apoyada por la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (SIDA, por sus siglas en inglés). Este programa surge como una respuesta innovadora a la necesidad conectar la planificación del recurso hídrico en la cuenca con aquellas acciones para ampliar y mejorar el servicio de agua potable y saneamiento básico de las poblaciones urbanas y rurales. Este enfoque responde apropiadamente al Plan Nacional de Cuencas (PNC), política nacional sectorial de Bolivia para la gestión de los recursos hídricos, especialmente en el componente denominado "Gestión de Cuencas Estratégicas y Planes Directores de Cuenca".

En la **Sección Antecedentes** se resalta que el Programa Bolivia WATCH parte de un Diagnóstico Integral Participativo desarrollado por el MMAyA en el 2018, en el cual se identificaron una serie de problemáticas relacionadas con el agua y el

medio ambiente, las cuales fueron agrupadas por potenciales líneas estratégicas. Sobre esta base se desarrolló una caracterización de atributos biofísicos, climáticos, y socioculturales de la cuenca Pampa Huari que se encuentran en la **Sección Descripción de la cuenca del río Pampa Huari**.

Sigue en el documento la **Sección Formulación del PDC Pampa Huari y conformación de la Plataforma Interinstitucional** donde se señala que el Programa Bolivia WATCH se basa en el marco de Apoyo a las Decisiones Robustas (ADR) e incorpora las diferentes etapas las etapas del Marco Orientador para la Formulación de Planes Directores de Cuenca desarrollado por el VRHR en el año 2014. Esta metodología fue planteada para integrar los elementos que se consideran en el apoyo a la toma de decisiones robustas, bajo escenarios de incertidumbres futuras y a partir de procesos participativos que involucran a partes interesadas y/o beneficiarios de las actuales y futuras dinámicas que tienen lugar en la cuenca. Para tal efecto, durante el proceso de formulación del PDC-PH se convocaron distintas partes interesadas que hacen parte de la academia, sociedad civil, instituciones públicas nacionales, autoridades regionales y locales, grupos intersectoriales, entre otros. Varios de estos actores entraron a configurar diferentes instancias de la PIC.

Por otro lado, el enfoque de Apoyo a las Decisiones Robustas permite analizar los posibles escenarios futuros ya sea de clima u otros factores externos y el desempeño de las estrategias a ser implementadas en la cuenca. La representación de las dinámicas de oferta y demanda de agua en la cuenca se realiza a través de la herramienta para evaluación y planificación del agua (WEAP, Water Evaluation And Planning System en inglés), la cual integró otras herramientas como por ejemplo para evaluación de escenarios del potencial de reúso de agua residual (REVAMP, Resource Value Mapping en inglés), para la evaluación de los niveles del servicio doméstico de agua, saneamiento e higiene (WASH-FLOWS, Water, Sanitation, and Hygiene & FLOWS en inglés), y para la evaluación de potenciales efectos acumulativos en la red hídrica de la cuenca por cuenta de procesos terrestres y biofísicos (WaTT, Watershed Topology Tool en inglés). Las anteriores herramientas fueron integradas en un Modelo de Toma de Decisión Participativa (MTDP) que está constituido por tres pilares principales: las diferentes herramientas analíticas, una interfaz de visualización de indicadores y un

panel de decisión. Estas herramientas y otras aproximaciones analíticas junto con los actores convocados permitieron desarrollar la **Sección Problemáticas y vulnerabilidades priorizadas en la cuenca**.

En la **Sección Marco estratégico** se desarrolló una visión y visión consensuada que guía las cinco (5) líneas estratégicas propuestas. En esta sección refleja un esfuerzo por promover el Plan Nacional de Cuenca (PNC) a través de acciones que se enmarcan en el Manejo Integral de Cuencas (MIC), Suministro de agua potable y saneamiento básico, Desarrollo de Riego, Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH), Y Fortalecimiento Institucional y Desarrollo de Capacidades. Esta sección ofrece una idea de las acciones requeridas, su ubicación, los costos estimados de inversión y los actores que serían clave para su implementación.

Finalmente, la **Sección Comentarios finales del plan director de la cuenca Pampa Huari** destaca los principales hallazgos identificados a lo largo del PDC-PH. Con esto, los conceptos de GIRH y WASH aplicados en el contexto de cuenca coadyuvan a la gestión de acciones integrales con los correspondientes recursos financieros requeridos provenientes de las diferentes fuentes disponibles, que pueden ser implementadas desde las entidades locales y regionales que participan del PDC-PH, con la directriz y seguimiento del sector y el estado nacional.

En este año el VRHR-MMAYA presentó el Plan Plurinacional de Recursos Hídricos (PPRH) con la visión política "agua para todos, agua para la vida". Este plan está vigente para el quinquenio 2021-2025 y remplazará al anterior Plan Nacional de Cuencas. Esta nueva política busca impulsar y orientar el desarrollo de una nueva cultura de gestión, manejo, conservación y protección del agua y los recursos hídricos en Bolivia con un enfoque de sistemas de vida y cambio climático. En el caso de los Planes Directores de Cuenca estos serán substituidos por un nuevo instrumentos de planificación denominado Estrategia de Planificación Hídrica en Cuencas (EPHIC). En el nuevo plan está previsto la actualización y transición de los PDCs a EPHIC. El programa Bolivia WATCH ha identificado los aspectos que deberá considerar esta transición los cuales son: descripción de la cuenca, plataforma interinstitucional, apoyo a las decisiones robustas, problemáticas y vulnerabilidad de la cuenca, marco estratégico (misión, visión y lineamientos estratégicos) y marco operativo (mecanismos y metas de indicadores).

1 PROGRAMA BOLIVIA WATCH

La Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (SIDA, por sus siglas en inglés) viene contribuyendo en el mejoramiento de la gestión de los recursos hídricos y después de varios esfuerzos, 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 Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) como cabeza del sector, se determina trabajar con tres de las catorce cuencas prioritizadas para que el SEI formule sus respectivos Planes Directores de Cuenca (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 innovadora a la necesidad de planificar el recurso hídrico integrando el abastecimiento de agua y saneamiento ambiental en las cuencas. 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 PDC. Para la cuenca Pampa Huari, a partir del 2020 se ha contado con más de una treintena de expertos de los centros regionales del SEI, ubicados en Bogotá, California y Estocolmo; y aproximadamente una veintena de consultores nacionales. Visitas de campo, estudios especializados, talleres y trabajo de gabinete se desarrollaron para formular el PDC de la cuenca

Pampa Huari, proceso que se ha enmarcado en los lineamientos del MMAyA y con el que se desarrollaron herramientas científicas y procesos participativos para garantizar el involucramiento de los actores con intereses en la cuenca del río Pampa Huari.

Desde la perspectiva de Bolivia WATCH, un PDC debe constituirse en un instrumento transversal para apoyar la "Toma de Decisiones" de las autoridades que tienen esta responsabilidad sobre los recursos naturales, y especialmente 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 aquellos factores que escapan de la mano de los gestores del agua como el cambio climático o el crecimiento poblacional. En este pilar se identifican, clasifican y priorizan los problemas desde la perspectiva de los actores de la cuenca y que afectan negativamente a las condiciones de la cuenca, generando 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

ANTECEDENTES 2

2.1 Elaboración del diagnóstico integral y formulación de la propuesta de lineamientos estratégicos e institucionales del plan director de la cuenca del río pampa huari del 2018

En el 2018 el Viceministerio de Recursos Hídricos (VRHR) del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) realizó una primera aproximación al Plan Director de la cuenca Pampa Huari. En el Diagnóstico Integral Participativo realizado se presentó una propuesta de lineamientos estratégicos con el fin de abrir la discusión sobre las problemáticas a priorizar en el territorio, planteando la necesidad de tener una participación efectiva de todos los actores institucionales, sociales, económicos y organizacionales de la cuenca de una manera ordenada, coordinada, articulada, planificada, concertada e institucionalizada.

Este Diagnóstico resalta de forma general las características de la cuenca del río Pampa Huari en términos biofísicos, climáticos, hidrográficos, cobertura y uso de la tierra, sociales y económicos. El análisis de las distintas problemáticas de la cuenca contó con un marco participativo basado en el método causa-efecto a través de un árbol de problemas. Este ejercicio permitió, posteriormente, formular una matriz de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) donde se destacaron diferentes problemáticas identificadas, especialmente el limitado acceso al agua, baja productividad agrícola, la contaminación en varios cuerpos de agua, la degradación de tierras y el incumplimiento de políticas agroambientales en términos de malas prácticas de fertilizantes/pesticidas en agricultura o de aguas servidas en el sector doméstico o aguas acidas de las colas de la actividad minera.

Como resultado del proceso participativo, a través de los distintos talleres ejecutados, en el 2018 se formularon siete ejes temáticos y ocho lineamientos estratégicos, los cuales se enuncian a continuación:

1. Saneamiento básico: Mitigación

de efectos ambientales causadas por la contaminación por las aguas del alcantarillado sanitario de la ciudad Potosí.

2. Minería: Recuperar la calidad del agua, reducir y revertir la degradación de suelos en zonas afectadas por la contaminación minera.

3. Gestión de la calidad-cantidad: Disminuir el déficit hídrico de la cuenca y favorecer la mayor disponibilidad de agua para consumo humano, riego y otros.

4. Biodiversidad y recursos naturales: Restaurar y devolver las características naturales de la vegetación y fauna nativa, así como restaurar las características agro-productivas y físico químicas de los suelos en la cuenca.

5. Producción agropecuaria: Incremento de la producción y productividad agropecuaria en la cuenca.

6. Monitoreo ambiental: Generar información y datos ambientales para apoyar la planificación del uso sostenible de los recursos naturales y el desarrollo de acciones orientadas a mitigar o remediar los daños provocados por diversas causas.

7. Capacitación y difusión: Gestionar conocimientos, educar y desarrollar capacidades comunitarias.

En la **Tabla 1** se presentan las acciones que se plantearon para cada uno de los ejes estratégicos.

Eje estratégico	Acciones
1. Saneamiento básico	<p>a. Construcción y rehabilitación de plantas de tratamiento de aguas residuales y alcantarillado en la ciudad Potosí y comunidades de la cuenca. b. Ampliación, mejoramiento de la red de alcantarillado en la ciudad de Potosí y comunidades que son parte de la cuenca.</p>
2. Minería	<p>a. Mejoramiento de disposición final de los diques de cola y las minas para evitar descargas de sus aguas en los ríos de la cuenca. b. Utilización de tecnología de explotación minera ambientalmente amigable. c. Manejo selectivo de escorrentías superficiales en áreas de producción minera. d. Neutralización de aguas ácidas de mina DAM en minas activas. e. Cierre de bocaminas abandonadas con drenaje de DAM en minas inactivas. f. Reubicación de las áreas de tratamiento de concentrados mineros en áreas de no impacto ambiental. g. Elaboración y cumplimiento de un plan para salvaguardar el Cerro Rico de Potosí.</p>
3. Gestión de la calidad-cantidad	<p>a. Realización de estudios hidrogeológicos para determinar zonas de recarga hídrica. b. Caracterización e inventario de las fuentes de agua (línea base). c. Implementación de un sistema de monitoreo de calidad y cantidad hídrica en cuerpos de agua de la cuenca. d. Realización e implementación de un plan de manejo hidrológico de la cuenca. e. Implementación de tecnologías de conservación y cosecha de agua.</p>
4. Biodiversidad y recursos naturales	<p>a. Promoción de la reforestación, forestación y agroforestería comunal y familiar (con especies nativas kiswaras, quewiña, e introducidas). b. Construcción de viveros Municipales y comunales. c. Promoción de la agrobiodiversidad y la conservación de la flora y fauna en la cuenca. d. Siembra de Pastos. e. Pastoreo controlado. f. Explotación controlada de leña Implementar programas de forestación y reforestación con especies nativas. g. Recuperación de suelos de las riberas y entorno de los ríos mediante prácticas mecánicas, de drenaje, agroecológicas y de bioingeniería. h. Manejo hidráulico de cauces y avenidas mediante implementación de prácticas mecánicas (construcción de gaviones y barreras vivas). i. Control de sedimentación en quebradas y ríos.</p>
5. Producción agropecuaria	<p>a. Implementación de sistemas de riego tecnificado para un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos. b. Diversificación de la producción agrícola con productos de mayor rentabilidad y adaptación al medio c. Implementación de prácticas agronómicas como la rotación de cultivos, incorporación y manejo de abonos orgánicos (estiércol, compost, abonos verdes, etc.) coberturas vegetales, surcos en contorno, cultivo en franjas, labranza mínima, otros y mecánicas. d. Promoción y apoyo en la comercialización a mercados solidarios de la producción agrícola de la cuenca Pampa Huari. e. Promoción de la producción pecuaria sostenible de camélidos y bovinos en la cuenca. f. Recuperación y mejoramiento de praderas nativas, siembra de pastos y forrajes. g. Promoción de la producción de frutales (manzana, durazno, tuna y otros) en la cuenca.</p>
6. Monitoreo ambiental	<p>a. Implementación de una red de estaciones telemétricas digitales en la cuenca para el monitorio de: contaminación, temperatura, humedad, precipitación, radiación, etc. b. Constitución de la Unidad de Control y Monitoreo Ambiental como instrumento operativo del Servicio Departamental de Cuencas. c. Vinculación del monitoreo de la cuenca con el seguimiento por estudios específicos (tesis) a ser realizados por estudiantes de la Universidad Tomas Frías.</p>
7. Capacitación y difusión	<p>a. Ampliación del programa de cuencas pedagógicas con participación de gestores, instituciones, comunidades, colegios y universidades de la cuenca de Pampa huari. b. Implementación de un programa de difusión y educación para la concientización de la problemática de contaminación ambiental y el CC en la cuenca. c. Educación masiva a la población en el cuidado y uso adecuado del agua.</p>

TABLA 1. ACCIONES DE LOS EJES ESTRATÉGICOS PLANTEADOS EN EL DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA PAMPA HUARI EN EL 2018

2.2 Proceso conducente a la actualización y complementación del PDC-PH del 2018

De acuerdo con el marco orientador de los PDC en Bolivia, 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 formulación del PDC Pampa Huari y la incorporación del diagnóstico integral del 2018, fue necesario complementar y reforzar los siguientes aspectos del diagnóstico y de los lineamientos estratégicos:

- Actualización de información y proyectos que se vienen desarrollando en términos de infraestructura de abastecimiento y saneamiento (especialmente la 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.

- Desarrollo de herramientas analíticas que conecten la oferta de agua y la demanda sectorial que permita realizar 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.

- Inclusión de dos temáticas transversales (Pobreza y Género, y Riesgos Hidroclimáticos) que permiten abordar de forma comprehensiva las distintas problemáticas de la cuenca, así como profundizar en las transformaciones que se requieren para generar el cambio. En la revisión del diagnóstico integral del 2018 no se encontró un análisis detallado de estos dos ejes temáticos transversales, sin embargo, a partir de un ejercicio participativo en septiembre del 2020, surgió la necesidad de desarrollarlos a mayor profundidad.

- 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 para 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.

- Complementar la información de las acciones de intervención de los ejes 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 diagnóstico integral del 2018.

- El documento elaborado el 2018 no contiene un marco estratégico ni costos asociados a cada acción.

Con estas consideraciones se justifica el proceso de actualización y complementación del diagnóstico participativo integral de la cuenca Pampa Huari (2018) de manera que este instrumento de planificación responda a las realidades actuales y futuras de la cuenca por diferentes actores en esta cuenca.

La cuenca Pampa Huari es drenada en su parte media por el río Tarapaya, el cauce principal es alimentado por numerosos afluentes donde se destacan los ríos Quilli Mayu, Ingenio Mayu y Agua Dulce, y durante su recorrido hacia el río Pilcomayo recibe las aguas de los ríos Cayara, Pupusiri, Manquiri y Ockoruro. La red hídrica y de drenaje conforman nueve (9) unidades hidrológicas o subcuencas principales de orden 6, de acuerdo con la clasificación del MAAyA. Por otro lado, esta cuenca también es altamente influenciada por los caudales trasvasados desde el río San Juan y las serranías del Kari Kari, que abastecen el sistema de agua urbano de la ciudad de Potosí. Por lo anterior, el dominio de análisis en la formulación del PDC involucra el área de drenaje natural de la cuenca del río Pampa Huari, el área aguas arriba a la toma del río San Juan y las cuencas de cabecera del sistema Kari Kari para conformar un área de drenaje cercana a 1,300 km².

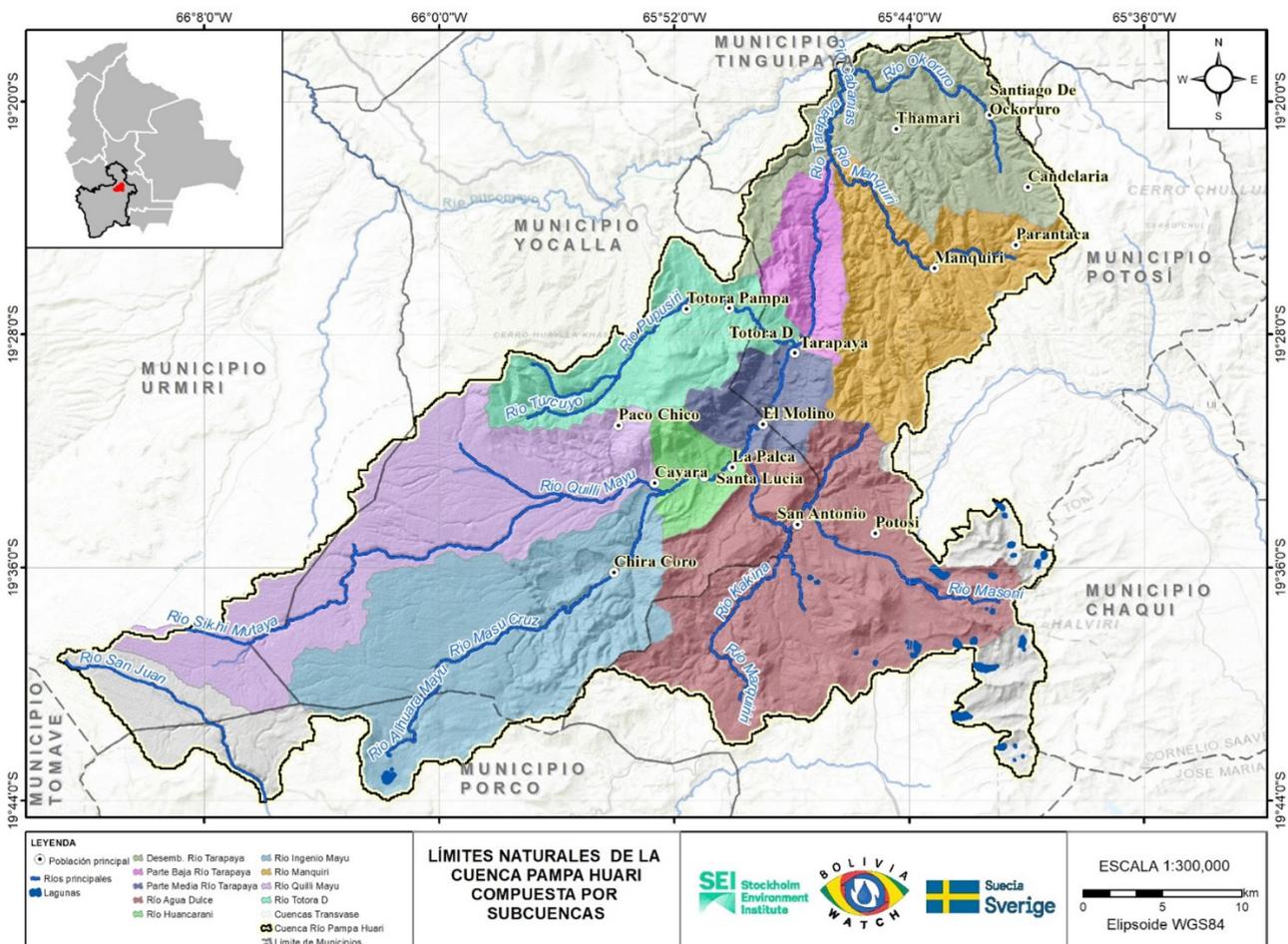
3 DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI

3.1 Ubicación, Delimitación y División Espacial de la cuenca

La cuenca del río Pampa Huari está ubicada al suroeste del país, en el departamento de Potosí, con un área de drenaje cercana a 1.200 km². Es un afluente de la cabecera del río Pilcomayo que a su vez comprende el sistema hidrográfico de la macrocuenca del Plata. El cauce principal a lo largo de su recorrido (aproximadamente 56 kilómetros), es alimentado por diferentes quebradas y afluentes que componen una red hídrica y de drenaje de orden 6 conformada por

nueve (9) unidades hidrológicas o subcuencas principales (Figura 2), de acuerdo con la clasificación del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA):

- 5 subcuencas con superficies menores a 700 km² (Desembocadura del río Tarapaya, río Manquiri, río Agua Dulce, río Quilli Mayu, río Ingenio Mayu) y,
- 4 subcuencas con superficies menores a 100 km² (Parte baja del río Tarapaya, río Totorá D, parte media del río Tarapaya, y río Huancarani).



TFIGURA 2. UNIDADES HIDROGRÁFICAS A NIVEL DE SUBCUENCAS (NIVEL 6)

Considerando un nivel superior (7), la cuenca Pampa Huari se puede clasificar en 49 microcuencas con superficies inferiores a 100

km² como se observa en la **Figura 3** y donde la leyenda de la numeración se muestra en **Figura 4**.

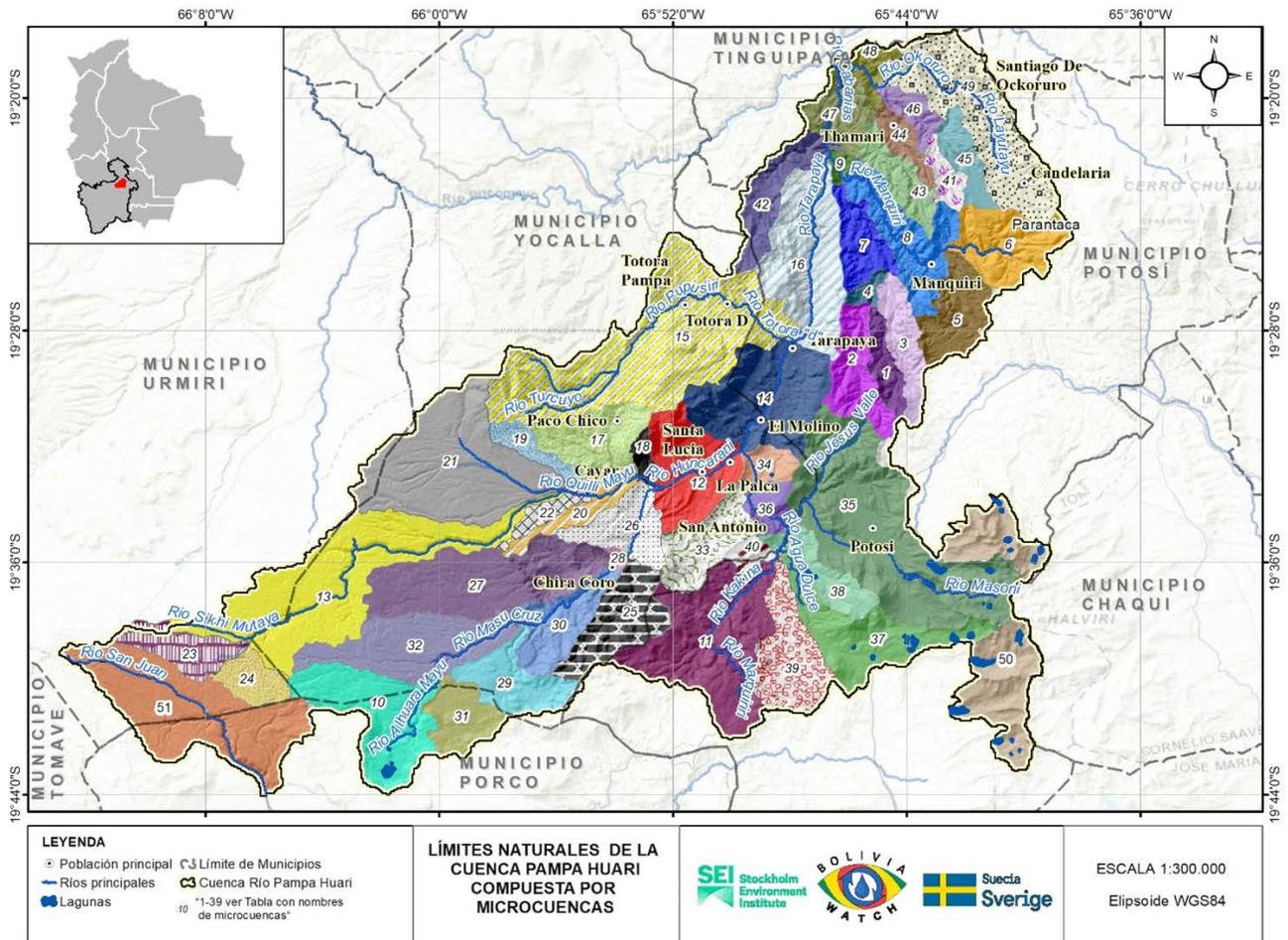


FIGURA 3. UNIDADES HIDROGRÁFICAS A NIVEL DE MICROCUENCAS (NIVEL 7)



FIGURA 4. LEYENDA DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS A NIVEL DE MICROCUENCAS (NIVEL 7)

La cuenca Pampa Huari es drenada en su parte media por el río Tarapaya, el cauce principal que es alimentado por numerosos afluentes resaltante entre ellos los ríos Quilli Mayu, Ingenio Mayu y Agua Dulce, y que durante su recorrido hacia el río Pilcomayo recibe las aguas de los ríos Cayara, Pupusiri, Manquiri y Ockoruro. Por otro lado, esta cuenca también es altamente influenciada por los caudales trasvasados desde el río San Juan y el

sistema - Kari Kari, que abastecen el sistema de agua urbano de la ciudad de Potosí.

Por lo anterior, el dominio de análisis en la formulación del PDC involucra el área de drenaje natural de la cuenca del río Pampa Huari, el área aguas arriba a la toma del río San Juan y las cuencas de cabecera del sistema Kari Kari (Figura 5).

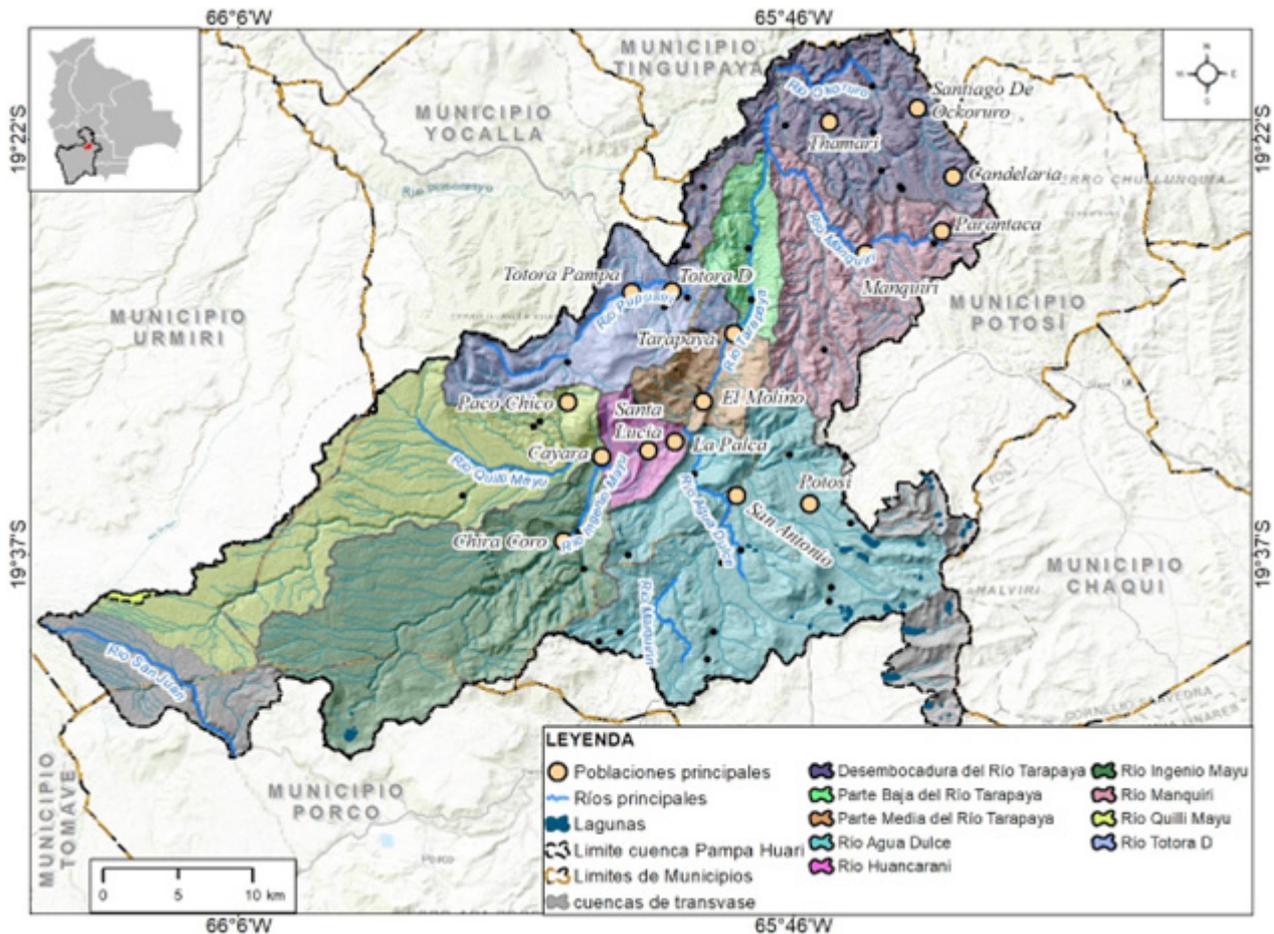


FIGURA 5. UNIDAD DE ANÁLISIS EN LA FORMULACIÓN DEL PDC DE LA CUENCA PAMPA HUARI

3.2 División político-administrativa dentro de la cuenca

La cuenca del Río Pampa Huari tiene la particularidad de pertenecer únicamente al departamento de Potosí. En este sentido, tiene presencia en siete (7) de sus municipios, con ocupación predominante en los municipios de Potosí y Yocalla con un 47% y 45%, respectivamente (Tabla 2).

Municipio	Área total municipio (km ²)	Área municipio en la cuenca (km ²)	Porcentaje municipio en la cuenca (%)
Potosí	1.195,90	555,47	46,652
Yocalla	91,47	534,80	44,917
Urmiri	1.246,19	50,05	4,203
Porco	1.088,33	41,56	3,490
Tinguipaya	1.429,46	8,49	0,713
Tacobamba	893,06	0,28	0,024
Chaquí	466,83	0,01	0,001
		1.190,65	100

TABLA 2. SUPERFICIES DE LOS MUNICIPIOS CON PRESENCIA EN LA CUENCA PAMPA HUARI

Adicionalmente, las 51 localidades identificadas en la cuenca se encuentran ubicadas principalmente en los municipios de Potosí, Yocalla y Tinguipaya, con una composición predominantemente rural (Tabla 3). En este sentido, se destaca a la ciudad de Potosí donde habitan la mayoría (más del 90%) de la población del territorio, y las restantes 50 comunidades que tienen una población más bien dispersa (Tabla 3).

La Figura 6 ilustra la distribución espacial de la división político-administrativa en la cuenca Pampa Huari. En este sentido se puede observar que la ubicación de las 51 localidades identificadas en la cuenca Pampa Huari predominantemente están en los municipios de Potosí (29 comunidades y la ciudad de Potosí), Yocalla (20 comunidades), y Tinguipaya (la comunidad de Sumatala) en la parte media y baja de la cuenca.

Municipio	Número de comunidades	Población
Ciudad de Potosí	1	178.978
Yocalla	20	6.053
Potosí	29	5.124
Tinguipaya	1	210
	51	190.365

* Cifras según censo del INE 2012

TABLA 3. NÚMERO DE COMUNIDADES IDENTIFICADAS EN LA CUENCA

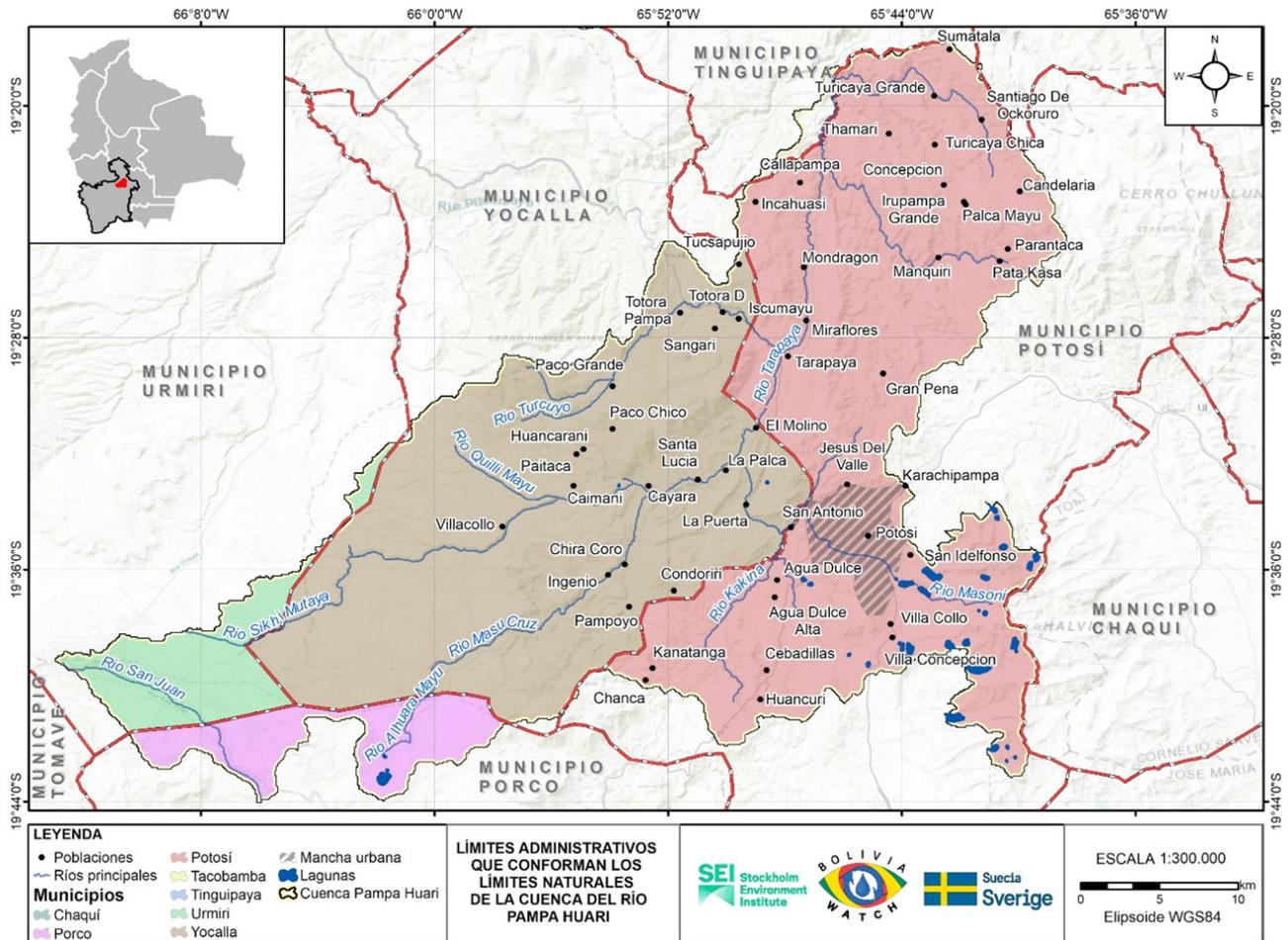


FIGURA 6. LÍMITES MUNICIPALES EN LA CUENCA PAMPA HUARI

A continuación, se relacionan las comunidades identificadas en la cuenca con información relacionada con su ubicación en la cuenca y el

municipio al que hacen parte en el departamento de Potosí (Tabla 4).

Comunidades	Población	Viviendas	Tipo de cuenca	Municipios
Tucsapujio	85	36	Cuenca Baja	Potosí
Callapampa	60	39	Cuenca Baja	Potosí
Miraflores	227	77	Cuenca Baja	Potosí
Mondragón	154	81	Cuenca Baja	Potosí
Concepción	99	41	Cuenca Baja	Potosí
El Molino	506	187	Cuenca Baja	Yocalla
Jesus Del Valle	81	36	Cuenca Baja	Potosí
Agua Dulce	257	40	Cuenca Baja	Potosí
Chira Coro	587	224	Cuenca Baja	Yocalla
Tarapaya	387	142	Cuenca Baja	Potosí

Comunidades	Población	Viviendas	Tipo de cuenca	Municipios
San Antonio	605	259	Cuenca Baja	Yocalla
Manquiri	420	130	Cuenca Baja	Potosí
Parantaca	284	129	Cuenca Baja	Potosí
Pata Kasa	26	11	Cuenca Baja	Potosí
Thamari	313	96	Cuenca Baja	Potosí
Gran Peña	232	118	Cuenca Baja	Potosí
Santiago De Ockoruro	477	142	Cuenca Baja	Potosí
Iscumayu	109	40	Cuenca Baja	Yocalla
Totora Pampa	556	148	Cuenca Baja	Yocalla
Sangari	142	52	Cuenca Baja	Yocalla
Totora D	471	176	Cuenca Baja	Yocalla
Agua Dulce Alta	107	25	Cuenca Baja	Yocalla
La Palca	337	140	Cuenca Baja	Yocalla
La Puerta	101	41	Cuenca Baja	Yocalla
Santa Lucia	435	143	Cuenca Baja	Yocalla
Cayara	619	251	Cuenca Baja	Yocalla
Sumatala	210	109	Cuenca Baja	Tinguipaya
Incahuasi	67	37	Cuenca Baja	Potosí
Turicaya Chica	131	42	Cuenca Baja	Potosí
Turicaya Grande	111	44	Cuenca Baja	Potosí
Pampoyo	168	95	Cuenca Baja	Yocalla
Ingenio	146	41	Cuenca Baja	Yocalla
Condoriri	219	74	Cuenca Media	Potosí
Potosí	176.022	49.899	Cuenca Media	Potosí
Villa Concepción	5	1	Cuenca Media	Potosí
Candelaria	339	154	Cuenca Media	Potosí
Paco Grande	217	98	Cuenca Media	Yocalla
Villa Collo	202	72	Cuenca Media	Potosí

Comunidades	Población	Viviendas	Tipo de cuenca	Municipios
Cebadillas	170	66	Cuenca Media	Potosí
Chanca	120	57	Cuenca Media	Potosí
Paco Chico	426	143	Cuenca Media	Yocalla
Karachipampa	817	244	Cuenca Media	Potosí
Palca Mayu	183	70	Cuenca Media	Potosí
Villacollo	140	45	Cuenca Media	Yocalla
Irupampa Grande	200	78	Cuenca Media	Potosí
Caimani	142	45	Cuenca Media	Yocalla
Huancarani	107	25	Cuenca Media	Yocalla
Paitaca	132	46	Cuenca Media	Yocalla
Huancuri	99	33	Cuenca Media	Potosí
San Idelfonso	169	49	Cuenca Media	Potosí
Kanatanga	64	32	Cuenca Media	Potosí

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE) 2012

TABLA 4. COMUNIDADES IDENTIFICADAS EN LA CUENCA PAMPA HUARI

3.3 Cobertura de la tierra

La cuenca está caracterizada por presentar pisos ecológicos semiárido, árido y altiplánico con dominio andino. El mapa de cobertura de la tierra elaborado en el año 2020 se presenta en la **Tabla 8**. La cobertura dominante es la vegetación dispersa vivaz en arenales, pedregales y playas salinas que se extiende a lo largo de la cuenca y representa aproximadamente el 70% de la cobertura. En este sentido, esta cobertura se encuentra en las pendientes y serranías más altas, así como en la parte baja de la cuenca en los pisos ecológicos Puna semiárida, árida y altoandina. La vegetación dominante es herbácea arbustiva baja xerofítica con presencia de cactus dispersos. El uso de suelo asociado es la explotación de yacimientos mineros y escaso pastoreo directo.

La siguiente cobertura más predominante es bosque o monte ralo andino (12,5%) distribuida en el piso ecológico subpuna y montano semiárida. Esta cobertura se encuentra dispersa en la parte alta de la cuenca y en la parte media en la misma dirección de los drenajes naturales. Dentro de los usos asociados a esta cobertura se encuentran

extractivo forestal (aprovechamiento de ramaje para combustible y tallos secos de cardón para artesanía) y productivo agropecuario (pastoreo extensivo). La tercera cobertura predominante en la cuenca es el herbazal graminoide vivaz con aproximadamente un 10,0%, distribuida principalmente en el piso ecológico puna altoandina árida y se encuentra en las serranías de la parte media y baja de la cuenca. En un porcentaje muy bajo (menor al 1%) se encuentra una cobertura de herbazal graminoide vivaz (bofedal) en el piso ecológico puneño que es una cobertura de hierbas salvajes muy húmedas que se ubican en el inicio de los cursos de agua o muy cercanos a los cuerpos hídricos. Dentro de los usos asociados a esta cobertura se encuentran la extracción minera, producción agropecuaria, conservación y vida silvestre.

Luego se encuentra la agricultura de secano (cultivos que necesitan de las lluvias) con un 3%, ubicada principalmente en terrazas en la parte media y baja de la cuenca. Los principales cultivos que se producen son la papa, alfa y cebada. El resto de las coberturas representan menos del 5% de la extensión de la cuenca.

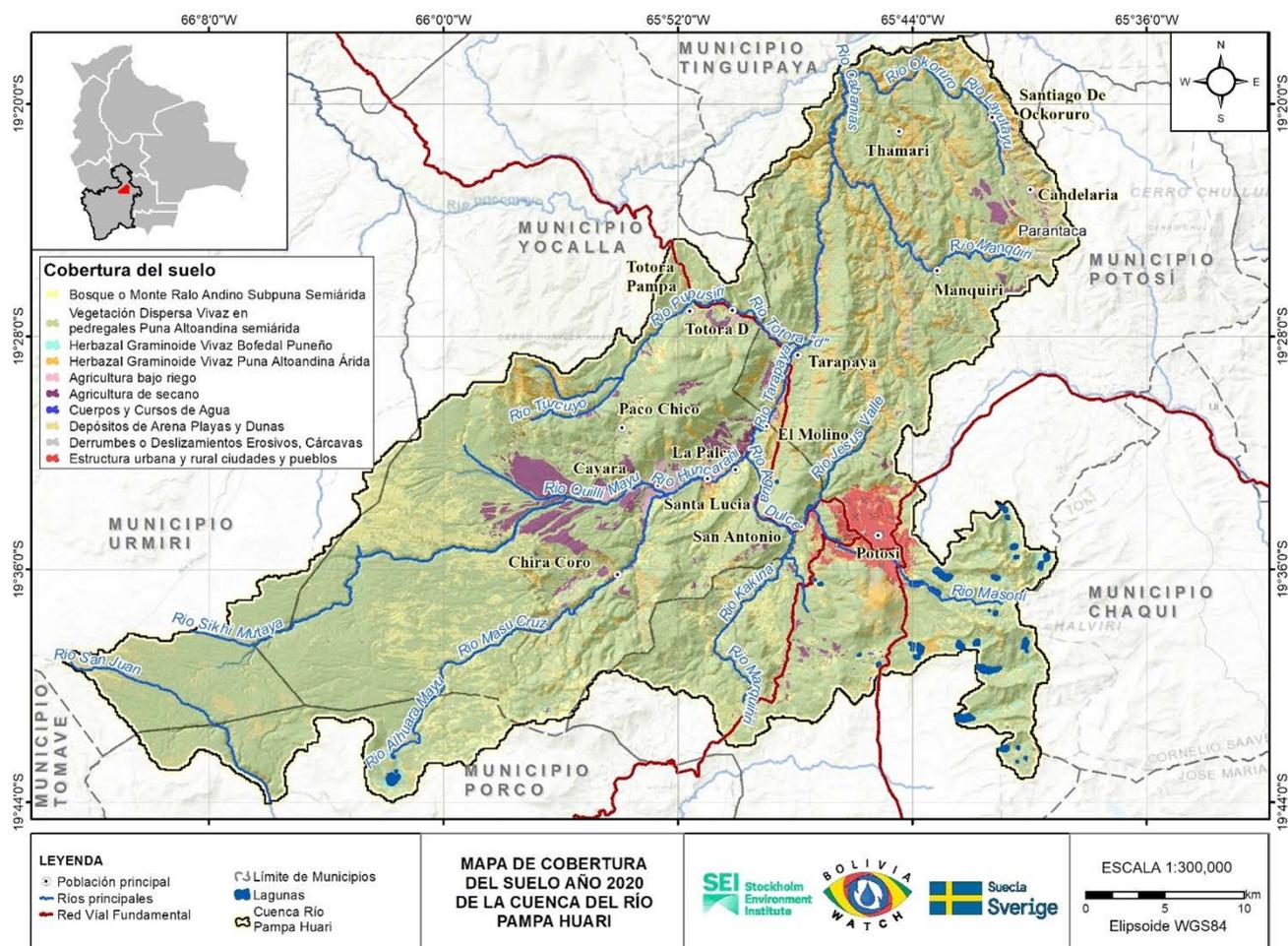


FIGURA 7. MAPA DE COBERTURA DE LA TIERRA DE LA CUENCA PAMPA HUARI

A continuación, se relacionan las unidades de cobertura que se encuentran en la cuenca Pampa Huari en la **Tabla 5**.

Unidades de cobertura	Área (ha)	Porcentaje de la cuenca (%)
Agricultura bajo riego	725	0,56
Agricultura de secano	3.954	3,03
Bosque o monte ralo andino subpuna semiárida	16.271	12,48
Cuerpos y cursos de agua: Lagos, lagunas, embalses, estanques de decantación o sedimentación, ríos y arroyos	370	0,28
Depósitos de arena, playas y dunas	1.249	0,96
Derrumbes o deslizamientos erosivos y cárcavas	1.580	1,21
Estructura urbana y rural ciudades y pueblos	2.096	1,61
Herbazal graminoide vivaz bofedal puneño	241	0,18
Herbazal graminoide vivaz puna altoandina árida	12.966	9,95
Vegetación dispersa vivaz en arenales, pedregales y playas salinas	90.900	69,73
Área total	130.353	100

TABLA 5. ÁREA DE LAS UNIDADES DE COBERTURA DE LA TIERRA EN LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI

Para más información consultar la Memoria técnica del mapa de cobertura y uso actual de la tierra en la cuenca Pampa Huari (WATCH, 2021).

3.4 Geología

La cuenca de Pampa Huari presenta una diversidad de formaciones geológicas debido a sus características de relieve heterogéneo, las cuales se encuentran distribuidas en sus diferentes macropaisajes o sistemas geomorfológicos. Las unidades geológicas muestran la edad y la conformación litológica de las diferentes formas que constituyen la cuenca. En este sentido, en la cuenca Pampa Huari dominan principalmente afloramientos rocosos de origen sedimentario, cuerpos intrusivos y mesetas lávicas con identificación de las formaciones geológicas desde la parte basal del Paleozoico hasta sedimentos sueltos del Cuaternario.

La anterior caracterización resulta de un mapa unidades geológicas en escala 1:75.000 elaborado a partir de la digitalización de la carta geológica Potosí, con una posterior verificación en campo de las formaciones y fallas geológicas con ayuda de un respaldo fotográfico e identificación de datos nuevos como fallas geológicas (Figura 8). Para más información consultar informe Estudio Hidrogeológico para la Cuenca De Pampa Huari

en el departamento De Potosí (WATCH 03, 2021).

El territorio constituido en la era Paleozoica (18% de la extensión de la cuenca) tiene como afloraciones más representativas los sistemas ordovícico y silúrico, con presencia de formaciones típicas asociadas a las épocas:

- Sistema ordovícico: En general, estas rocas son sedimentarias de origen marino, principalmente areniscas, limolitas, lutitas, siltitas y cuarcitas de variadas tonalidades y granulometría, estando afectadas por un ligero metamorfismo de tipo regional.
- Sistema silúrico: La base de estas rocas se halla definida por la presencia de diamictitas, a las que continúa una serie de lutitas micáceas y untuosas al tacto la serie continua con areniscas micáceas deleznales las que se intercalan con paquetes delgados de lutitas y limolitas, culminando la serie con el cambio litológico hasta llegar a otras areniscas silíceas y macizas.

En la era Mesozoica (25% de la extensión de la cuenca) sobre sale el sistema cretácico con una presencia mayoritaria de la secuencia estratigráfica de la formación La Puerta y el Grupo Potosí, con un desarrollo de areniscas, margas, arcillitas, calizas y un espesor reducido de colada basáltica.

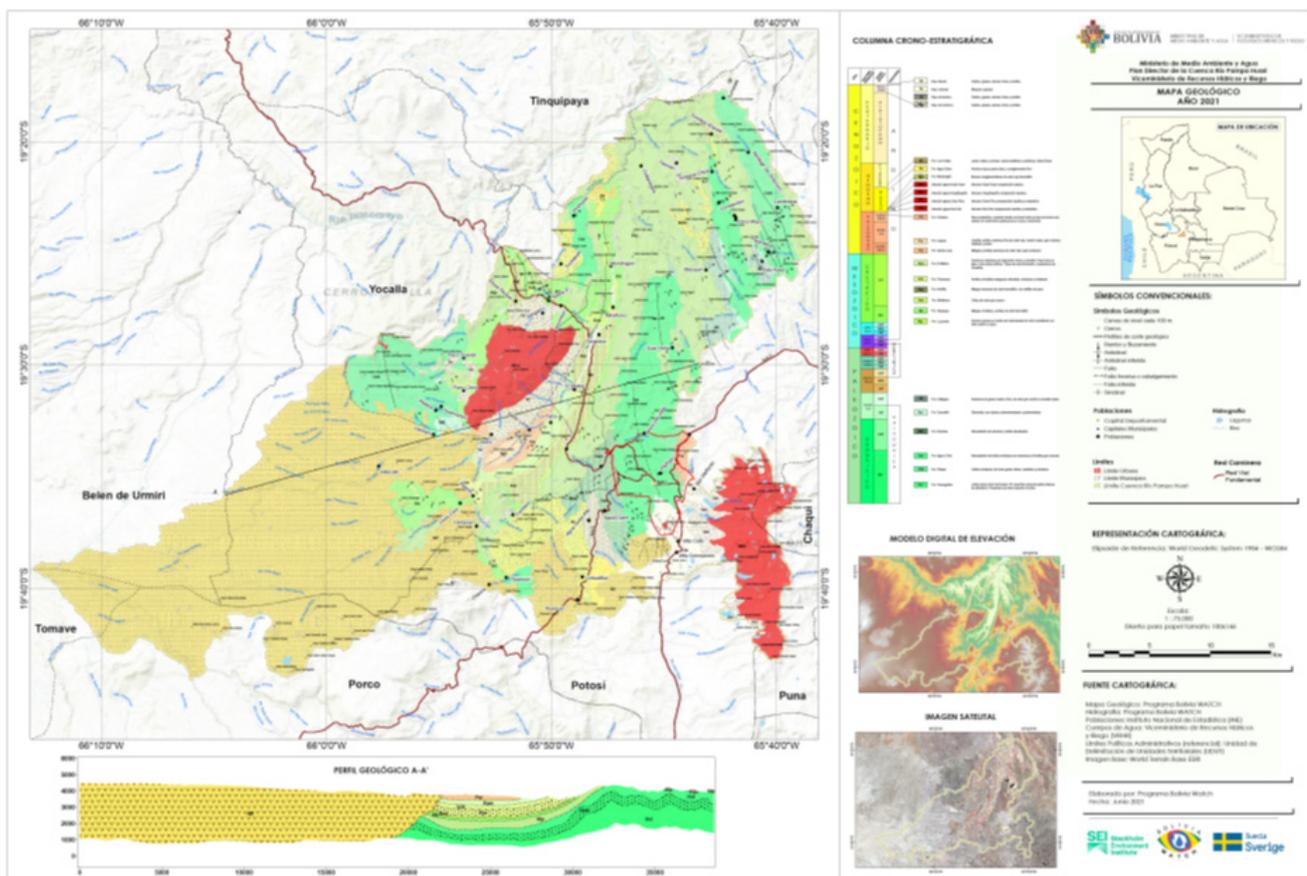


FIGURA 8. UNIDADES GEOLÓGICAS DE LA CUENCA PAMPA HUARI

La era Cenozoica (57% de la extensión de la cuenca) constituye una pequeña parte de toda la columna estratigráfica de la cuenca Pampa Huari, abarcando desde las sedimentitas rocosas duras a semi sueltas del Terciario en su parte basal hasta los sedimentos bastante consolidados a sueltos del Cuaternario que conforman el tope de toda la secuencia. La composición de los sistemas se describe a continuación:

- Sistema terciario: Litológicamente las rocas que conforman este sistema se hallan constituidas por conglomerados y areniscas

desde limosas hasta cuarzosas de grano variable.

- Sistema cuaternario: Constituye todo el material suelto, poco a escasamente consolidado, o esporádicamente bien consolidado, que se presenta en toda la parte superficial de la cuenca conformando la cubierta sobre rocas Paleozoicas, Mesozoicas y Terciarias (Paleógenas o Neógenas).

A continuación, se relacionan las formaciones y depósitos principales en la cuenca Pampa Huari (Tabla 6).

Símbolo	Formación	Era	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Kar	Fm. Aroifilla	Mesozoico	3.270	2,5
Kch	Fm. Chaunaca	Mesozoico	377	0,3
Kem	Fm. El Molino	Mesozoico	1.105	0,8
Kmi	Fm. Miraflores	Mesozoico	1.082	0,8
Ktr	Fm. Tarapaya	Mesozoico	5.552	4,3
Mcr	Intrusión ignea Cerro Rico	Cenozoico	815	0,6
Mhh	Intrusión ignea Huari Huari	Cenozoico	38	0,0
Mhq	Intrusión ignea Huayñaquiño	Cenozoico	3.911	3,0
Mkk	Intrusión ignea Kari Kari	Cenozoico	5.985	4,6
Na	Fm. Agua Dulce	Cenozoico	585	0,4
Nlf	Fm. Los Frailes	Cenozoico	48.120	36,9
Nmo	Fm. Mondragón	Cenozoico	4.809	3,7
Oam	Fm. Amutara	Paleozoico	2.158	1,7
Oat	Fm. Agua y Toro	Paleozoico	11.328	8,7
Oob	Fm. Obispo	Paleozoico	8.418	6,5
Pct	Fm. Cantería	Cenozoico	427	0,3
Pcy	Fm. Cayara	Cenozoico	392	0,3
Psi	Fm. Santa Lucia	Cenozoico	844	0,6
Qc	Dep. Coluvial	Cenozoico	3.210	2,5
Qm	Dep. de morrena	Cenozoico	1.481	1,1
Qt	Dep. de terraza	Cenozoico	853	0,7
Scs	Fm. Cancañiri	Paleozoico	566	0,4
Sll	Fm. Llallagua	Paleozoico	1.523	1,2
Klp	Fm. La puerta	Mesozoico	20.624	15,8
Qa	Dep. Aluvial	Cenozoico	2.632	2,0
Kch	Fm. Chaunaca	Mesozoico	112	0,1
Kem	Fm. El Molino	Mesozoico	139	0,1
			130.355	100%

TABLA 6. DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES GEOLÓGICAS EN LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI

3.6 Clima y cambio climático

3.6.1 Clima

La cuenca Pampa Huari se caracteriza por tener escasa precipitación pluvial (aproximadamente 485 milímetros por año), temperaturas bajas que generalmente varían de 4°C a 9°C, humedad relativa baja con oscilaciones entre 44% y 68% y velocidad de viento cercana a 3 m/s. La descripción del clima de la cuenca se elabora a partir de dos fuentes principales. Por un lado, la precipitación y temperatura diaria provienen de un producto de regionalización meteorológica (Gridded Meteorological Ensemble Tool en inglés) desarrollado por el NCAR y aplicado en Bolivia con la colaboración del SEI para el periodo histórico 1980-2015 (Figura 10). Por otro lado, la humedad relativa, la velocidad del viento y la duración real de la insolación provienen de la estación meteorológica Potosí – Los Pinos con información del periodo 1942-2020 (Figura 11).

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 Pampa Huari los patrones estacionales de precipitación son similares a los mencionados, donde el periodo frío va de mayo a septiembre con una temperatura promedio de 5°C, mientras que el periodo caliente ocurre de octubre a abril con una temperatura promedio de 8°C (estos periodos coinciden con la estación seca y lluviosa, respectivamente). En gran parte de la cuenca la precipitación ocurrida en el periodo de diciembre a marzo representa hasta el 73% del total anual y el 1% en el periodo de mayo a agosto, mientras que el resto sucede en los meses de transición. Este patrón se conserva tanto en los valles como en las montañas.

Por su parte, la humedad relativa reproduce la distribución temporal que describen las estaciones secas y lluviasas en donde los mayores valores se observan en el periodo de diciembre a marzo, mientras que los menores en el periodo de mayo a agosto (Figura 11).

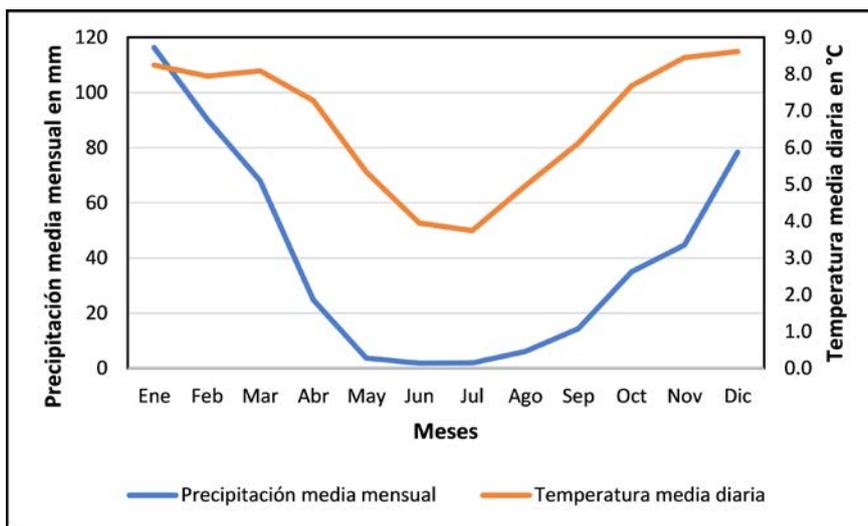


FIGURA 10. PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA PROMEDIO EN LA CUENCA PAMPA HUARI

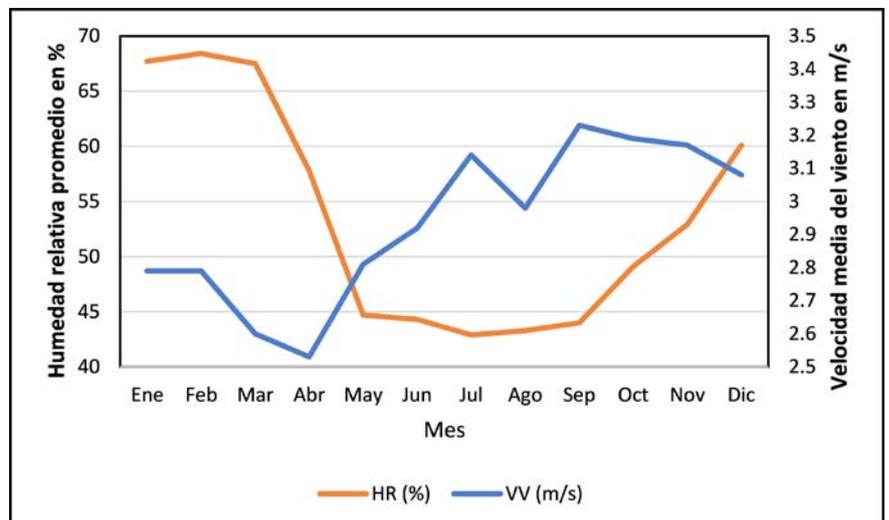


FIGURA 11. HUMEDAD RELATIVA Y VELOCIDAD DEL VIENTO PROMEDIO MENSUAL EN LA CUENCA PAMPA HUARI

Fuente: Estación Potosí - Los Pinos del Senamhi

La distribución espacial de la precipitación (Figura 12) y temperatura (Figura 13) en la cuenca Pampa Huari guardan relación opuesta en el sentido de que en aquellas zonas que predominantemente son valles se observan precipitaciones bajas y temperaturas altas, mientras que en las zonas que predominante son montañas sucede lo contrario. Por ejemplo, observando la distribución espacial de la precipitación en la cuenca se aprecia que los valores más bajos se concentran

en la parte media y baja, principalmente en los valles enclavados entre montañas, mientras que la precipitación es mayor en las partes altas en las montañas (Figura 12). Los mayores valores se observan en las cuencas aportadoras del Kari Kari, al sureste de la cuenca. Cuando se observa la distribución espacial de la temperatura se aprecia que en la parte media y baja se presentan las temperaturas más altas (Figura 13).

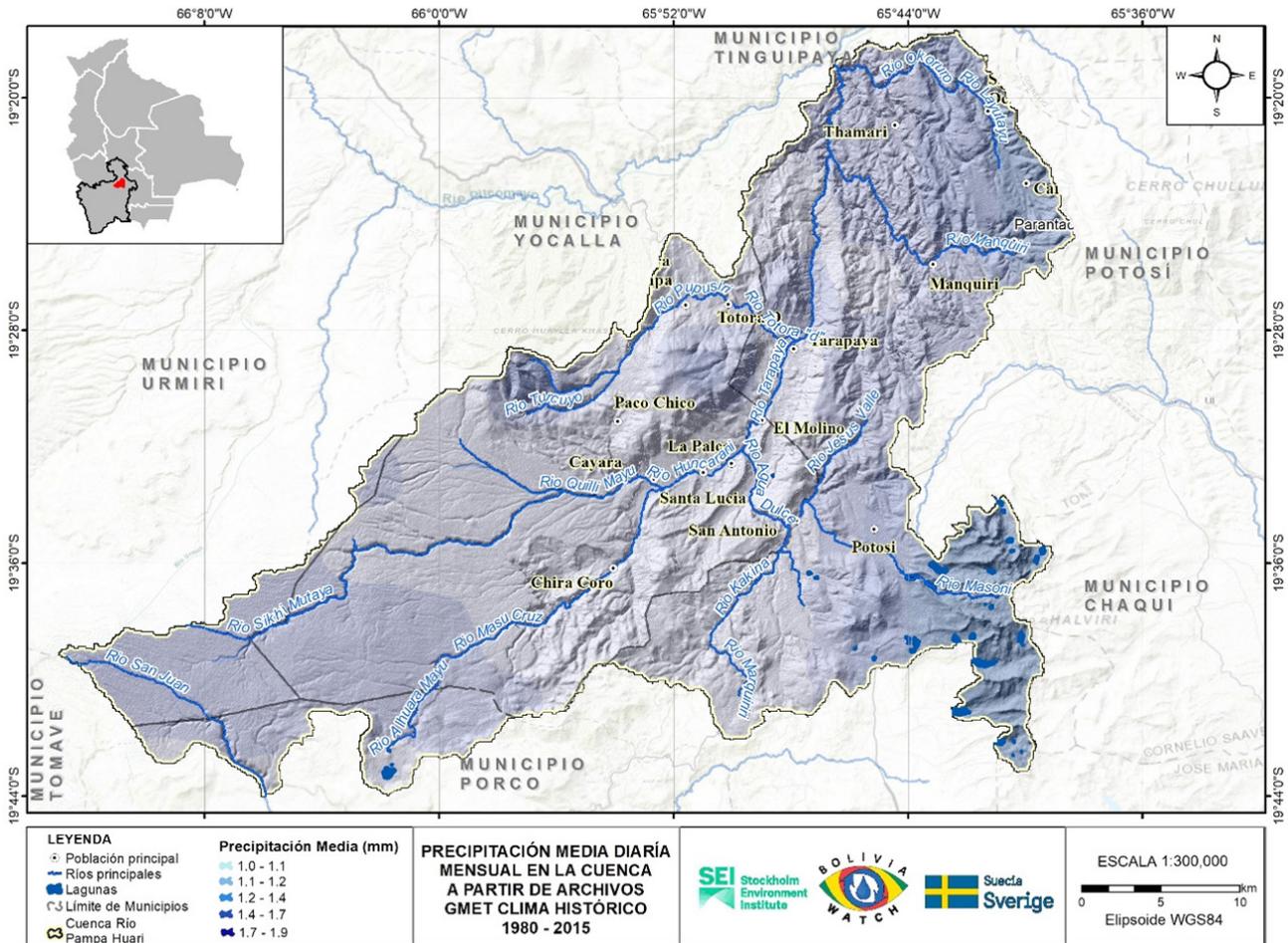


FIGURA 12. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA DIARIA EN MILÍMETROS

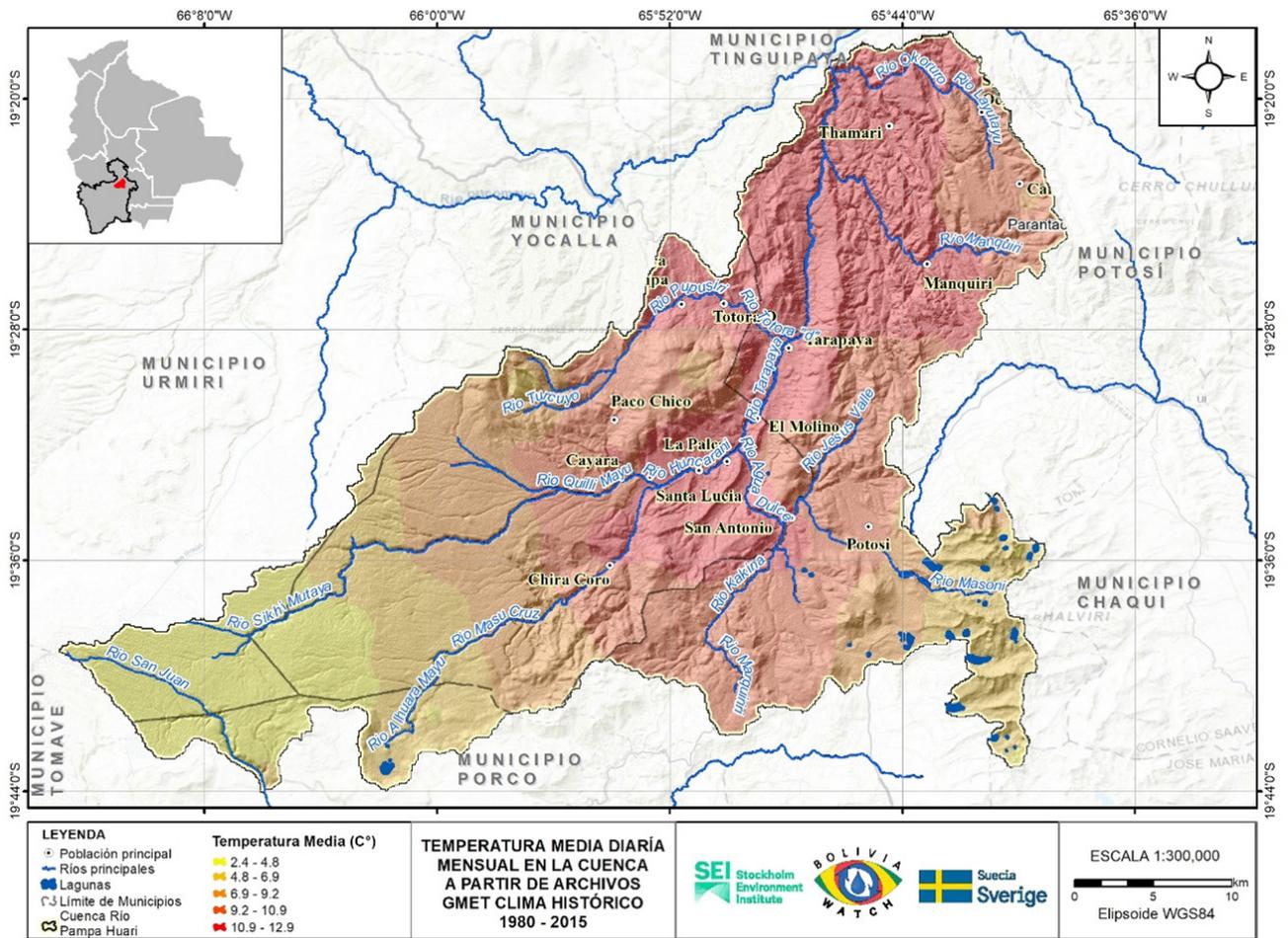


FIGURA 13. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA MEDIA DIARIA EN CENTÍGRADOS

3.6.2 Cambio climático

El percentil 50 de la precipitación multianual para el periodo histórico entre 1980-2015 es de 485 mm (Tabla 7), de la cual el 73% ocurre en los meses lluviosos (con un máximo en el mes de enero con 116 mm – 24%), un 26% en los meses de transición y un 1% en los meses de la estación seca. En los meses de mayo a agosto correspondientes a la condición seca, el mes de menor precipitación corresponde a junio con aproximadamente 1,85 mm. Cuando se compara la precipitación multianual y su patrón estacional mensual histórico con respecto a escenarios de cambio climático a escala de cuenca, informados por los modelos CMCC-CESM, CMCC-CM y IPSL-CM5a-LR para el RCP8.5, se observa que las series sintéticas a partir del modelo CMCC-CESM (5,5% - escenario húmedo) presentan mayores valores de precipitación y menores de temperatura, mientras que las series del modelo CMCC-CM (-10% - escenario más seco) y del IPSL-CM5a-LR (-7% - escenario seco), especialmente la primera, exhiben valores más bajos de precipitación y mayores de temperatura.

Cuando se compara el patrón estacional histórico con las series sintéticas (de los modelos CMCC-CESM, CMCC-CM y IPSL-CM5a-LR) resultantes a través del método k-NN para el clima futuro, en general, se observa que las series sintéticas de los tres modelos mantienen el ciclo hidrológico típico donde se presenta un inicio de lluvias en los meses de agosto a septiembre con un pico en el mes de enero y un descenso hasta el mes de mayo. Las tres series sintéticas muestran un cambio positivo (aumento) superior al 100% en los valores de precipitación entre mayo y julio, meses con los menores valores de precipitación, mientras que se observa un cambio negativo (disminución) en los meses de mayor precipitación. Lo anterior podría traducirse en que la temporada seca sea un poco más húmeda, y que la temporada húmeda sea más seca.

Mes	Histórico (1980 – 2015) (mm)	CMCC-CESM (2020 – 2100) (mm)	CMCC-CM (2020 – 2100) (mm)	IPSL-CM5a-LR (2020 – 2100) (mm)
Ene	116,35	108,22 (-7,0%)	102,02 (-12,3%)	120,76 (3,8%)
Feb	90,29	95,14 (5,4%)	85,10 (-5,7%)	76,61 (-15,1%)
Mar	67,98	60,87 (-10,4%)	55,94 (-17,7%)	50,96 (-25,0%)
Abr	24,81	23,83 (-3,9%)	17,26 (-30,4%)	22,14 (-10,7%)
May	3,67	9,65 (163,1%)	8,12 (121,1%)	7,11 (93,8%)
Jun	1,85	11,64 (530,2%)	8,20 (344,0%)	5,82 (214,8%)
Jul	1,95	11,68 (499,6%)	10,83 (456,0%)	6,09 (213,0%)
Ago	6,16	13,53 (119,5%)	11,28 (83,1%)	5,52 (-10,4%)
Sep	14,30	17,76 (24,1%)	13,20 (-7,7%)	11,20 (-21,7%)
Oct	34,88	38,99 (11,8%)	26,29 (-24,6%)	31,81 (-8,8%)
Nov	44,57	43,65 (-2,1%)	34,97 (-21,5%)	39,43 (-11,5%)
Dic	78,28	76,73 (-2,0%)	64,31 (-17,8%)	72,95 (-6,8%)
Total	485,09	511,69 (5,5%)	437,51 (-9,8%)	450,42 (-7,1%)

TABLA 7. VALORES DE PERCENTIL 50 DE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL MULTIANUAL EN LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI

El valor de la mediana para la temperatura multianual es de 8,4°C, siendo el periodo de octubre a marzo el de valores de mediana de temperatura mayores a 9°C, presentando las más altas en diciembre con 10,1 °C (Tabla 8).

Este comportamiento no solo se observa en el escenario histórico, sino que de alguna manera se replica en la temporada más húmeda (diciembre-febrero) se repite tanto en los escenarios seco y más seco, como en el húmedo.

Mes	Histórico (1980 – 2015) (mm)	CMCC-CESM (2020 – 2100) (mm)	CMCC-CM (2020 – 2100) (mm)	IPSL-CM5a-LR (2020 – 2100) (mm)
Ene	9,6	12,9 (+3,3)	14,1 (+4,5)	13,2 (+3,6)
Feb	9,3	12,5 (+3,2)	13,8 (+4,5)	13,3 (+4,0)
Mar	9,4	12,7 (+3,3)	13,5 (+4,2)	13,3 (+3,9)
Abr	8,8	12,3 (+3,5)	12,6 (+3,8)	12,6 (+3,8)
May	7,3	11,0 (+3,7)	11,1 (+3,8)	11,0 (+3,7)
Jun	6,1	9,5 (+3,4)	9,8 (+3,7)	9,9 (+3,8)
Jul	5,9	9,6 (+3,7)	9,8 (+3,9)	9,8 (+3,9)
Ago	6,9	10,7 (+3,7)	11,0 (+4,1)	10,6 (+3,7)
Sep	8,0	11,8 (+3,7)	12,2 (+4,1)	12,2 (+4,2)
Oct	9,4	12,8 (+3,4)	13,1 (+3,7)	13,5 (+4,1)
Nov	10,0	13,0 (+3,0)	13,8 (+3,8)	14,1 (+4,1)
Dic	10,1	13,2 (+3,1)	14,3 (+4,3)	13,9 (+3,9)
Anual	8,4	11,8 (+3,4)	12,4 (+4,0)	12,3 (+3,9)

TABLA 8. VALORES DE PERCENTIL 50 PARA LA TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL EN LAS SUBCUENCAS DEL RÍO PAMPA HUARI

Este estudio de escenarios de cambio climático contribuye a desarrollar una de las incertidumbres que se tendrán en cuenta durante la evaluación de la vulnerabilidad del sistema de agua que representa la cuenca del Río Pampa Huari. Desde el punto de vista de planificación estos escenarios resultan interesantes dada sus características de mayor magnitud y variabilidad climática, permitiendo

evaluar el tipo de intervenciones, infraestructura o estrategias necesarias para adaptación climática en los distintos sistemas de captación o evaluar la disponibilidad de caudal y demanda insatisfecha en varios puntos de la cuenca. Para más información consultar Informe de Escenarios de variabilidad y cambio climático en el modelo WEAP de la cuenca del río Pampa Huari en Potosí (LAC-SEI, 2021).

3.7 Recursos Hídricos

3.7.1 Recurso hídrico superficial

Lagunas y manantiales (vertientes u ojos de agua) se constituyen en las fuentes principales de agua en esta cuenca. Al suroeste, en las inmediaciones de la laguna Wara Wara, una laguna intermitente cuya elevación es de aproximadamente 4.172 metros, nace el río principal de la cuenca Pampa

Huari que junto con numerosos tributarios conforman aguas abajo el río Tarapaya (Figura 14). Este río es alimentado por numerosos afluentes destacando entre ellos a los ríos Quilli Mayu, Ingenio Mayu y Agua Dulce, y que durante su recorrido hacia el río Pilcomayo recibe las aguas de los ríos Cayara, Pupusiri, Manquiri y Ockoruro.

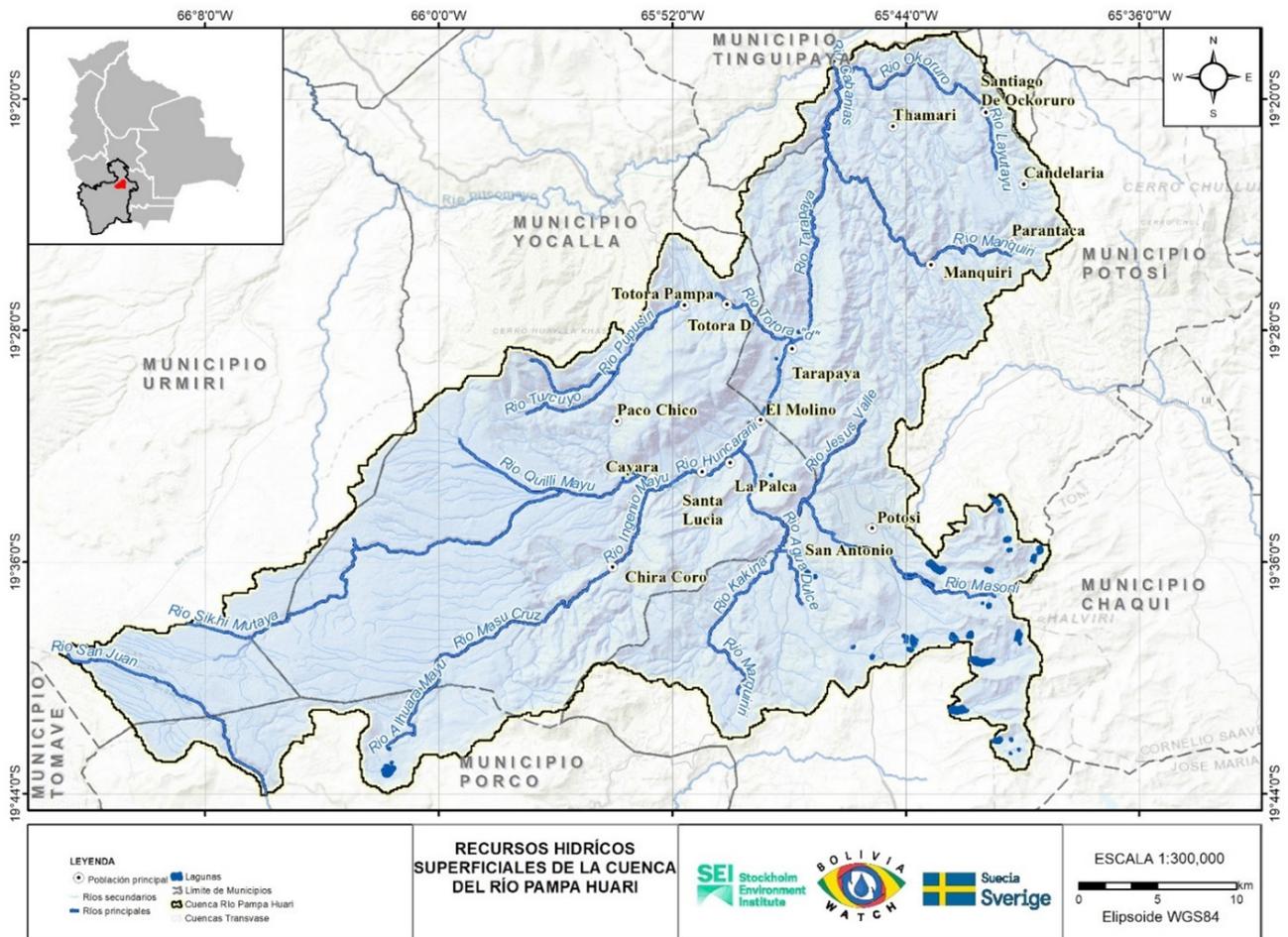


FIGURA 14. CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES PRINCIPALES EN LA CUENCA PAMPA HUARI

El balance hídrico a paso de tiempo diario para el periodo 1980-2015 fue implementado en WEAP, los resultados promedio agregado a nivel mensual se muestran en la Tabla 9. Estos indican que en la cuenca la precipitación promedio multianual es de unos 485mm, la evapotranspiración real de unos 393 mm, y la escorrentía superficial de unos 100mm. La evapotranspiración representa el 81% de la precipitación, mientras que la escorrentía representa un 21%, lo cual resulta típico de zonas semiáridas. Vale la pena aclarar que en la Tabla 9 se excluyó 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 en WEAP. Por otro lado, se observa que el 73% 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	116,4	74,6	23,0
Feb	90,3	66,9	20,2
Mar	68,0	61,9	15,9
Abr	24,8	36,7	6,3
May	3,7	16,9	3,9
Jun	1,9	5,7	3,3
Jul	2,0	3,9	3,2
Ago	6,2	4,9	3,2
Sep	14,3	10,9	3,3
Oct	34,9	23,7	4,2
Nov	44,6	36,1	5,0
Dic	78,3	50,9	8,8
Anual	485,1	393,1	100,5

TABLA 9. BALANCE HÍDRICO PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL PARA PERIODO 1980-2015

El balance hídrico bajo escenarios de cambio climático para el horizonte 2022-2055 se muestra en la **Tabla 10** para el escenario húmedo (CMCC-CESM RCP8.5) y la **Tabla 11** para los escenarios secos (CMCC-CM RCP8.5 y IPSL-CM5a-LR RCP8.5). Los tres escenarios de cambio climático indican una disminución en la precipitación y en la escorrentía anual. El efecto combinado debido a los cambios en la precipitación y temperatura genera unas reducciones considerables en la escorrentía. Por su parte, la evapotranspiración presenta una pequeña discrepancia entre modelos en el término medio. Finalmente, a nivel

mensual se observa un incremento de lluvias en los modelos secos y una disminución de estas en el modelo húmedo durante los meses de sequías (mayo a septiembre). Sin embargo, en los tres modelos se observa una disminución de la precipitación, y, por tanto, de la escorrentía durante los meses claves (octubre y noviembre) para el suministro de agua. Esta posible tendencia plantea la necesidad de considerar acciones resilientes que permitan dar solución a esta problemática en el mediano plazo.

CMCC-CESM RCP8.5 (2022 – 2055)			
Mes	Precipitación (mm)	Evapotranspiración (mm)	Escorrentía (mm)
Ene	114,5(-1,6%)	73(-2,1%)	21,3(-7,4%)
Feb	88,7(-1,8%)	67(0,1%)	19,7(-2,5%)
Mar	65,6(-3,5%)	61,4(-0,8%)	14,4(-9,4%)
Abr	25,1(1,2%)	36,2(-1,4%)	6,2(-1,6%)
May	3,7(0%)	16,9(0%)	3,8(-2,6%)
Jun	1,9(0%)	5,7(0%)	3,3(0%)
Jul	2(0%)	3,9(0%)	3,2(0%)
Ago	5,9(-4,8%)	4,6(-6,1%)	3,2(0%)
Sep	13,6(-4,9%)	10,5(-3,7%)	3,2(-3%)
Oct	32,6(-6,6%)	22,5(-5,1%)	4,2(0%)
Nov	41,9(-6,1%)	34,7(-3,9%)	4,9(-2%)
Dic	75(-4,2%)	48,7(-4,3%)	8,5(-3,4%)
Anual	470,5(-3%)	385(-2,1%)	96(-4,5%)

TABLA 10. BALANCE HÍDRICO PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL PARA PERIODO 2022-2055 (ESCENARIO HÚMEDO)

CMCC-CM RCP8.5 (2022 – 2055)				IPSL-CM5a-LR RCP8.5 (2022 – 2055)		
Mes	PCP (mm)	ETR (mm)	Q (mm)	PCP (mm)	ETR (mm)	Q (mm)
Ene	117,4(0,9%)	76,1(2%)	19,2(-16,5%)	118,7(2%)	75(0,5%)	21,6(-0,1%)
Feb	83,2(-7,9%)	70,1(4,8%)	17,6(-12,9%)	72(-20,3%)	63,7(-4,8%)	13,3(-0,3%)
Mar	52,2(-23,2%)	56,1(-9,4%)	8,1(-49,1%)	52,7(-22,5%)	55(-11,1%)	8,7(-0,5%)
Abr	19,2(-22,6%)	31,1(-15,3%)	4,5(-28,6%)	22,3(-10,1%)	32,8(-10,6%)	4,5(-0,3%)
May	7,6(105,4%)	14,8(-12,4%)	3,2(-17,9%)	6,7(81,1%)	15(-11,2%)	3,2(-0,2%)
Jun	7,6(300%)	8,5(49,1%)	2,9(-12,1%)	6,1(221,1%)	8,5(49,1%)	2,9(-0,1%)
Jul	10,4(420%)	10,6(171,8%)	3(-6,3%)	6,6(230%)	7(79,5%)	2,9(-0,1%)
Ago	10,2(64,5%)	11,8(140,8%)	3,1(-3,1%)	7,2(16,1%)	8,3(69,4%)	2,9(-0,1%)
Sep	12,4(-13,3%)	10,1(-7,3%)	2,9(-12,1%)	12,1(-15,4%)	9,8(-10,1%)	2,8(-0,2%)
Oct	26(-25,5%)	20,9(-11,8%)	3,4(-19%)	32,4(-7,2%)	23(-3%)	3,5(-0,2%)
Nov	42,3(-5,2%)	32,6(-9,7%)	4,3(-14%)	44,5(-0,2%)	37,8(4,7%)	4,4(-0,1%)
Dic	72,3(-7,7%)	50,5(-0,8%)	6,8(-22,7%)	73,9(-5,6%)	52,6(3,3%)	7,3(-0,2%)
Anual	460,7(-5%)	393,3(0,1%)	79,3(-21,1%)	455,2(-6,2%)	388,5(-1,2%)	78(-0,2%)

PCP: Precipitación, ET: Evapotranspiración, Q: Escorrentía.

TABLA 11. BALANCE HÍDRICO PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL PARA PERIODO 2022-2055 (ESCENARIOS SECOS)

3.7.2 Calidad del agua del recurso hídrico superficial

La caracterización de la calidad de agua en la cuenca del río Pampa Huari se realiza a partir de la información secundaria recopilada en este estudio y se complementa con los monitoreos comunitarios que se realizaron en época seca y húmeda. Estos periodos se identifican en los siguientes meses:

- Época de lluvia: De octubre a marzo.
- Época de estiaje: De abril a septiembre.

Los parámetros de calidad de agua analizados corresponden a los establecidos en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley 1333 y la Norma Boliviana 512 para aquellos parámetros que no están listados en el primer

reglamento. De acuerdo con el artículo 4° del capítulo III del reglamento mencionado, la clasificación de los cuerpos de agua según su aptitud de uso se divide en 4 clases según la calidad en A, B, C y D dependiendo de los valores máximos admisibles en cuerpos receptores de ciertos parámetros. Los parámetros básicos analizados para dicha clasificación corresponden a: DBO5, DQO, colifecales NMP, oxígeno disuelto, arsénico total, cadmio, cianuros, cromo hexavalente, fosfato total, mercurio, plomo, aldrín, clordano, dieldrín, DDT, endrín, malatión y paratión.

Revisados los parámetros mencionados, se obtuvo la clasificación mostrada en la **Figura 15** y en la **Figura 16** para la época de lluvia y la época de estiaje, respectivamente.

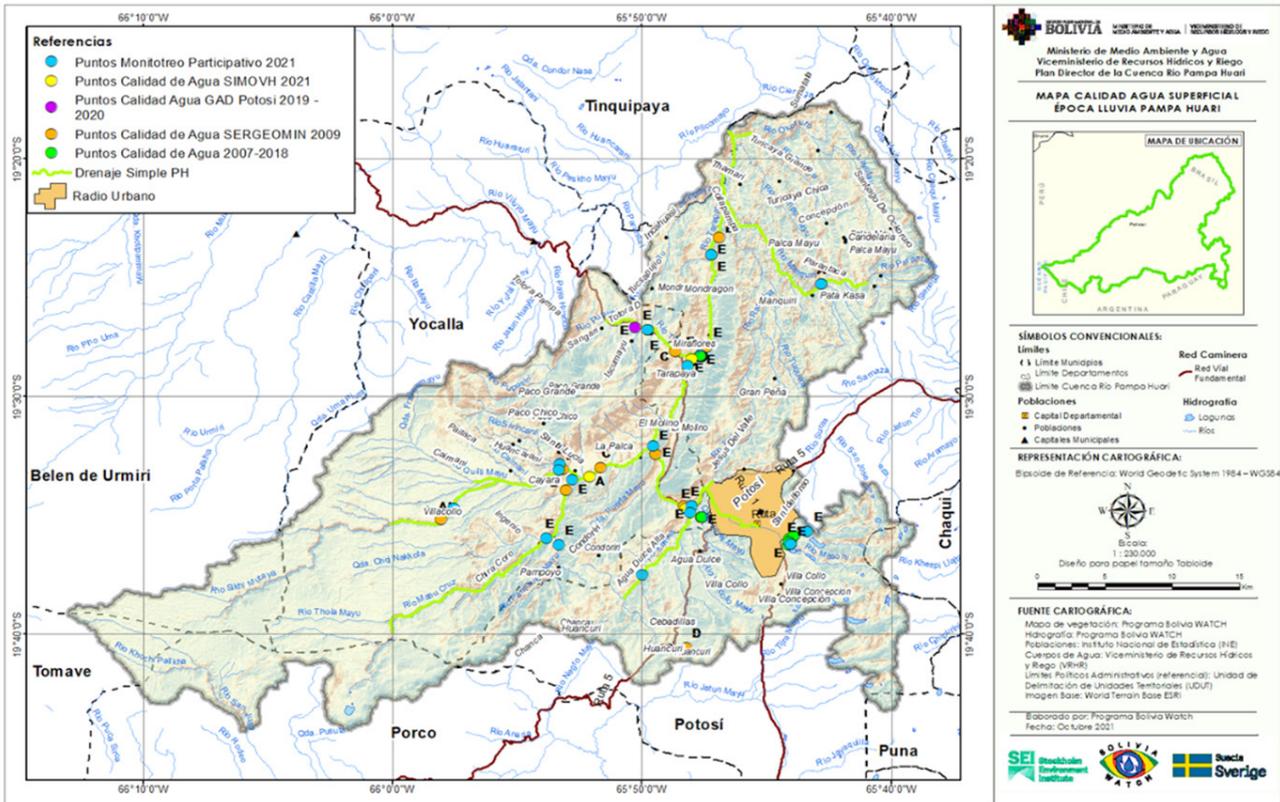


FIGURA 15. CARACTERIZACIÓN DE LOS CUERPOS DE AGUA DE LA CUENCA PAMPA HUARI DE ACUERDO CON LA CALIDAD DE AGUA PARA LA ÉPOCA DE LLUVIA

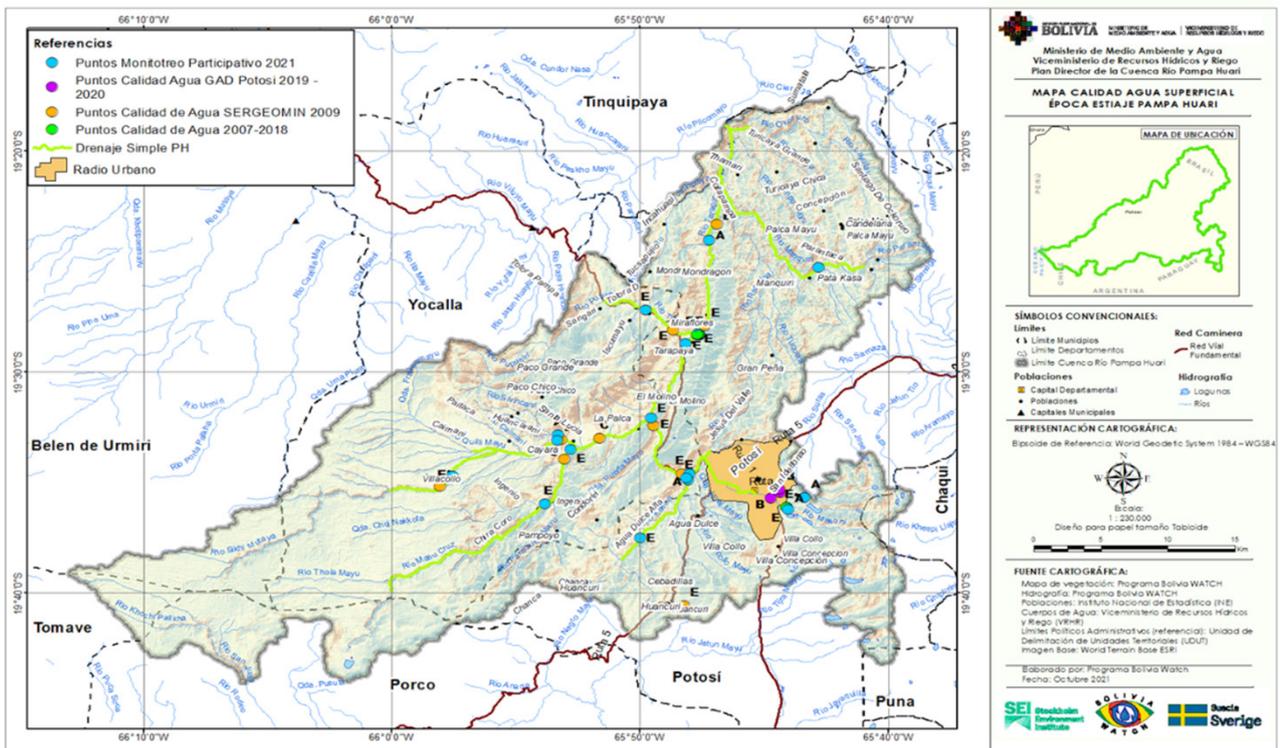


FIGURA 16. CARACTERIZACIÓN DE LOS CUERPOS DE AGUA DE LA CUENCA PAMPA HUARI DE ACUERDO CON LA CALIDAD DE AGUA PARA LA ÉPOCA DE ESTIAJE

Nótese que tanto en periodo seco como húmedo la calidad de agua de varios afluentes se clasifica como E. Estos son los ríos Tarapaya, Aljamayu, de la Ribera, Jayajmayu, Agua Dulce, Senioritaj Marpi, Totorá D, Kakina, Pupusiri, Quilli Mayu, Ingenio

Mayu, Masoni, Idelfonso, Pantizueja, Alja Mayu, Patizueja, y Siqui Mutaya.

La clasificación E implica que el agua no alcanza la calidad de D del Reglamento que significa "Aguas

de calidad mínima, para consumo humano, en los casos extremos de necesidad pública". Es decir que presenta una calidad mala, no debería ser usada para consumo humano sin o con tratamiento, debido al grado de contaminación existente. La contaminación presente puede significar conflictos por el uso del agua, debido a que puede afectar la salud humana de los consumidores.

Cabe resaltar que en la norma nacional se clasifica el agua de acuerdo con límites permisibles para consumo humano y la capacidad de realizar un tratamiento que alcance estos límites. Sin embargo, existen otros usos del agua como la agricultura, la ganadería, industrial, y la calidad dl agua requerida para los ecosistemas y sus especies que puede ser menos o más exigente que las concentraciones requeridas para el consumo humano con algún tipo de tratamiento.

3.7.3 Recurso hídrico subterráneo

En la cuenca Pampa Huari se destacan tres (3) tipos de ocurrencia de las aguas subterráneas.

Los acuíferos porosos no consolidados conformados principalmente por depósitos aluviales de diferentes edades ubicados en ríos, valles, piedemontes y terrazas; los acuíferos fisurados conformados especialmente por depósitos volcánicos y de morrenas donde sobresalen afloramientos rocosos, serranías y regiones montañosas como la formación La Puerta y a la meseta Los Frailes; y los acuíferos locales y limitados (en rocas porosas o fisuradas) sin cantidades apreciables de aguas subterráneas que corresponden al resto de unidades que principalmente son conformados por material fracturado y relieve montañoso formados por cuerpos intrusivos (Figura 17).

La anterior caracterización resulta del mapa hidrogeológico en escala 1:75.000 elaborado a partir de las características geológicas, geomorfológicas, porosidad, permeabilidad y su importancia a nivel local y regional. Para más información consultar el informe Estudio Hidrogeológico para la Cuenca De Pampa Huari en el departamento De Potosí (WATCH 03, 2021).

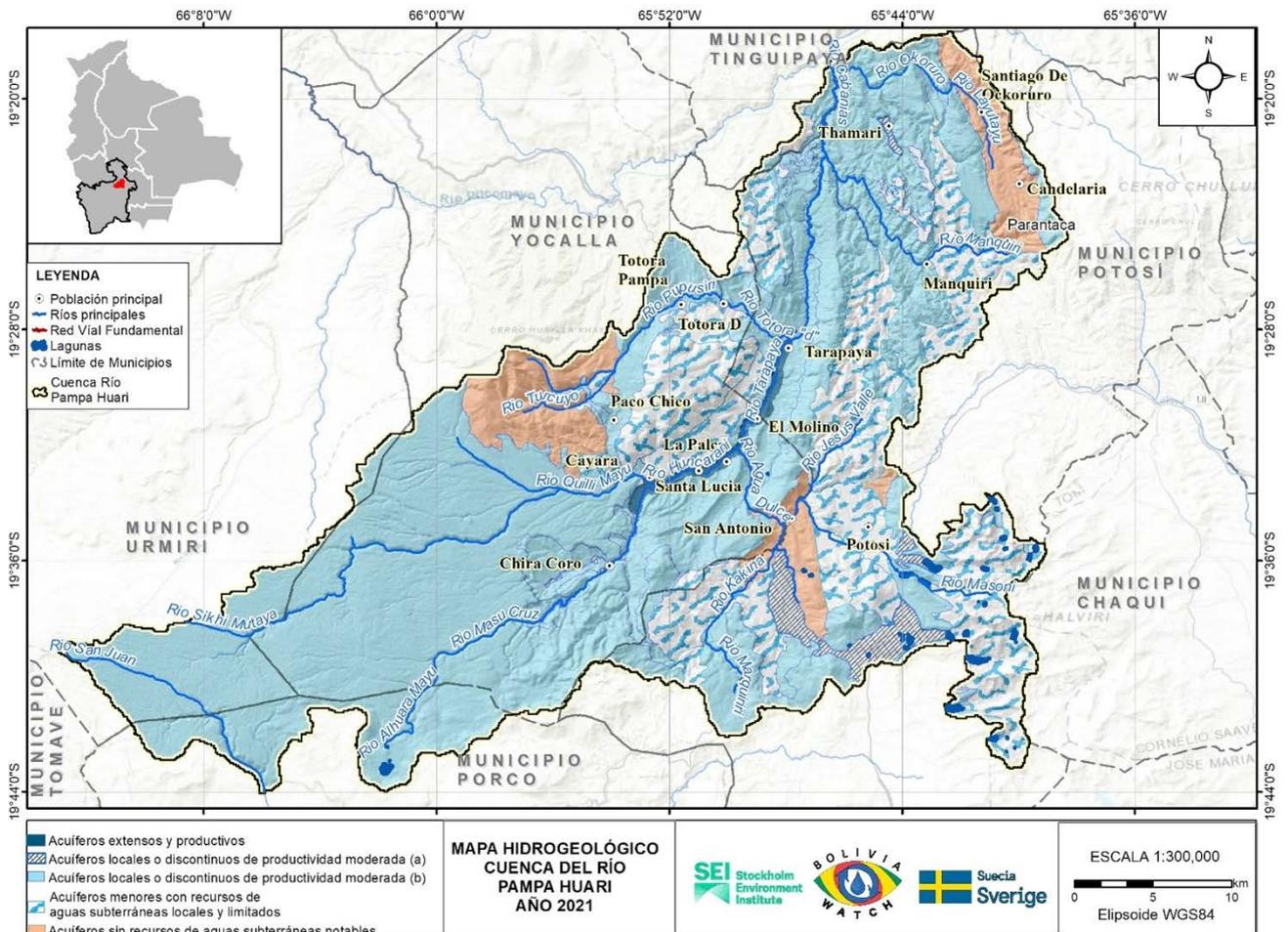


FIGURA 17. HIDROGEOLOGÍA PRELIMINAR

Se han identificado 2 zonas principales de recarga directa los mismos están relacionados con aguas meteóricas: Una corresponde al sector de Alto Potosí incluido la zona de depósitos permeables de la cordillera del Kari Kari y otro sector corresponde al valle del sinclinal de Miraflores donde se identifican tanto en el lecho del río y las terrazas laterales presencia de material de alta permeabilidad, cantos rodados, gravas, arenas, otras áreas con recarga producto de aguas meteóricas aunque en menor relevancia corresponde a las partes altas de las montañas y serranías por donde por fracturas en las rocas se infiltran en el subsuelo.

Las zonas de descarga corresponden al centro urbano de Potosí y río principal de Pampa Huari respectivamente y en los alumbramientos de vertientes que se tienen en diferentes sectores dentro la Cuenca Pampa Huari.

3.8 Presiones ambientales del sector económico

3.8.1 Minería

La actividad minera tiene lugar en gran parte de la cuenca Pampa Huari (**Figura 18**). Para la caracterización minera de la cuenca Pampa Huari se realizó una división de ésta en 94 unidades hidrográficas de las cuales 15 registran actividad minera productiva (tanto pasada como actual), incluyendo labores mineras que en su mayoría resultan ser subterráneas, depósitos de residuos minero-metalúrgicos y algunos rastros de exploración. Asimismo, se identificaron 11 minas o sitios mineros, con labores mineras de extracción o exploración como cateos y otros; y 264 Pasivos Ambientales Mineros (PAM) entre depósitos de desmontes y colas (diques o acumulaciones irregulares), lo cual se resume en la **Tabla 12**.

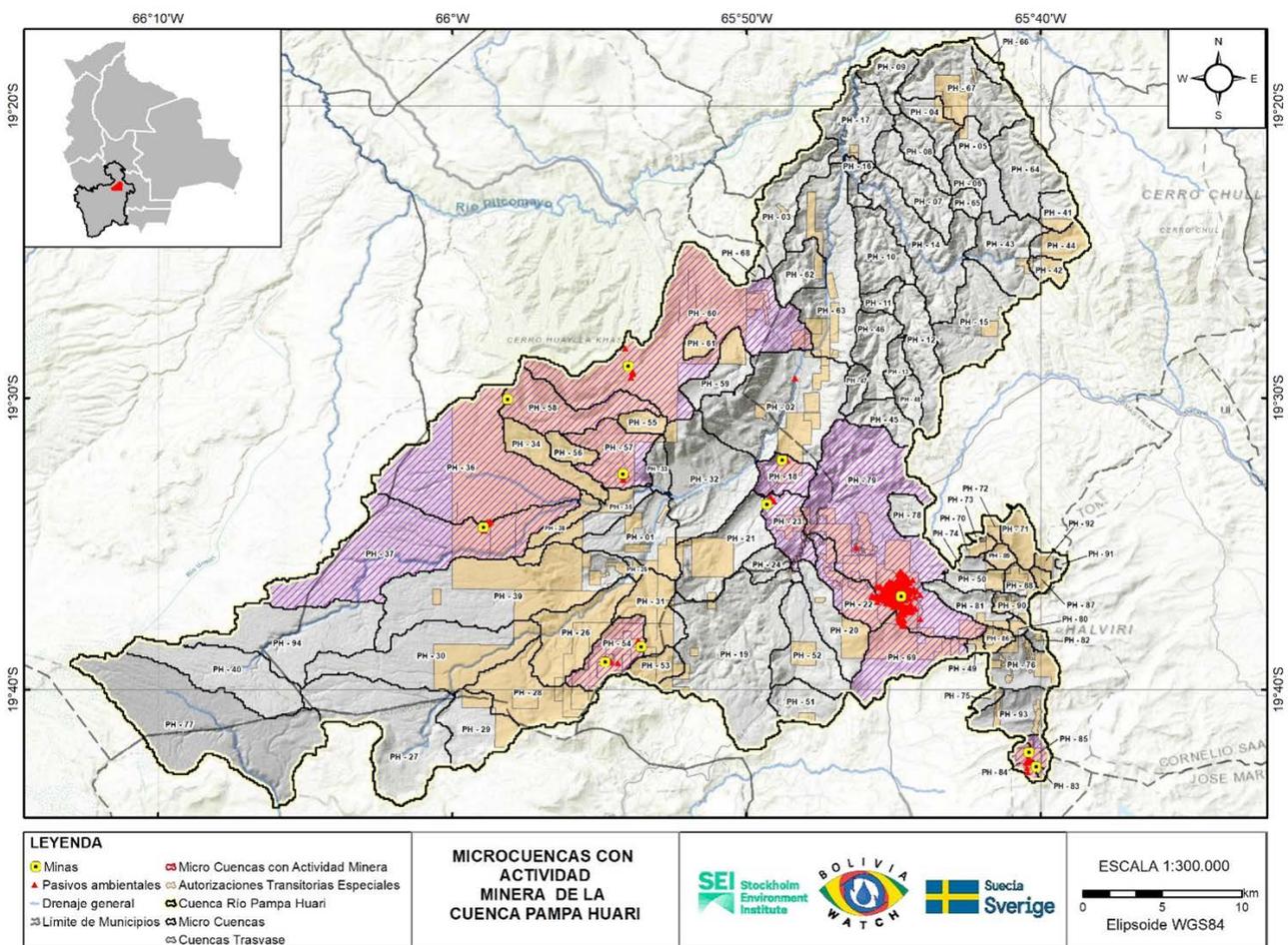


FIGURA 18. CARACTERIZACIÓN DE LA MINERÍA EN LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI

En la **Tabla 12** se presenta el resumen de las 15 unidades hidrográficas con influencia de actividades mineras. En este sentido, se relacionan las 11 minas identificadas (2 activas y 9 inactivas) y el tipo de PAM encontrado en cada una de las minas. Se puede observar que el número de minas en cada una de estas 15 unidades hidrográficas varía entre 1 y 2. Existen 257 desmontes y 7 colas/

relaves y la gran mayoría cuenta con algún tipo de manejo ambiental relativo a la impermeabilización del suelo donde yacen estos depósitos. Tan solo un 22% aproximadamente no registran ningún tipo de manejo ambiental. La unidad hidrográfica PH - 79 se destaca por tener mayor cantidad de labores mineras y pasivos ambientales que ocurren en Pampa Huari, se trata del denominado Complejo Minero Cerro Rico de Potosí.

Código unidad hidrográfica	Código mina	Nombre mina/sitio minero	PAM		
			Cola	Desmonte	Total
PH - 18	1	Ingenio El Molino	3	0	3
PH - 22	-	* sólo Pasivos Ambientales Mineros	0	23	23
PH - 23	2	La Puerta	0	2	2
PH - 36	-	* sólo Pasivos Ambientales Mineros	0	1	1
PH - 37	3	San Luis (Vilacollo)	0	13	13
PH - 54	4	Tollojchi (Manto)	0	11	11
	5	San Martín	0	3	3
PH - 57	6	Andacabita	0	2	2
PH - 58	7	Humaña	0	0	0
PH - 60	8	Paco Grande I	0	5	5
PH - 69	-	* sólo Pasivos Ambientales Mineros	0	5	5
PH - 79	9	Cerro Rico (este, oeste, norte)	4	184	188
PH - 83	10	Anaraya	0	0	0
PH - 84	-	* sólo Pasivos Ambientales Mineros	0	6	6
PH - 85	11	Colquechaquita	0	2	2
Número total de PAM			7	257	264

PH: Pampa Huari

TABLA 12. RESUMEN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS, MINAS Y PASIVOS MINEROS AMBIENTALES EN LA CUENCA PAMPA HUARI

En lo que respecta a productividad, si se quiere realizar un análisis a nivel de detalle, se encuentran la limitante de que existe muy poca información. Sin embargo, la cuenca Pampa Huari es una zona con una evidente vocación minera y existe un número importante de personas que participan en la actividad minera. De acuerdo con cifras oficiales (Rodríguez-López F. y otros, 2020), Potosí es el segundo municipio con mayores ingresos por regalías mineras donde éstas proceden principalmente del zinc (con el 57%), seguido de la plata (26%), plomo (10,5%) y otros (6%). De la misma manera, en

lo que respecta a la caracterización a partir de niveles de contaminación, tampoco existen datos suficientes ni significativos. No obstante, se han identificado 2 sitios o áreas con un Impacto Ambiental Evidente o Potencial (IAEP). Estos están relacionados 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 vertimientos. En la **Tabla 13** se incluyen algunos detalles de los IAEP. Para más información consultar la Propuesta de Acciones para la gestión del riego en la cuenca río Pampa Huari (WATCH 26, 2021).

Tipo de IAEP	Cuenca	Microcuenca	Sitio Min. asociado	Población cercana
Colas/Relaves	Pampa Huari	PH-18	El Molino	Comunidad El Molino
Colas/Relaves	Pampa Huari	PH-79	Cerro Rico - Potosí	Ciudad de Potosí

IAEP: Impacto Ambiental Evidente o Potencial

TABLA 13. CARACTERIZACIÓN Y UBICACIÓN DE LOS SITIOS O ÁREAS CON IMPACTOS AMBIENTALES EVIDENTES O POTENCIALES

3.8.2 Agricultura

La producción agrícola en la cuenca río Pampa Huari, se caracteriza por tener terrenos que dependen la mayor parte del tiempo de la lluvia, por tanto, predomina la producción a secano. Se cuenta con proyectos de riego puntuales

(complementarios y pequeños), principalmente en la parte media y baja de la cuenca. De acuerdo con la cartografía temática, se pueden distinguir dos tipos de agricultura predominante, superficies bajo riego y secano (**Tabla 14**). La distribución espacial se puede observar en la **Figura 19**.

Nº	Cobertura	Área (ha)
1	Agricultura bajo riego	669,49
2	Agricultura de secano	3.196,83
Total (ha)		3.866,32

TABLA 14. TIPOS DE AGRICULTURA EN LA CUENCA PAMPA HUARI

En el calendario de producción de los cultivos se diferencian entre una y dos épocas de siembra a lo largo del año, siguiendo el calendario hidrológico de las lluvias. La primera inicia entre septiembre y octubre con las siembras, aprovechando la llegada de las lluvias donde los cultivos son en gran parte dependientes de las precipitaciones,

sin el apoyo de riegos complementarios. Luego de la cosecha, entre los meses de enero y marzo, aquellos productores con riego pueden tener la segunda época de siembra en los meses de menor precipitación, momento en el que se alcanzan las temperaturas más bajas.

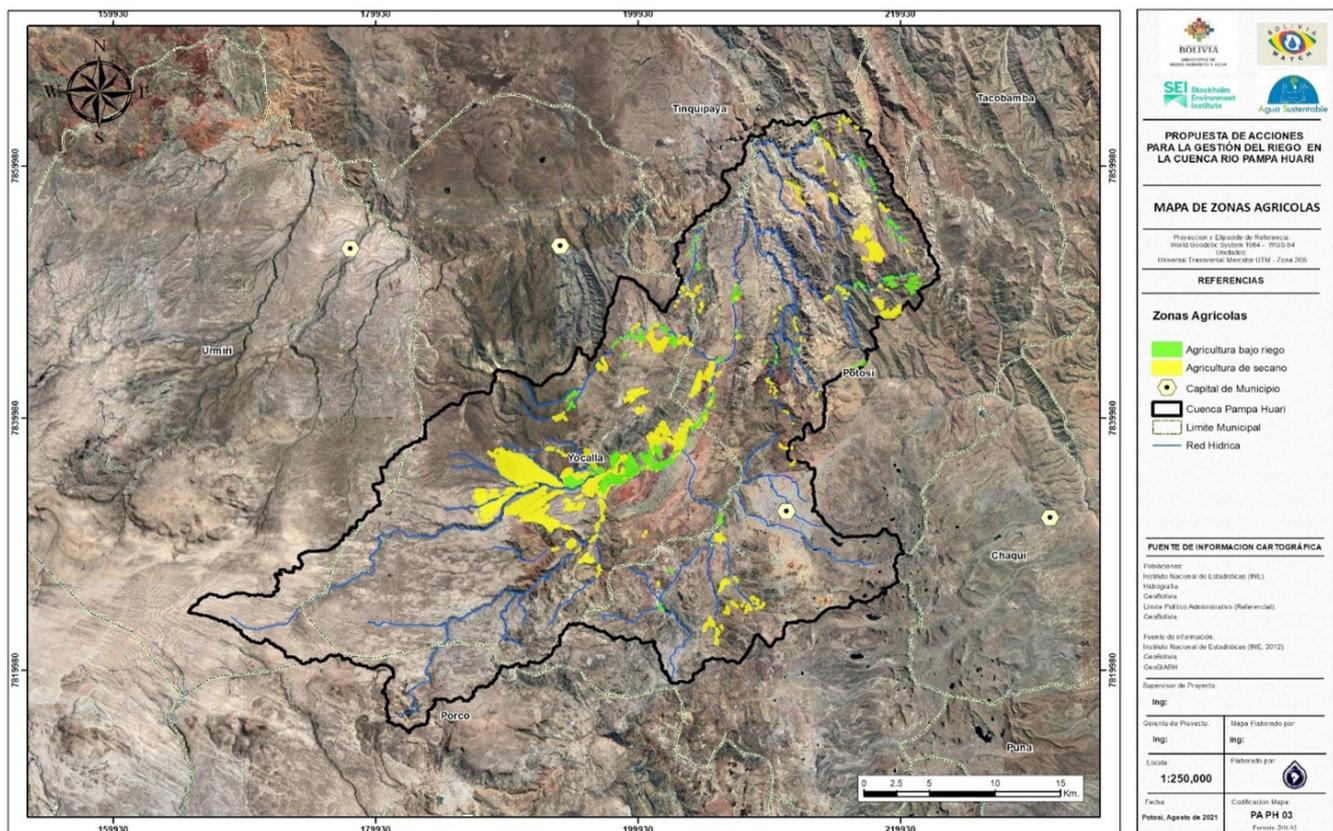


FIGURA 19. SUPERFICIE AGRÍCOLA EN SECANO Y BAJO RIEGO EN LA CUENCA PAMPA HUARI

Los principales cultivos en orden de importancia son papa, haba, maíz y cebada. Las plantaciones de frutales son escasas debido a su ubicación altitudinal (solo se ubican en el valle en la parte media de la cuenca), pero a nivel de comunidad se reportan otros cultivos como hortalizas y verduras en superficies inferiores a media hectárea. La producción está destinada al autoconsumo de

las familias, dejando un escaso excedente para su comercialización, con lo cual puedan generar un ingreso económico (**Figura 20**). Para más información consultar la Propuesta de Acciones para la gestión del riego en la cuenca río Pampa Huari (WATCH 26, 2021).



FIGURA 20. ZONA DE PRODUCCIÓN BAJO RIEGO EN EL SECTOR DE SANTA LUCIA

3.8.3 Ganadería

Las comunidades de la cuenca del río Pampa Huari realizan la actividad pecuaria como complemento a la agrícola. Esta actividad está destinada principalmente al autoconsumo de las familias, aunque en algunos casos también se venden algunas cabezas de ganado. Por ejemplo, en el último año se vendieron aproximadamente 210 cabezas de ganado de toda la producción pecuaria de las comunidades. La venta genera un ingreso adicional para las familias, no obstante,

al final resulta siendo muy bajo. En la **Tabla 15** se comparte un diagnóstico realizado para la cuenca, donde se observa que el ingreso generado por la producción pecuaria es de Bs. 319,33 /año. Por otro lado, la cantidad de ganado que tiene cada familia depende de las posibilidades de crianza de cada una de éstas. Para más información consultar la Propuesta de Acciones para la gestión del riego en la cuenca río Pampa Huari (WATCH 26, 2021).

Ganado	Cantidad/ cabezas	Cantidad vendida por año	Precio vivo en finca Bs./cabeza	Ingreso Bs./año
Vacuno	550	10	2.000	20.000
Porcino	30	20	250	5.000
Caprino	400	60	250	15.000
Ovino	1.000	70	200	14.000
Camelidos	500	50	1.200	60.000
Total	2.480	210		114.000
Ingreso Promedio Bs./Flia/Año				319,33

Fuente: Diagnóstico del Área de Influencia del Proyecto

TABLA 15. INGRESO DE LA PRODUCCIÓN PECUARIA, SITUACIÓN SIN PROYECTO

3.9 Agua potable, saneamiento e higiene

3.9.1 Agua potable

Con relación a las fuentes de agua para consumo humano, de las 40 comunidades visitadas durante la entrada a campo, 25 de estas reportaron utilizar dos o más fuentes de agua para abastecer sus necesidades de agua potable. Del total de comunidades, el 57,5% reportó utilizar manantiales y vertientes como fuentes principales

de agua, el 22% agua superficial de ríos principales y secundarios, el 7,5% agua subterránea y otro 5% afirmó utilizar sistemas de captación de lluvia para abastecer sus necesidades de agua, las comunidades restantes (8%) dijeron obtener agua por medio coches cisternas u otras fuentes.

La distribución de agua para consumo humano se realiza por medio de poli tubos y tuberías directas hacia los hogares. En muchas ocasiones

la distribución por conexiones directas desde las fuentes de agua a los hogares no es constante y sin potabilización. Según los datos, se ha reconocido que las conexiones de los hogares que tienen un acceso continuo son las que se encuentran conectadas a manantiales o vertientes. En particular, la mayoría de las conexiones directas desde las fuentes de suministro a las casas más cercanas se entregan a través de una pila que debe ser compartida, en algunos casos, por hasta tres familias.

Para el caso de las comunidades más alejadas, no existen pilas públicas ni acceso a la distribución de agua potable y se realiza recolección de agua directamente de la fuente. Son 11 las comunidades, bajo estas condiciones, que recolectan agua directamente de pozos y 4 de los ríos. En la mayoría de los casos el tiempo de recolección no es mayor a los 30 minutos, considerando el trayecto de ida y de regreso al hogar. Del total de las comunidades encuestadas, 47,5% reportaron que sus hogares contaban con un tanque de almacenamiento dentro de la parcela o terreno, mientras que el 77,5% reportó tener uno o más tanques de almacenamiento para uso de toda la comunidad.

Aunque en términos de cantidad varias de las comunidades cuentan con suficiente agua superficial para abastecimiento, se desconoce la calidad del recurso y, por ende, no se puede garantizar que esta agua sea apta para consumo humano. Adicionalmente, dada la alta actividad minera en la zona, se recomienda hacer estudios de monitoreo de calidad de agua, principalmente en las comunidades que cuentan con ríos principales y secundarios como fuentes principales de agua para consumo humano.

3.9.2 Saneamiento

Los datos de las encuestas realizadas en campo

muestran que 26 comunidades no cuentan con cobertura de sistemas de saneamiento y, por lo tanto, las prácticas de defecación al aire libre suelen ser muy comunes. En las siete comunidades en las que se cuenta con cobertura total o prácticamente total, se utilizan letrinas o inodoros con conexión a un pozo ciego o fosa cerrada. Asimismo, las comunidades que reportaron tener este tipo de instalaciones de saneamiento no cuentan con un manejo integral de los lodos fecales, por lo que, cuando se alcanza el máximo almacenamiento de las letrinas no se realiza el correspondiente vaciado de estas. En cuanto a las descargas de aguas grises, las comunidades suelen descargarlas hacia los patios o jardines o, en algunas ocasiones, a los ríos cercanos sin ningún tipo de tratamiento previo.

3.9.2 Higiene

La mayoría de las comunidades reportaron tener instalaciones para el lavado de manos dentro de los hogares o algún recipiente (balde o cubeta) dentro del terreno o el hogar para realizar esta actividad. La mayoría de los habitantes de las comunidades reportó tener acceso a agua y jabón, aunque su disponibilidad no se puede garantizar todo el tiempo.

3.10 Caracterización demográfica y sociocultural

La población que habita en la cuenca del río Pampa Huari mayoritariamente se autoidentifica como parte de la nación indígena "quechua". En lo que respecta a recursos hídricos, la cuenca cuenta con lagunas de reservorio de agua para consumo humano para la parte urbana y vertientes (ojos de agua) y pozos en la parte rural (municipios de Potosí, Yocalla y Tinguipaya), los cuales corresponden a la principal fuente de abastecimiento de agua de las comunidades

para su consumo. En algunos sectores de la cuenca, el recurso hídrico es limitado, dificultando la realización de las actividades domésticas, agrícolas, de higiene y riego.

En el Municipio de Potosí, hay una mayor tasa de urbanización, como se representa en la **Figura 21**. En ese contexto de mayor urbanización, también se señala la tendencia de migración de las zonas rurales hacia las zonas urbanas. La mayor migración de áreas rurales se produce en la población comprendida entre los 15 y 29 años, en la cual también se observa la participación mayoritaria de los hombres respecto a mujeres¹. Por otro lado, se observó que las cosechas ocurren una vez en el año (predominantemente), lo que ocasiona una migración estacional por parte de los hombres, que salen a otras ciudades en búsqueda de oportunidades de empleo en

minería, construcción, transporte, entre otros oficios, dejando a la cabeza de los hogares a las mujeres. En algunas de las comunidades, también se observa la ausencia de jóvenes.

En términos de educación, del total de mujeres migrantes en Bolivia, el 17% cuenta con estudios en educación superior, el 59% acabó la formación en nivel secundario y el 23% solo cursó el nivel primario. La Paz, Cochabamba y Santa Cruz son los departamentos con una mayor población de mujeres migrantes del país, situación que viene ocurriendo recientemente. Adicionalmente, se experimenta una ausencia de población económicamente activa de jóvenes que migran en busca de oportunidades por la falta de ingresos, ocasionando que en las comunidades haya una alta población de adultos mayores.

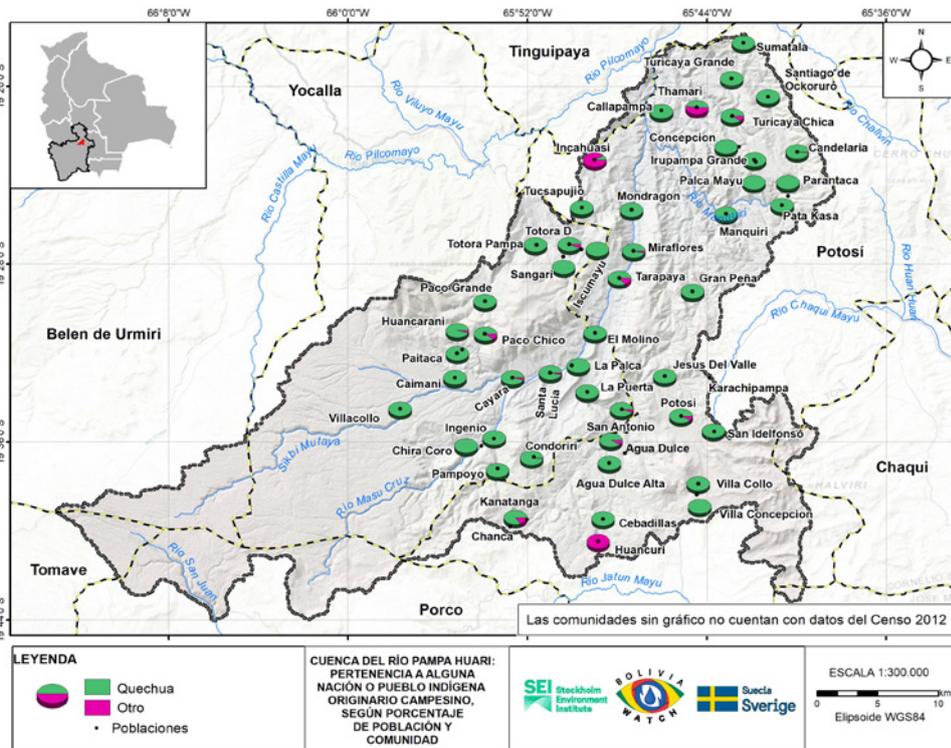


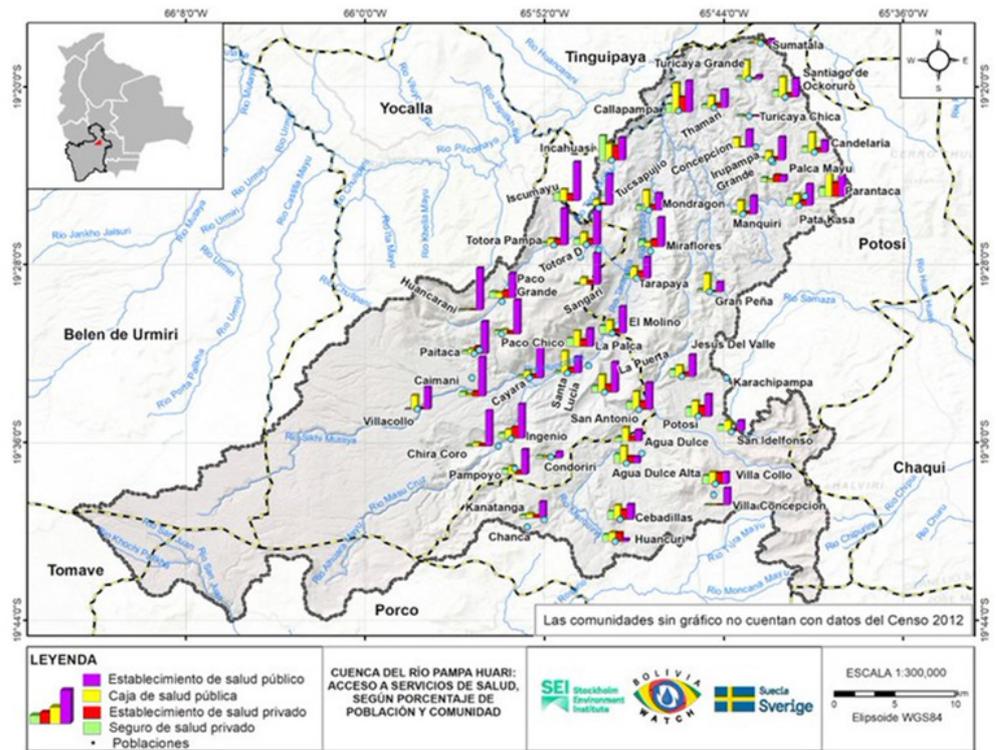
FIGURA 21. PERTENENCIA A ALGUNA NACIÓN O PUEBLO INDÍGENA ORIGINARIO CAMPESINO, SEGÚN PORCENTAJE DE POBLACIÓN Y COMUNIDAD EN LA CUENCA PAMPA-HUARI. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN LOS DATOS DEL CENSO 2012

En términos sociales, en el departamento de Potosí, el mayor porcentaje de pobreza según el PTDI 2016-2020 se halla en cinco municipios, de los cuales Tinguipaya y Belen de Urmiri pertenecen a la cuenca Pampa Huari. La actividad minera sigue siendo la actividad económica que genera mayor ingreso. En comunidades mineras existe una mayor participación de hombres en el trabajo que mujeres; sin embargo, las mujeres participan en la selección de minerales en la molienda que tiene lugar en las bocaminas.

En términos de salud pública, según la literatura, sólo 16 de cada 100 mujeres son atendidas en los servicios de salud, mientras que más del 60% son atendidas en sus propios domicilios. La población presenta una predilección sobre la medicina tradicional, que representa el 63,51%. La **Figura 22** muestra el acceso a servicios de salud por comunidad. En el municipio de Tinguipaya, las condiciones de la vivienda son precarias puesto que están construidas con techos de paja, piso de tierra y el 89% de las viviendas no cuentan con baños sanitarios o letrinas.

¹ PTDI Yocalla

FIGURA 22. ACCESO A SERVICIOS DE SALUD, SEGÚN PORCENTAJE DE POBLACIÓN Y COMUNIDAD. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN LOS DATOS DEL CENSO 2012



Con relación al nivel educacional, el analfabetismo en la cuenca presenta grandes brechas entre las zonas urbanas y rurales. En el municipio de Yocalla (para el año de 2012), por ejemplo, 3,8 % de los hombres no sabían leer ni escribir. Las cifras son mayores con relación a las mujeres,

presentando una alta tasa de analfabetismo (21,0 %) para mayores de 15 años. La **Figura 23** muestra el nivel de escolaridad de la población residente de 6 a 19 años que asiste a la escuela pública en la cuenca.

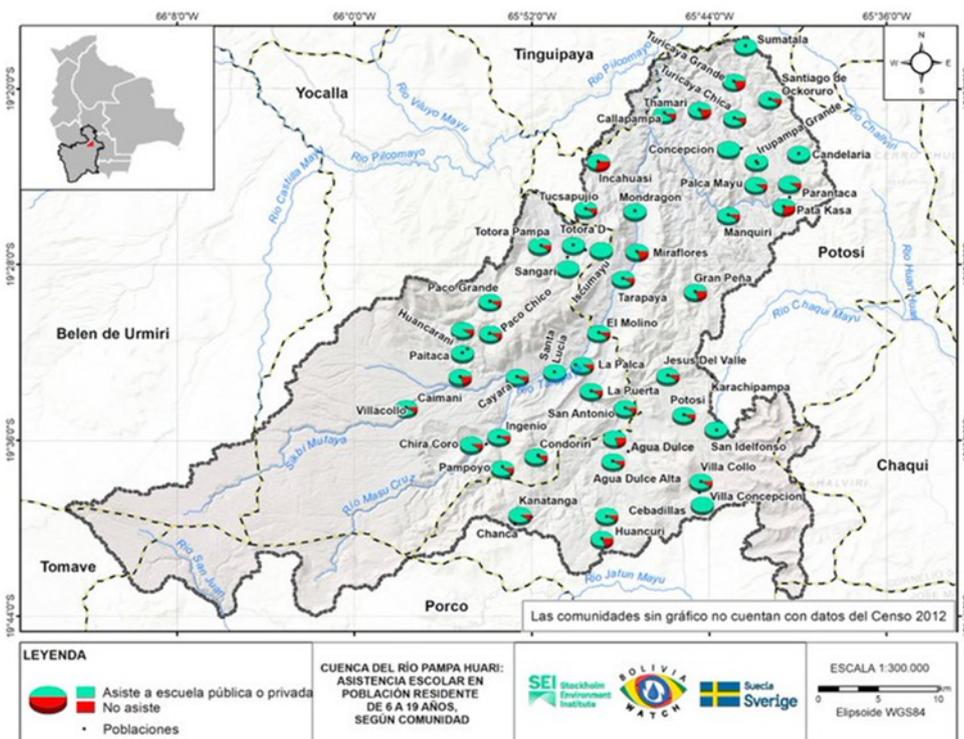


FIGURA 23. ASISTENCIA ESCOLAR EN POBLACIÓN RESIDENTE DE 6 A 19 AÑOS, SEGÚN COMUNIDAD EN LA CUENCA PAMPA-HUARI. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN LOS DATOS DEL CENSO 2012

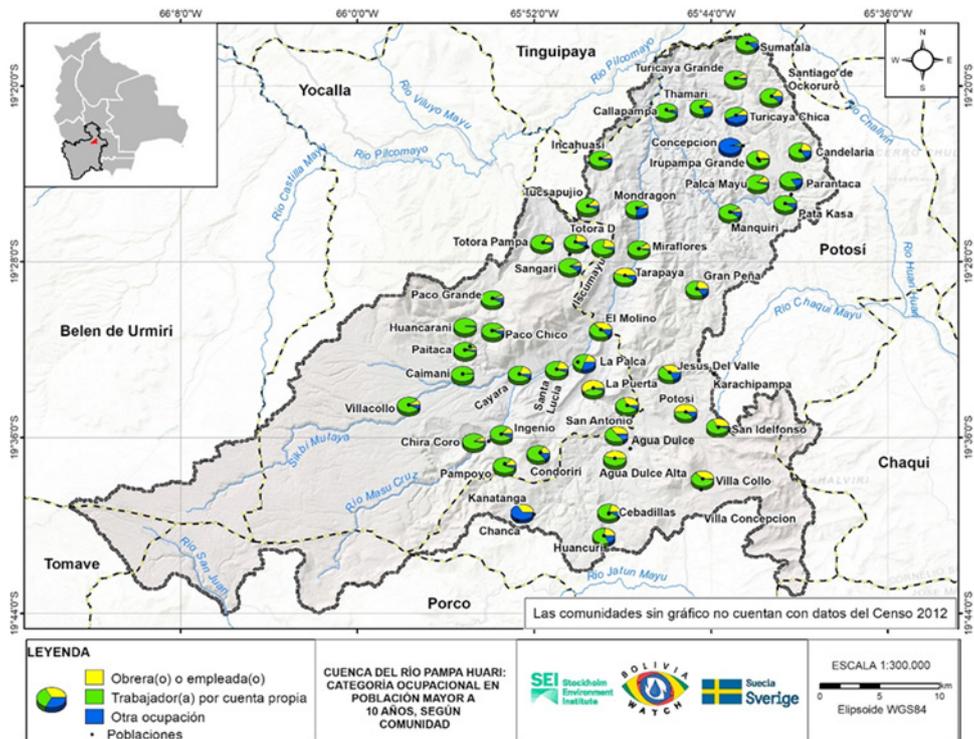
En lo que respecta a la economía, las actividades que desarrolla la población en la cuenca en las zonas urbanas son agropecuaria, minería, construcción civil, comercio, transporte y servicios

en general; la **Figura 24** detalla la distribución de las actividades económicas por comunidad. El pago por jornal en el trabajo minero es entre un 30% y 80% mayor que el pago por una jornada agrícola,

lo que ocasiona que los hombres y jóvenes realicen una migración desde las comunidades hacia lugares donde haya actividad minera. En comunidades con diversificación económica, por ejemplo, en ganadería o transformación de materia prima en productos derivados, se

evidencia menor migración. Por otro lado, existen iniciativas como las organizaciones de mujeres para implementar derivados de cultivos como el haba, preparación de harinas y galletas, tostado, entre otras actividades, que han contribuido en la preparación del desayuno escolar.

FIGURA 24. CATEGORÍA OCUPACIONAL EN POBLACIÓN MAYOR A 10 AÑOS, SEGÚN COMUNIDAD EN LA CUENCA PAMPA-HUARI. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA SEGÚN LOS DATOS DEL CENSO 2012



La actividad agrícola es realizada de forma familiar, y todavía persiste el trabajo tradicional y no mecanizado, con el uso de animales. En algunos sectores de la cuenca se ha reducido la actividad agrícola debido a la erosión y salinización de los suelos, y a que las fuentes no tienen la cantidad o calidad suficiente de agua para el riego. La mayor parte de las cosechas es dedicada al sustento (autoconsumo), considerando que las propiedades de terreno no son grandes y son parcelas dispersas de las que son propietarias las familias.

Se ha evidenciado presencia de obras hidráulicas con daños o sin uso y, en muchos casos, estanques de almacenamiento de agua para riego eutrofizados. La infraestructura con respecto a agua potable en muchas de las comunidades ya ha cumplido su vida útil o requiere un redimensionamiento que se adecúe a las necesidades de la población actual.

En lo que respecta a la vulnerabilidad por el acceso a agua de calidad, se tienen sectores con agua no potable, es decir, conectados directo desde las tomas que llegan a los domicilios

sin ningún tipo de tratamiento. Existen, por otro lado, fuentes de agua con presencia de metales pesados que afectan a la salud, modificando el estándar de esperanza de vida de las comunidades. En los sectores agrícolas, el uso del agua para riego presenta riesgo de contaminación, comprometiendo también la seguridad alimentaria. La **Figura 25** muestra la procedencia del agua para las viviendas por comunidad.

Se registran experiencias puntuales familiares de cosecha de agua de lluvia y separación de residuos orgánicos para aprovechamiento como compost. Según el PTDI de Potosí 2016-2020², debido a la insuficiencia de redes de agua los comunarios rurales acuden a otras fuentes de agua (realizando recolección), tales como los ojos o vertientes, pozos y afluentes como los ríos, que sirven como medidas paliativas a la falta de agua, representando riesgos en la salud por las condiciones naturales del sector y por la contaminación generada por la actividad minera o por el descargue de colas de las mismas empresas del sector, así como la disposición de los residuos sólidos en estas vertientes.

² PTDI Yocalla

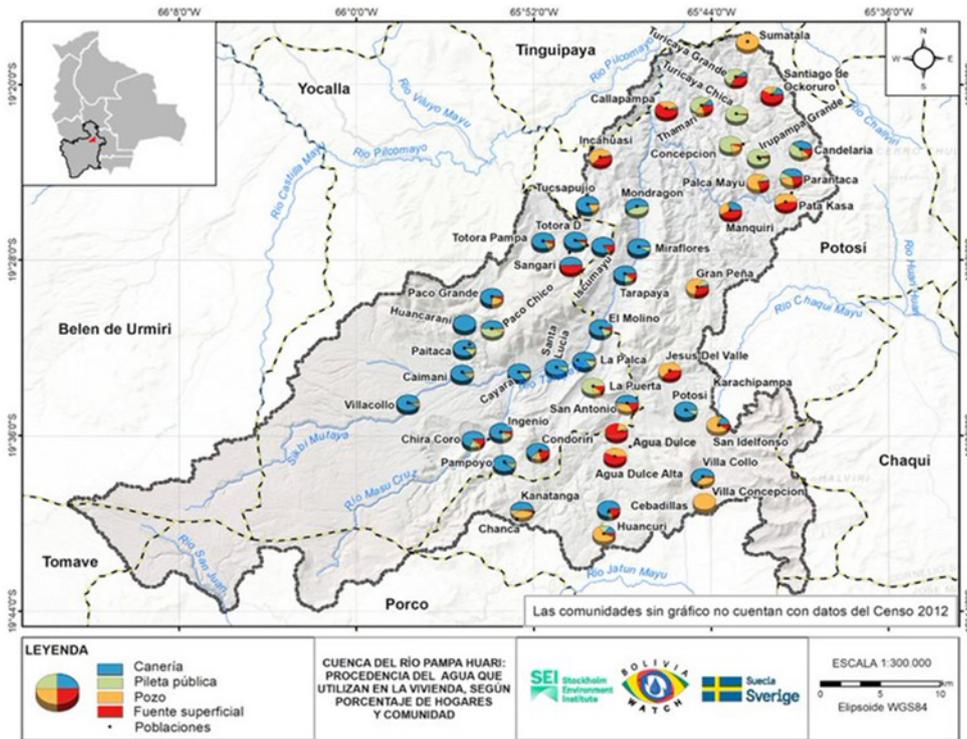


FIGURA 25. PROCEDENCIA DEL AGUA QUE UTILIZAN EN LA VIVIENDA, SEGÚN PORCENTAJE DE HOGARES Y COMUNIDAD. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA SEGÚN LOS DATOS DEL CENSO 2012

Con relación a la participación de las mujeres, el informe de ONU Mujeres (2017) da cuenta que, a nivel de liderazgo y participación política, Bolivia tiene avances que la destacan en el contexto internacional. Es el segundo país en el mundo, después de Ruanda, y el primero en la región, en haber alcanzado la paridad a nivel legislativo, tanto nacional como local. Para la legislatura 2015-2020, la representación de mujeres en la Asamblea Legislativa Plurinacional, propiamente en la Cámara de Diputados alcanzó el 49%; a su vez, la representación de las mujeres en la Cámara de Senadores fue del 44% para la misma legislatura. A nivel nacional, el 8% de las alcaldías fueron lideradas por mujeres en los 339 municipios del país y el 45% de las Asambleístas Departamentales titulares en las nueve Gobernaciones del país, fueron mujeres (ONU Mujeres, 2017). Afirma esta instancia de las Naciones Unidas (2017) que "...a pesar de estos progresos, aún persisten barreras para el pleno cumplimiento de los derechos políticos

de las mujeres. Las condiciones de desigualdad, la violencia política y la distribución desigual de las responsabilidades de cuidado en el hogar, generan que las mujeres participen de formas menos sostenidas y sistemáticas en la política y en el liderazgo".

En la temática de recursos hídricos, las mujeres juegan un rol fundamental en la provisión del agua (por ejemplo, actividades domésticas de cuidado), así como de la gestión y protección del agua de fuentes de agua para consumo humano o riego. Es destacable que se consideren desde el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) el valor de las intervenciones que tomen en cuenta "...este potencial y las necesidades y propuestas diferenciadas entre hombres, mujeres, jóvenes, adultos y adultos mayores", especialmente ante la evidente discriminación que sufren estos grupos. El fortalecimiento del liderazgo de mujeres es una tarea pendiente y de vital importancia para una gestión de cuencas inclusiva y participativa.

FORMULACIÓN DEL PDC PAMPA HUARI Y CONFORMACIÓN DE LA PLATAFORMA INTERINSTITUCIONAL

4

La formulación del PDC Pampa Huari se basa en el marco de Apoyo a las Decisiones Robustas (ADR) e incorpora las diferentes etapas del Marco Orientador para la Formulación de Planes Directores de Cuenca desarrollado por el VRHR en el año 2014. El marco ADR permite identificar, de manera participativa, estrategias que satisfagan 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. Para tal efecto, 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. A partir de la experiencia de la formulación del PDC Rocha en el año 2019, el enfoque del programa Bolivia WATCH incorpora las etapas del Marco Orientador para la Formulación de Planes Directores de Cuenca. Según este marco, el proceso de formulación de este instrumento de planificación debe seguir las siguientes etapas: (i) Diagnóstico integral, (ii) Priorización de problemas, (iii) Construcción y validación de líneas estratégicas, y (iv) Acuerdo y aprobación.

Al comparar los lineamientos generales del PNC 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 considere 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 26**). 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 problemas que permita la construcción de una base de datos para la formulación 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, soportan 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.

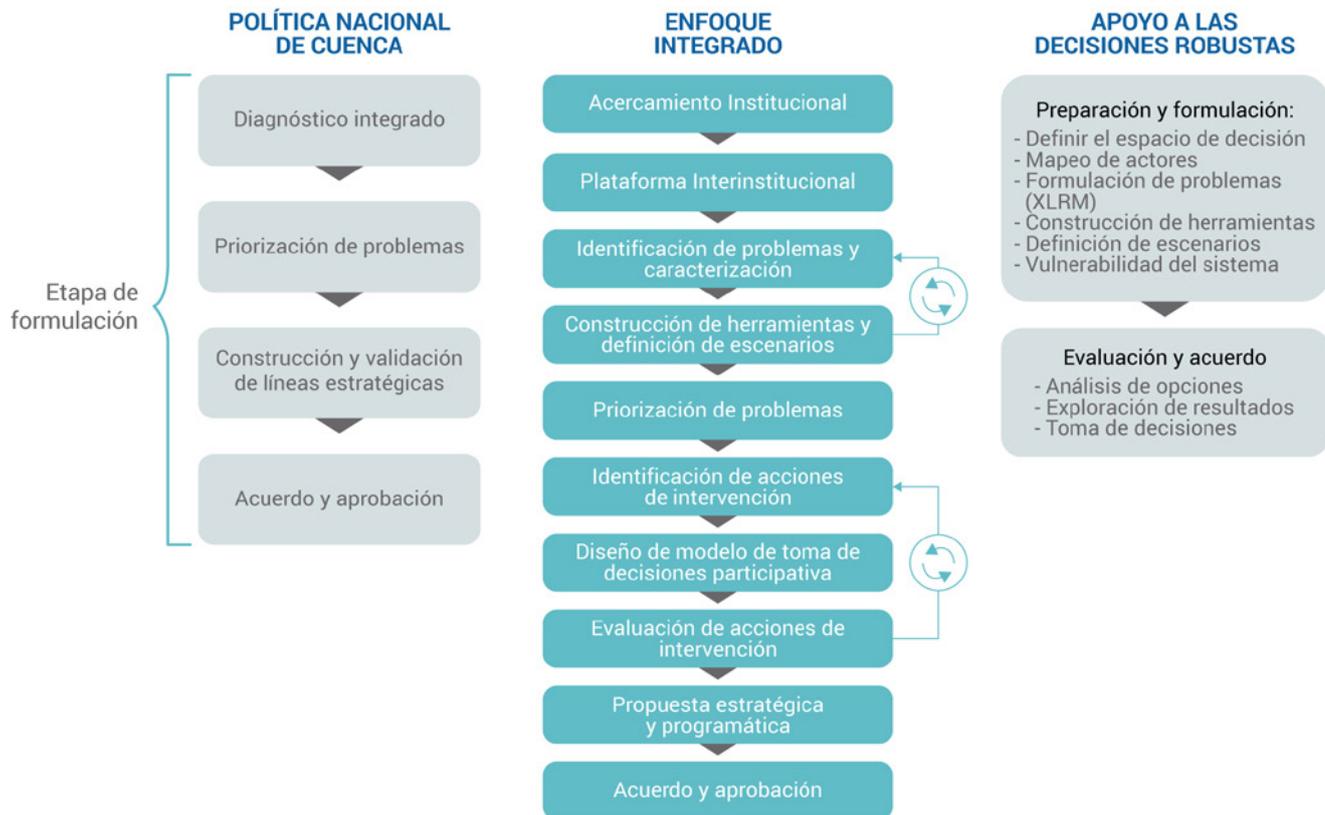


FIGURA 26. PROCESO DE FORMULACIÓN DEL PLAN DIRECTOR DE LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI (LIMA ET AL. 2021)

Durante el proceso de formulación del PDC Pampa Huari y conformación de la plataforma interinstitucional se desarrollaron cinco (5) talleres que tuvieron como objetivo principal contar con una retroalimentación de los principales interesados en la cuenca o de aquellos actores que componen las diferentes instancias de la plataforma interinstitucional, como se explica a continuación. Lo anterior como garantía de que los interesados en la cuenca encontraran reflejados sus intereses en los lineamientos estratégicos del PDC-PH:

1. Taller de "Especificación del problema de toma de decisiones" donde se convoca un grupo de representantes que podrían tener concurrencia en cada una de las problemáticas/ acciones que afronta la cuenca del Río Pampa Huari. En el grupo focal suelen tener espacios grupos intersectoriales, académicos, gobiernos (locales, regionales y nacionales), organizaciones no gubernamentales y sociedad civil. El ejercicio participativo tiene como objetivo emplear un marco de decisiones robustas para validar y complementar posibles acciones y estrategias, identificar indicadores que son medidas de desempeño para caracterizar un futuro exitoso,

instituciones que potencialmente liderarían estas acciones, e incertidumbres en el manejo integral del agua para cada uno de los ejes estratégicos propuestos.

2. Taller de "Análisis de vulnerabilidad" donde se identifican los puntos más vulnerables de un sistema de agua, se cuantifica dicha vulnerabilidad, y se empiezan a discutir las posibles acciones para reducir dicha vulnerabilidad. El sistema es vulnerable cuando no cuenta con la capacidad para cumplir con objetivos de agua para diferentes componentes de la gestión del agua. Para el análisis de la vulnerabilidad del sistema actual se destacan las medidas de desempeño utilizadas para evaluar el cumplimiento del sistema bajo los diferentes escenarios de incertidumbres. Se muestra y explica la interfaz gráfica de usuario desarrollada en el software de Tableau para comunicar los resultados del análisis de vulnerabilidad. A partir de los resultados presentados en la herramienta de visualización se evalúan, de forma participativa con las partes interesadas, las posibles acciones que permitan reducir la vulnerabilidad para lograr objetivos de cada dimensión de los ejes temáticos.

3. Taller de “Acciones de intervención” donde se busca promover un espacio participativo para evaluar el desempeño de acciones de intervención locales o individuales con impacto en la cuenca. Este taller es soportado por el Modelo de Toma de Decisiones Participativa (MTDP) que se constituye en una herramienta de apoyo institucional durante la formulación de los PDC, la cual facilita el diálogo y la participación de las partes interesadas, principalmente en la evaluación de acciones de intervención, así como en la construcción de 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.

4. Taller de “Definición y validación del Marco Estratégico del Plan Director de la Cuenca Pampa Huari” donde se comparte una propuesta de la Visión, Misión y Lineamientos Estratégicos del PDC con el Consejo Técnico de la Plataforma con el fin de ajustar detalles relacionados con los alcances del PDC y las diferentes acciones de las Línea Estratégicas.

5. Taller de “Presentación del Plan Director de la Cuenca Pampa Huari (PDC-PH)” donde se muestra un breve resumen de las fases ejecutadas desde el involucramiento de los actores, redefinición de las problemáticas y las características de la cuenca hoy en día, descripción de la cuenca que todos y todas sueñan, las acciones a tener en cuenta para lograr esa cuenca soñada, y finalmente un espacio amplio de intercambio entre los miembros del Consejo Técnico de la plataforma para discutir algunas acciones e identificar aquellas que pueden ser priorizadas, considerando aspectos tales como tiempo de ejecución, capacidad institucional y algunas potenciales fuentes de financiamiento.

Los cinco (5) talleres cuentan con una guía facilitadora que contiene preguntas orientadoras, objetivos de aprendizaje, lecturas temáticas claves del taller y detalles metodológicos para conducir cada uno de los talleres.

De acuerdo con lo anterior, por un lado, se desarrolló la conformación de la plataforma interinstitucional conjugando una serie de instituciones con intereses en la cuenca Pampa Huari; y por el otro, se aplicó el marco XRLM para formular el PDC de la cuenca Pampa Huari. A continuación, se detallan:

4.1 Conformación de la plataforma interinstitucional

La conformación de la Plataforma Interinstitucional tiene por objetivo fortalecer la gobernanza del agua en la cuenca Pampa Huari; y con ello, tener un organismo a largo plazo compuesto de actores con diferentes intereses que puedan garantizar la implementación de las acciones formuladas en las líneas estratégicas del PDC-PH. Su constitución siguió varias fases que se detallan en la sección de anexos de la formulación del PDC Pampa Huari y conformación de la plataforma interinstitucional en **Anexo A1. Conformación de la plataforma interinstitucional**. A continuación, se resaltan los aspectos más relevantes relacionados con el proceso de conformación y funcionamiento de ésta.

La conformación de la plataforma interinstitucional inició en el año 2021 empleando las directrices disponibles para el proceso de elaboración de planes directores de cuenca dispuestos por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA). En términos generales éste resultó ser un proceso consultivo sobre el estatuto con un consecuente proceso de retroalimentación. Pasado ese proceso se convocó a todas las partes interesadas para su correspondiente aprobación (**Tabla 16**).

Fecha de conformación	Instrumento de validación	Observaciones
23 de abril de 2021	Estatuto, reglamento y acta de la Plataforma	Los actores cuentan con predisposición para acciones mancomunadas en el marco del PDC

Fuente: WATCH 02 (2021)

TABLA 16. RESUMEN DE LA CONFORMACIÓN DE PLATAFORMAS INTERINSTITUCIONAL DE LA CUENCA PAMPA HUARI

El grado de acercamiento e involucramiento de los actores locales ha sido variado, dependiente de condiciones como su ubicación en la cuenca con relación a la ciudad de Potosí, conexión de internet, y su condición rural y con menor disponibilidad de recursos económicos, donde los actores que han participado mayoritariamente han participado pertenecen o son aledaños a las áreas urbanas más relevantes de la cuenca. Entender esto

resulta importante para futuros acercamientos con los miembros que conforman los diferentes estamentos de la plataforma e influir en el grado de empoderamiento a procesos de gestión interinstitucional³. En la **Tabla 17** se muestra los actores que componen los diferentes estamentos de la plataforma interinstitucional en Potosí.

Institución	Nivel	Plataforma Institucional en la actualidad		
		Directorio	Consejo Técnico (Cuentan con acreditación)	Miembro
Gobierno Autónomo Municipal de Chaquí	Municipal	Si	Si	Si
Gobierno Autónomo Municipal de Tinguipaya	Municipal	Si	Si	Si
Gobierno Autónomo Municipal de Belén de Urmiri	Municipal	Si	Si	Si
Gobierno Autónomo Municipal de Porco	Municipal	Si	Si	Si
Gobierno Autónomo Municipal de Potosí	Municipal	Si	Si	Si
Gobierno Autónomo Municipal de Yocalla	Municipal	Si	Si	Si
Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR- MMAyA)	Nacional	Si		Si
Gobierno Autónomo Departamental Potosí	Departamental	Si	Si	Si
Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra (APMT)	Nacional		Si	Si
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)	Nacional		Si	Si
Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra (APMT)	Nacional		Si	Si
Administración Autónoma para Obras Sanitarias – Potosí (AAPOS)	Municipal			Si
Universidad Autónoma Tomas Frías	Departamental			Si
Sociedad Potosina de Ecología (SOPE)	Departamental			Si

TABLA 17. ACTORES QUE COMPONEN LA PLATAFORMA INTERINSTITUCIONAL DE LA CUENCA PAMPA HUARI

En la **Tabla 17** se puede observar que tanto el Directorio como el Consejo Técnico están conformados instituciones a diferentes escalas (nivel municipal, departamental, y nacional). Por otro lado, el Consejo Técnico, es la instancia de la plataforma que ha desarrollado mayores sesiones; y, por tanto, que ha realizado mayor cantidad de actividades. El Foro o Consejo Social no ha sido conformado hasta la fecha, y una vez se tenga

mayor apropiación de las instancias iniciales se espera que ésta sea conformada. En términos generales en esta harían parte las asociaciones de productores agropecuarios, asociaciones de productores camélidos, asociación de regantes, asociaciones de empresas o servicios de agua potable, asociaciones de ingenios mineros y por los cooperativistas mineros. Finalmente, la Instancia Técnica de Gestión de Cuenca, que se contempla

³ Nacho Mamani Lourdes Graciela (2015). Factores exógenos y endógenos que inciden en la participación comunitaria. Facultad de ciencias sociales, Universidad Mayor de San Andrés (UMSA)

está conformada por los jefes o directores de las instancias técnicas de las GAMs, GAD Potosí y un representante del Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego. El enfoque de la nueva política nacional en temática de recursos hídricos y cuencas es, que, las Gobernaciones Autónomas Departamentales tomen un rol preponderante en el desarrollo de los PDC.

Por otro lado, la puesta en operación de la

plataforma interinstitucional de la cuenca Pampa Huari siguió los formatos y lineamientos establecidos por el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (Figura 27). Para ello se cuenta con: 1) Estatuto orgánico de la Plataforma Interinstitucional⁴, 2) Reglamento⁵ y conformación del Consejo Técnico, y 3) Estrategia de financiamiento, Manual de procesos y Reglamentación para el funcionamiento de una Instancia de Gestión Operativa⁶ para el PDC.



FIGURA 27. CONFORMACIÓN DE LA PLATAFORMA INTERINSTITUCIONAL DE LA CUENCA PAMPA HUARI

4.2 Aplicación del marco del apoyo a las decisiones robustas (ADR) para la formulación de un pdc

Por su parte, la aplicación del marco ADR para planificación del agua en la cuenca Pampa Huari permitió generar espacios de discusión, trabajo colectivo e iteración de ideas donde tanto el equipo de SEI, como consultores externos y aquellos con intereses en la cuenca (sus autoridades y técnicos de los gobiernos departamental, municipal y nacional-MMAyA) tuvieron la oportunidad de abordar no solo los principales problemas que enfrenta la cuenca sino potenciales estrategias para fortalecer la gestión de los recursos hídricos. A continuación, se da un breve resumen de la aplicación del marco ADR, pero mayores detalles se pueden encontrar en la sección de anexos de la formulación del PDC Pampa Huari y conformación de la plataforma interinstitucional

en Anexo A2. Aplicación del marco de Apoyo a las Decisiones Robustas.

El ADR contempla dos fases (Figura 28): (i) Preparación y formulación, y (ii) Evaluación y acuerdo. La primera fase consta de seis pasos e inicia con la aplicación de la matriz XLRM desarrollada por el Centro RAND⁷ 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

⁴ Aprobadas en la cuenca

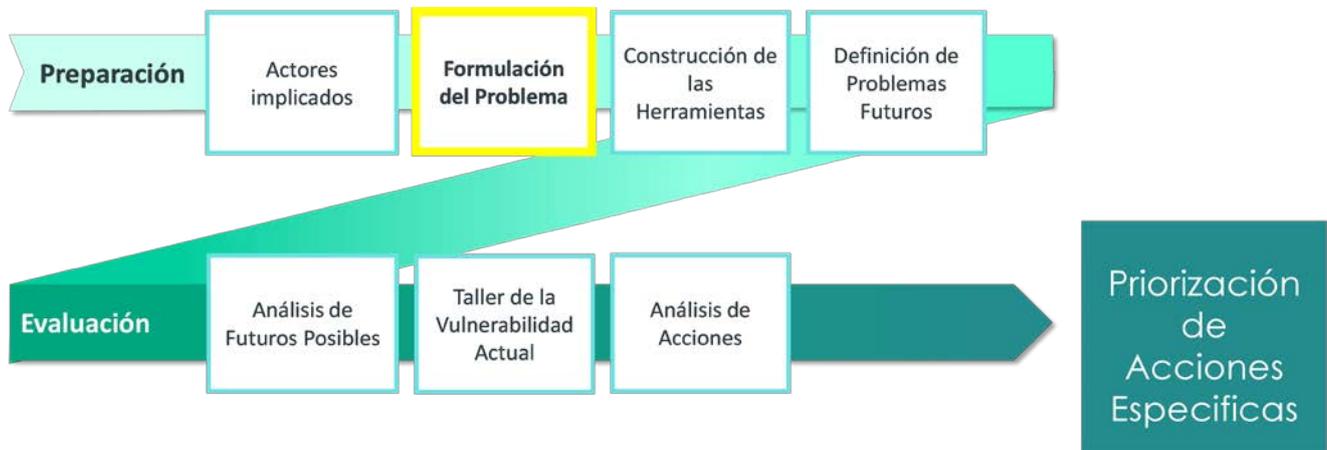
⁵ El reglamento es un documento interno generado y validado por los actores a pedido del Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR)

⁶ La documentación generada para la Instancia de Gestión Operativa tampoco fue validada y socializada a pedido del Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR).

⁷ Lempert, R. J., Popper, S. W., and Bankes, S. C. (2003). Shaping the Next One Hundred Years: New methods for quantitative, long-term policy analysis, RAND, Santa Monica, CA.

y la posibilidad de aprovechamiento para otros usuarios. En la etapa de preparación los actores que conforman la plataforma interinstitucional fueron convocados en varias ocasiones para que, a partir de sus experiencias, vivencias y percepciones, pudieran de forma consensuada

identificar las incertidumbres o factores que influyen en la gestión y uso del agua, pero que escapan de las manos de los gestores del agua (X) y sus métricas o indicadores (M) para evaluar su desempeño.



Fuente: SEI, Forni, 2019

FIGURA 28. ETAPAS DEL APOYO A LAS DECISIONES ROBUSTAS EN EL MARCO DE XLRM

La segunda fase (**Figura 28**) de evaluación es un proceso participativo de tres pasos donde se desarrollaron diferentes opciones de gestión que ayudan a identificar acciones robustas que podrían satisfacer objetivos diversos bajo una amplia gama de incertidumbres. Para tal efecto se agruparon las problemáticas en ejes temáticos, se desarrollaron diferentes escenarios de futuros posibles, se evaluó la vulnerabilidad de acuerdo con varios indicadores relacionados con los ejes temáticos y finalmente se analizaron acciones.

Durante 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 fue el diseño de un Modelo de Toma de Decisiones

Participativa (MTDP), como una herramienta que facilitó la evaluación de acciones de intervención y la construcción de acuerdos entre diferentes actores. Finalmente, las acciones acordadas se agruparon 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 implementación de las acciones de intervención.

En la **Figura 29** se muestra el flujo de trabajo que se siguió para revisar la información existente, validar las problemáticas, generar información y herramientas necesarias para evaluar indicadores relacionados con la vulnerabilidad de la cuenca y finalmente generar el marco y lineamientos estratégicos para la correspondiente socialización del PDC Pampa Huari.



FIGURA 29. FLUJO DE TRABAJO SEGUIDO PARA FORMULAR EL PDC PAMPA HUARI

Finalmente, en la **Tabla 18** se resumen los principales componentes del marco XLRM, tales como incertidumbres como cambio climático y crecimiento de la población de Potosí. También las herramientas y modelos desarrollados para la formulación del plan, los cuales son: WEAP, WASH-FLOWS, REVAMP, WaTT, Knn-bootstrap, y modelo de toma de decisiones participativa

(MTDP). También se presentan los principales indicadores empleados para evaluar el estado de vulnerabilidad y el éxito de algunas estrategias y las estrategias formuladas para abordar las diferentes problemáticas con los actores que conforman la plataforma interinstitucional.

Incertidumbres (x)	Estrategias (L)
X1. Cambio climático para el horizonte 2022-2050 X2. Crecimiento poblacional de la ciudad de Potosí	L.1. Protección, conservación y restauración de los ecosistemas estratégicos para recuperar sus funciones ambientales L.2. Agua sostenible en calidad y cantidad para consumo humano y saneamiento básico L.3. Gestión del agua para la producción agropecuaria bajo riego L.4. Gestión de las actividades mineras para minimizar sus impactos en los recursos hídricos L.5. Gestión de acuerdos interinstitucionales para la gestión técnica y financiera y desarrollo de capacidades
Herramientas analíticas (R)	Indicadores de desempeño (M)
R1. Modelo WEAP R2. WASH-FLOWS R3. REVAMP R4. Knn-Bootstrapping R5. WaTT R6. Modelo de Toma de Decisiones Participativa (MTDP)	M1. Programa Conjunto de Monitoreo (JMP, por sus siglas en inglés) al nivel de servicios de agua y saneamiento M2. Área optima bajo riego M3. Demanda de agua para riego M4. Índice de uso potencial de la Minería M5. Cobertura de agua M6. Áreas con funciones ambientales M7. Caudal en diferentes tramos de los ríos M8. Cantidad de recursos recuperados M9. Nutrientes en el efluente

TABLA 18. COMPONENTES DEL MARCO XLRM PARA LA FORMULACIÓN DEL PDC-PH

4.2.1 Incertidumbres (X)

La identificación de las incertidumbres en el manejo integral del agua consiste en identificar, inicialmente, y luego poder evaluar la influencia de incertidumbres externas en el sistema de agua que representa la cuenca. La incertidumbre externa (X) es o son todos los factores inciertos que se salen del control de los gestores del recurso hídrico y de los usuarios del agua. Es la base para formular escenarios, pero cuyo efecto sobre el éxito de las estrategias aplicadas es desconocido. Durante la formulación del PDC se identificaron cinco tipos de incertidumbres (**Tabla 19**) que podrían tener implicaciones en el éxito de las estrategias y que presentan diferentes niveles. Las incertidumbres con mayor influencia sobre el sistema de agua resultaron ser el cambio climático y el crecimiento poblacional de la ciudad de Potosí.

Nº	Incertidumbre	Escenarios	Característica	Niveles	Afecta
I01	Cambio climático	Histórico/ Referencia	Proyección de clima observado entre 1980-2015 con Precipitación media anual de 485 mm y Temperatura promedio anual de 8.4 °C	0	Precipitación y Temperatura
		CMCC-CESM - húmedo	Precipitación media anual de 512 mm y Temperatura promedio anual de 11.8 °C	1	Precipitación y Temperatura
		CMCC-CM- seco	Precipitación media anual de 438 mm y Temperatura promedio anual de 12.4 °C	2	Precipitación y Temperatura
		IPSL-CM5a-LR - seco	Precipitación media anual de 450 mm y Temperatura promedio anual de 12.3 °C	3	Precipitación y Temperatura
I02	Tasa Población	Tasa BAJA	Proyecciones de la población de la ciudad de Potosí con tasa media anual de crecimiento de 1.6 durante 2020-2051	0	Demanda del agua en la ciudad de Potosí
		Tasa MEDIA	Proyecciones de la población de la ciudad de Potosí con tasa media anual de crecimiento de 2 durante 2020-2051	1	Demanda del agua en la ciudad de Potosí
		Tasa ALTA	Proyecciones de la población de la ciudad de Potosí con tasa media anual de crecimiento de 2.4 durante 2020-2051	2	Demanda del agua en la ciudad de Potosí
I03	Población	Población 2026	Población proyectada para el 2026 en la cuenca	0	Demanda del agua por comunidad
		Población 2051	Población proyectada para el 2051 en la cuenca	1	Demanda del agua por comunidad
		Población 2036	Población proyectada para el 2036 en la cuenca	2	Demanda del agua por comunidad
		Población 2020	Población proyectada para el 2020 en la cuenca	3	Demanda del agua por comunidad
I04	Cultivos	Actual	Prácticas agrícolas actuales dominadas por granos y tubérculos (~71%), seguido de Hortalizas (~25%), Forrajes (~2%), Otros cultivos (~1%) y Frutales (>1%)	0	Irrigación
		Incremento Frutales	Incremento de Frutales en un 25% en aquellas comunidades donde es inferior esta categoría	1	Irrigación
		Incremento Hortalizas	Incremento de Hortalizas en un 25% en aquellas comunidades donde es inferior esta categoría	2	Irrigación
I05	Minería	Sin concesiones mineras	Sin concesiones mineras	0	Área de minería en unidad hidrográfica
		Concesiones mineras 2015	Áreas de concesiones mineras (Pertenenencia y Cuadrícula) durante el 2015	1	Área de minería en unidad hidrográfica
		Concesiones mineras 2022	Áreas de concesiones mineras (Pertenenencia y Cuadrícula) determinadas en el 2022	2	Área de minería en unidad hidrográfica

TABLA 19. FORMULACIÓN DE INCERTIDUMBRES FUTURAS (X)

4.2.2 Indicadores de desempeño para evaluar problemáticas y vulnerabilidades (M) Los **indicadores (M)** o estándares de cumplimiento son métricas que permiten evaluar la vulnerabilidad del sistema bajo futuros plausibles o el desempeño de estrategias para

alcanzar un futuro exitoso. La **Tabla 20** muestra diferentes tipos de indicadores de acuerdo con las diferentes temáticas centrales o herramientas empleadas para evaluar la vulnerabilidad del sistema hídrico considerando diferentes objetivos de la gestión del agua en la cuenca Pampa Huari.

Eje temático	Dimensión	Indicador	Descripción	Herramienta	
Suministro y saneamiento	Cobertura	Cobertura (Habitantes)	Cobertura de agua en unidades urbanas y/o comunidades para condiciones promedio [habitantes]	WEAP	
		Cobertura media (%)	Cobertura de agua segura en unidades urbanas y/o comunidades para condiciones promedio [%]	WEAP/ WASH-FLOWS	
	Demanda	WASH-FLOWS	Déficit en unidades urbanas y/o comunidades en condiciones promedio [LPS]	WEAP	
		Demanda bruta (LPS)	Demanda bruta en unidades urbanas y/o comunidades en condiciones promedio [LPS]	WEAP	
		Demanda neta de agua Población (LPS)	Demanda neta de agua en unidades urbanas y/o comunidades en condiciones promedio [LPS]	WEAP	
		Demanda neta de agua año seco Población (LPS)	Demanda neta de agua en unidades urbanas y/o comunidades en condiciones de año seco [LPS]	WEAP	
	Suministro	Suministro de agua (LPS)	Suministro de agua entregado en unidades urbanas y/o comunidades en condiciones promedio [LPS]	WEAP	
		Derivación (LPS)	Extracciones para suministro de agua en unidades de demanda urbana, comunidades y zonas de riego para condiciones promedio [LPS]	WEAP	
		Niveles de servicio de agua e higiene (%) acorde al JMP	Progreso en materia de nivel de servicios de agua para consumo e higiene en las comunidades (%)	WASH-FLOWS	
	Saneamiento	Cobertura (%)	Porcentaje de la población o comunidades que no cuentan con alcantarillado o infraestructura para depositar las aguas residuales (%)	WASH-FLOWS	
		Generación de aguas residuales (l/día/comunidad)	Cantidad total de aguas residuales generadas en base a infraestructura existente de saneamiento a nivel comunidad	WASH-FLOWS	
		Carga de contaminantes (DBO, N y P) a nivel comunidad	Cantidad (Kg/día) de contaminante que se producen en base a infraestructura existente de saneamiento a nivel comunidad	WASH-FLOWS	
		Niveles de servicio de saneamiento (%) acorde al JMP	Progreso en materia de nivel de servicios de saneamiento en las comunidades (%)	WASH-FLOWS	
	Agricultura y riego	Requerimientos de riego	Déficit de riego (CMS)	Demanda insatisfecha en áreas bajo riego en condiciones promedio [m ³ /s]	WEAP
			Requerimientos de riego (CMS)	Requerimientos de riego en condiciones promedio [m ³ /s]	WEAP
		Suministro de riego	Suministro de riego (CMS)	Suministro entregado en áreas bajo riego en condiciones promedio [m ³ /s]	WEAP
Área de riego		Área regable (ha)	Área de riego actual [ha]	WEAP	
		Área optima de riego (ha)	Área optima de riego en condiciones promedio [ha]	WEAP	
Cobertura de riego		Cobertura riego (%)	Cobertura de riego en condiciones promedio [%]	WEAP	
Recuperación de recursos		Cantidad de recursos recuperados (CMA)	Cantidad de recursos recuperados en promedio según el sistema de tratamiento seleccionado a nivel urbano. Puede ser efluente (m ³ /año) o compost (ton/año)	REVAMP	
		Nutrientes en el efluente que pueden ser recuperados (ton/año)	Nutrientes (N, P, K) promedio en el efluente en concentración (mg/l) o en carga (ton/año)	REVAMP	

Eje temático	Dimensión	Indicador	Descripción	Herramienta
Cuerpos de agua y funciones ambientales	Caudal	Caudal medio (CMS)	Caudal en diferentes tramos de los ríos para condiciones promedio [m ³ /s]	WEAP
		Caudal mínimo (CMS)	Caudal mínimo para el periodo de tiempo simulado [m ³ /s]	WEAP
		Caudal máximo (CMS)	Caudal máximo para el periodo de tiempo simulado [m ³ /s]	WEAP
	Calidad de agua	Clasificación de los ríos	Clasificación mediciones de calidad de agua, para determinar aptitud de uso del agua [-]	Excel
	Saneamiento	Agua residual tratada (LPS)	Agua residual tratada en la PTAR La Puerta [LPS]	WEAP
	Impactos acumulados en el río	Flujo base (%)	Flujo base medio acumulado en tramos de los ríos [%]	WaTT
Funciones ambientales (%)		Coberturas con funciones ambientales acumuladas en tramos de los ríos [%]	WaTT	
Minería	Impactos acumulados en el río	Uso del territorio para minería (%)	Uso del territorio para minería acumulado en tramos de los ríos [%]	WaTT

TABLA 20. INDICADORES PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DE LA LÍNEA BASE Y LAS ACCIONES PROPUESTAS DE ACUERDO CON LOS EJES TEMÁTICOS

4.2.3 Herramientas analíticas y modelos (R)

Las herramientas, o modelos (R) permiten establecer los estados futuros potenciales del sistema hídrico como función de las estrategias seleccionadas y de la manera en que se manifiestan las incertidumbres. Para la formulación del PDC-PH 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). El desempeño de las acciones o estrategias se puede medir o evaluar a través de indicadores (M). Dado el enfoque participativo propuesto, el desarrollo de las herramientas y modelos requirieron la participación de las partes interesadas que conformaron la plataforma interinstitucional en diferentes etapas de su implementación como la recolección de información, implementación, calibración y validación, y diseño de indicadores de desempeño (M). A continuación, se describen brevemente los modelos y herramientas desarrolladas en el marco de la formulación del PDC-PH.

MODELO DE TOMA DE DECISIONES PARTICIPATIVA (MTDP)

El Modelo de Toma de Decisiones Participativa (MTDP) se constituye en una herramienta de apoyo institucional durante la formulación de los PDC, la cual facilita el diálogo y la participación

de las partes interesadas, principalmente en la evaluación de acciones de intervención, así como en la construcción de 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.

En esta sección se realiza una introducción de la herramienta MTDP a partir de su estructura, los indicadores de desempeño y el marco institucional relacionado con los casos de uso. Asimismo, se presenta un resumen de la implementación del MTDP en la cuenca del río Pampa Huari.

ESTRUCTURA

En el marco de la implementación del Programa Bolivia WATCH, el MTDP está constituido por tres componentes principales: diferentes herramientas analíticas, una interfaz de visualización de indicadores y un panel de decisión (**Figura 30**). Las herramientas analíticas integradas son las siguientes: Sistema de Evaluación y Planificación del Agua (WEAP, Water Evaluation And Planning System en inglés), Herramienta para Mapeo del Valor de los Recursos en los residuos domésticos (REVAMP, Resource Value Mapping en inglés), Herramienta de Topología de Cuencas Hidrográficas (WaTT, Watershed Topology Tool en inglés) y la Herramienta de Modelación de la Calidad de los Servicios y Flujos Domésticos

de Agua y Saneamiento, (WASH-FLOWS, Water, Sanitation, and Hygiene & FLOWS en inglés). WEAP se constituye en la herramienta principal a la cual están acopladas el resto, ya que el acople

tiene una funcionalidad dinámica que permite evaluar las acciones de manera integral y desde el enfoque de cuenca, pero incluyendo aspectos sectoriales.

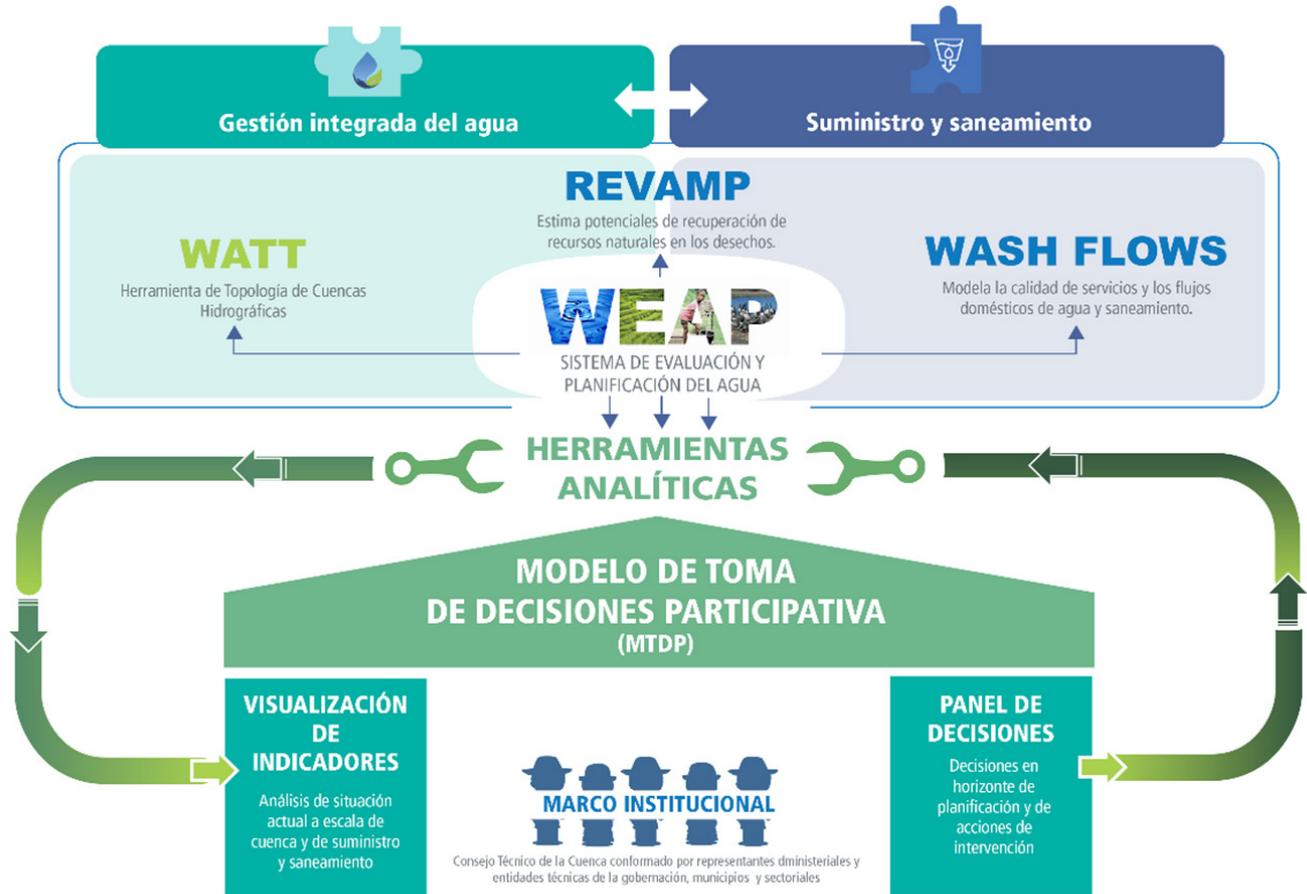


FIGURA 30. MODELO DE TOMA DE DECISIONES PARTICIPATIVA (MTDP) PARA FORMULACIÓN DE PLANES DIRECTORES DE CUENCA

La interfaz de panel de decisiones y visualización de indicadores se desarrolló en Shiny de RStudio⁸ que permite crear aplicaciones web interactivas directamente desde R⁹. En la interfaz de indicadores se permite visualizar el desempeño de las acciones de intervención, las cuales varían de acuerdo con el conceso encontrado por las partes interesadas en el Panel de Decisiones. Allí básicamente se muestran las diferentes acciones de intervención o decisiones, en caso de incluir las incertidumbres del sistema de agua, donde cada actor puede seleccionar la acción de su interés. El proceso resulta ser iterativo, lo que permite la construcción de estrategias de gestión consensuadas en el marco de la formulación del PDC.

INDICADORES DE DESEMPEÑO

Los indicadores de desempeño fueron organizados de acuerdo con los ejes temáticos propuestos que se señalan en la **Figura 31**. Los diferentes ejes temáticos derivan de la agrupación de las principales problemáticas identificadas en la cuenca y sus indicadores pueden resultar cuantitativos y cualitativos. Las herramientas analíticas, tales como WEAP, permiten justamente generar indicadores de desempeño cuantitativos. En algunos casos, los indicadores no pueden ser obtenidos desde las herramientas analíticas, principalmente los relacionados con aspectos institucionales, culturales, jurídicos, y conflictos; en este caso se proponen indicadores cualitativos. Estos indicadores son similares a los detallados en la **Tabla 20**.

⁸ <https://shiny.rstudio.com/>

⁹ <https://cran.r-project.org/>



FIGURA 31. EJES TEMÁTICOS DESARROLLADOS PARA EL MTDP DEL PLAN DIRECTOR DE LA CUENCA PAMPA HUARI (PDC-PH)

En el marco de la formulación del PDC en cada tema central se definen objetivos específicos, los mismos se alinean con los objetivos de la política nacional de cuencas y otros planes de alcance nacional como el Plan de Desarrollo Económico y Social (PDES). En la anterior sección se muestran los indicadores propuestos en la formulación del PDC, los mismo responden a los objetivos específicos. Asimismo, en la misma tabla se menciona la herramienta con la cual se generó cierto indicador.

MARCO INSTITUCIONAL

De acuerdo con los lineamientos generales del PDC establecidos por el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR), las acciones de intervención deben ser identificadas y evaluadas juntamente con las diferentes instancias de la plataforma interinstitucional (Directiva, Consejo Técnico, Consejo Social, y Unidad de Gestión de Cuenca). Para el uso del MTDP en la formulación del PDC, se contó la participación del Consejo Técnico. Cuando no se cuenta formalmente con esta instancia, entonces

es posible generar espacios participativos con técnicos y profesionales de las diferentes entidades territoriales, municipios y gobernación, y la cabeza del sector que es MMAyA mediante el VRHR.

El uso del MTDP inicia con la evaluación individual de las acciones de intervención identificadas e implementadas en las herramientas analíticas. Posteriormente se avanza con el ejercicio de construcciones de estrategias (conjunto de acciones). En ambos casos participaron los integrantes del Consejo Técnico. Las estrategias serán presentadas ante la Directiva y el Consejo Técnico para la aprobación y acuerdo, y posterior desarrollo del marco estratégico y programático. Este proceso es iterativo tal como se muestra en la **Figura 32**.

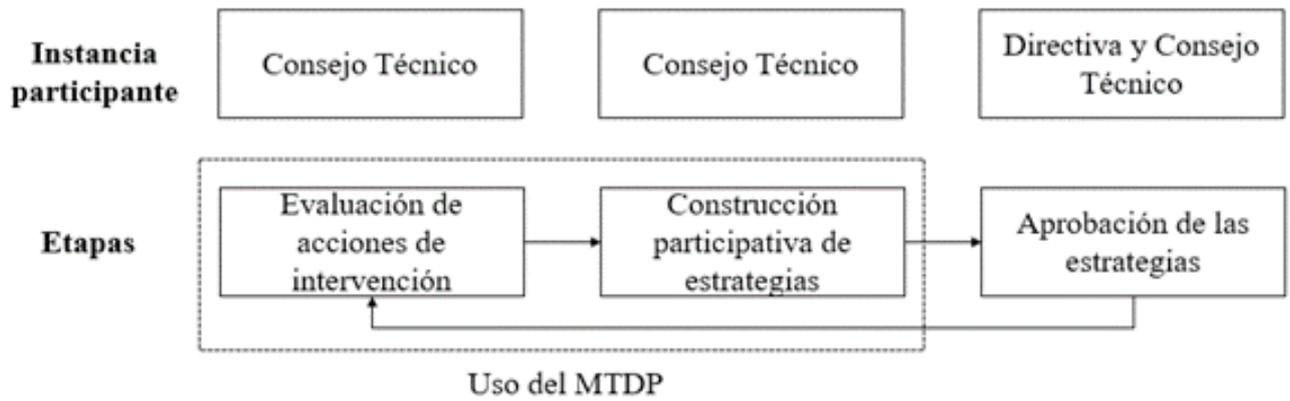


FIGURA 32. USO DEL MTDP EN EL PROCESO DE EVALUACIÓN DE ACCIONES Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRATEGIAS Y SU MARCO INSTITUCIONAL

INTERFAZ DEL PANEL DE DECISIÓN Y VISUALIZACIÓN DEL PTDP EN EL PDC PAMPA HUARI

La implementación del PDC en la cuenca Pampa Huari está justo en la etapa de la implementación de MTDP. Para esto ya se avanzó en el diseño de

la interfaz del Panel de Decisiones (Figura 33), donde se integró acciones identificadas en etapas previas del proceso (Figura 34). Las figuras presentadas permitirán facilitar la interacción de las partes interesadas con el MTDP.



FIGURA 33. PÁGINA DE INICIO DE LA INTERFAZ DE PANEL DECISIONES Y VISUALIZACIÓN DEL MTDP DE LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI

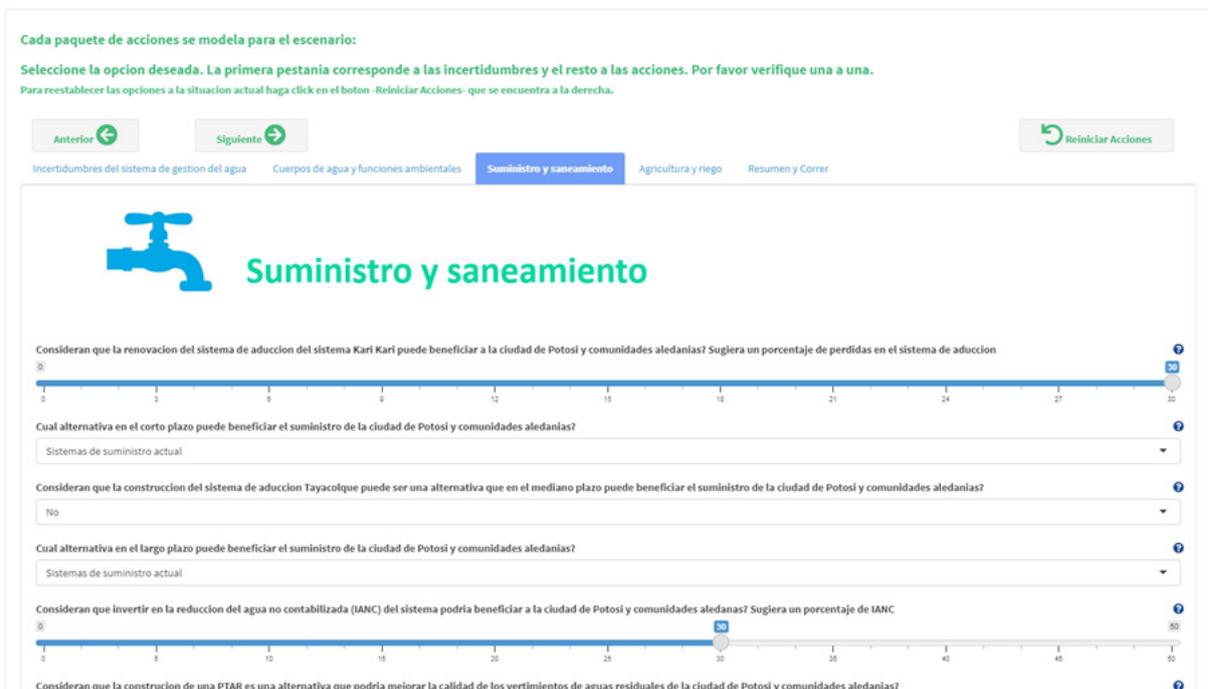


FIGURA 34. PANEL DECISIONES Y VISUALIZACIÓN DEL MTDP DE LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI. EN LA FIGURA SE MUESTRA LAS ACCIONES DE INTERVENCIÓN PARA EL EJE TEMÁTICO EN SUMINISTRO Y SANEAMIENTO

MODELO WEAP

La modelación de la gestión del agua en la cuenca Pampa Huari 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. Mayores detalles relacionados con la hidrología, demanda de agua, transferencia de agua desde otra cuenca y otros componentes se pueden encontrar en la sección de anexos de la formulación del PDC Pampa Huari y conformación de la plataforma interinstitucional en **Anexo A3. Representación de la gestión del agua en la cuenca basada en WEAP.**

Con la información de entrada que relaciona

clima, cobertura y uso de suelo, parametrización de parámetros de balance hídrico, demanda de agua y transferencias de agua se implementó el modelo de gestión de agua de la cuenca Pampa Huari en WEAP. La unidad básica de modelación hidrológica corresponde a las unidades hidrográficas con un área menor a 100 km², esto debido a que en Bolivia para acciones de intervención de manejo integral de cuencas deben cumplir con este criterio. Para el área de estudio se definieron un total de 104 unidades de gestión entre unidades hidrográficas, cuencas abastecedoras de agua actuales y potenciales. El modelo abarca un dominio espacial que incluye tanto a la cuenca Pampa Huari como las cuencas de Kari Kari y la cuenca de la toma del río San Juan. En el caso de la demanda, se simularon 51 nodos de consumo en comunidades rurales y la ciudad de Potosí (zona urbana) y 27 nodos de riego. En la **Figura 35** se presenta el esquema del modelo desarrollado.

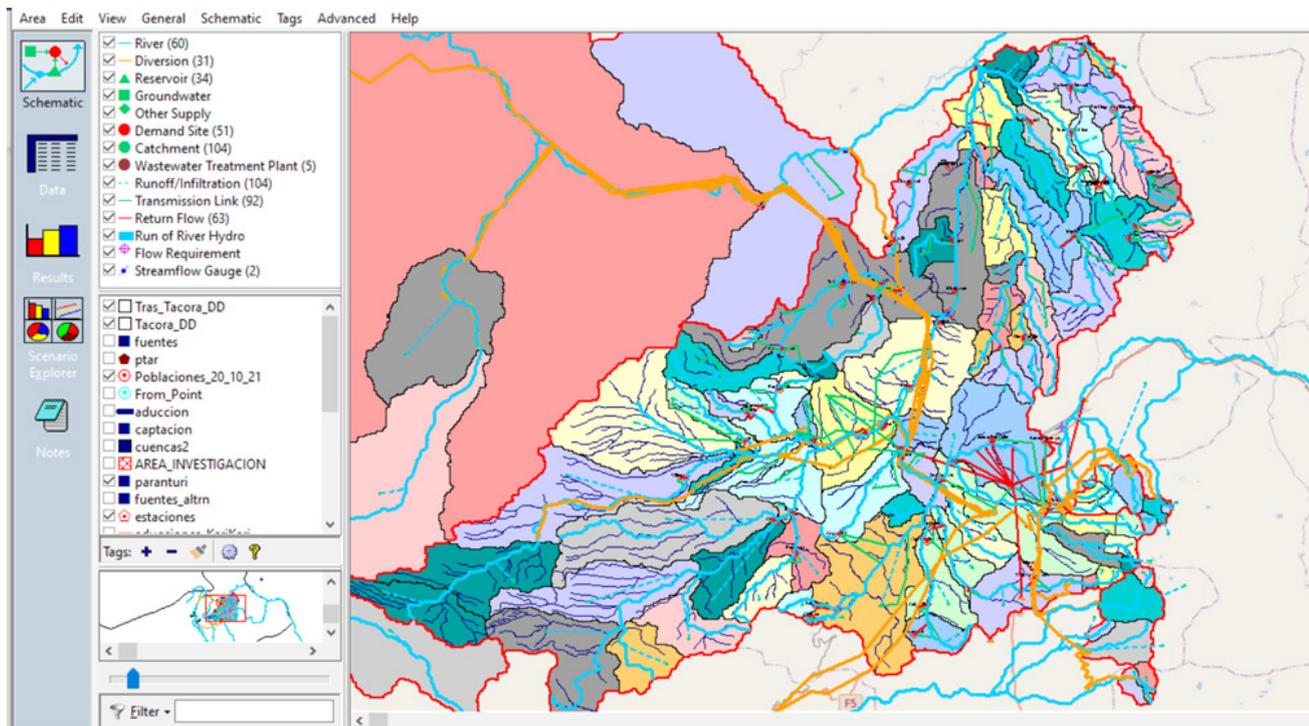


FIGURA 35. ESQUEMÁTICA DEL MODELO WEAP DE LA CUENCA PAMPA HUARI

MODELO WASH-FLOWS

La planeación de cuencas tradicional suele tener una resolución espacial a nivel de comunidades y, por lo general, no incluye información detallada relacionada con el saneamiento o consumo de agua potable a nivel hogar. 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 el balance y distribución hídrica a escala de comunidad y cuenca.

El modelo WASH-FLOWS se construyó siguiendo la metodología de "escaleras de servicio" creada por el Programa de Monitoreo Conjunto (JMP por sus siglas en inglés) desarrollado por el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Actualmente el JMP establece tres escaleras para determinar el nivel de servicio a nivel hogar: una para agua potable, una para saneamiento y una para higiene. 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.

Cada nivel de servicio se define en función al cumplimiento de indicadores respecto a accesibilidad, disponibilidad y calidad. Para

el caso de agua potable el nivel de servicio se define en función de si el hogar tiene acceso a una fuente de agua mejorada, el tiempo de recolección (en caso de no disponer de agua en el predio o la vivienda), la disponibilidad del agua cuando se necesita y que la misma esté libre de contaminación fecal y químicos prioritarios (Figura 36). Para saneamiento el nivel de servicio se define en función de si el hogar tiene acceso a una instalación de saneamiento mejorada, si esta es compartida con más hogares y si los excrementos se gestionen de una manera segura (Figura 37). Para el caso de higiene, los niveles se definen en función de la disponibilidad de una instalación para el lavado de manos aunado a la existencia de agua y jabón (Figura 38).

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.

FIGURA 36. DEFINICIÓN DE NIVEL DE SERVICIO DE AGUA POTABLE SEGÚN EL JMP (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.

FIGURA 37. DEFINICIÓN DE NIVEL DE SERVICIO DE SANEAMIENTO SEGÚN EL JMP (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.

FIGURA 38. DEFINICIÓN DE NIVEL DE SERVICIO DE HIGIENE SEGÚN EL JMP (OMS-UNICEF, 2017)

WASH-FLOWS es una herramienta analítica construida usando una interfaz en Microsoft Excel. Los datos de entrada del modelo incluyen información cualitativa y cuantitativa relacionada

con datos de población, fuentes de agua, infraestructura de ASH (agua, saneamiento e higiene) en el hogar y disposición de aguas residuales (Tabla 21).

Datos de entrada para el estimar el nivel de servicio de agua potable	Datos de entrada para el estimar el nivel de servicio de saneamiento	Datos de entrada para el estimar el nivel de servicio de higiene
Tipo de fuente principal de abastecimiento de agua	Tipo de infraestructura/ instalación usada para defecar y orinar	Tipo de instalación/ para lavado de manos
Ubicación de la fuente principal de abastecimiento de agua	Ubicación de la instalación	Disponibilidad de agua para lavado de manos
Distancia desde la vivienda hasta la fuente principal de abastecimiento de agua	Privacidad del uso de la instalación	Disponibilidad de jabón para lavado de manos
Tiempo de recosido hacia la fuente	Tipo de desagüe	-
Disponibilidad de agua en la fuente	Método de disposición final de las excretas	-
Continuidad del servicio	-	-
Calidad de agua en la fuente	-	-
Modo de recolección de agua	-	-
Infraestructura de almacenamiento de agua	-	-

TABLA 21. DATOS DE ENTRADA USADOS EN WASH-FLOWS

En el marco del PDCR-PH, dicha información se recolectó a través encuestas a líderes comunales, comunicación personal con autoridades locales e informes nacionales oficiales (ej. CENSO 2012). Cabe resaltar que para el caso de la cuenca Pampa Huari, la información recabada fue a nivel de comunidad y sólo se incluyeron 40 de las 51 comunidades identificadas dentro de la cuenca debido a restricciones en la entrada de campo. Las comunidades incluidas en WASH-FLOWS son: Agua Dulce, Caimani, Callapampa, Candelaria, Cayara, Cebadillas, Condoriri, El Molino, Gran Peña, Huancuri, Incahuasi, Ingenio, Irupampa Chica, Irupampa Grande, Iscumayu, Jesús del

Valle, Kanatanga, La Palca, La Puerta, Manquiri, Miraflores, Mondragón, Paco Chico, Paco Grande, Palca Mayu, Parantaka, Sangari, San Antonio, San Idelfonso, Santa Lucia, Santiago de Ockoruro, Sumatala, Thamari, Tucsapujio, Turicaya Chica, Turicaya Grande, Totorá Pampa, Totorá D, Villacollo, y Villa Concepción.

Posteriormente, los datos cualitativos recolectados a través de las encuestas son transformados en datos numéricos que junto a ciertas suposiciones se usan como variables de ecuaciones establecidas en la herramienta para proveer una perspectiva integrada pero

simplificada de las condiciones y nivel de servicio de WASH en cada comunidad.

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). Para el caso específico de la cuenca Pampa Huari la información fue recabada a nivel de comunidad por lo que no fue necesario agregar datos a nivel de hogar. En la interacción con otras herramientas enfocadas en la modelación y gestión hídrica, 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.

MODELO REVAMP

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. Sin embargo, REVAMP tiene limitaciones temporales y espaciales para representar procesos a escala de cuenca. Por otro lado, existen herramientas de modelación de la calidad y cantidad de los recursos hídricos a nivel de cuenca como lo es el sistema de Evaluación

y Planificación del Agua (WEAP, por sus siglas en inglés), que permite la integración completa de la demanda, la oferta y la calidad del agua con consideraciones ecológicas. En WEAP, el componente de calidad excluye la exploración de alternativas de recuperación de recursos. Por lo tanto, la interoperabilidad de ambas herramientas permite generar análisis e 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.

En el marco de la formulación del PDC-PH 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 39** 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).

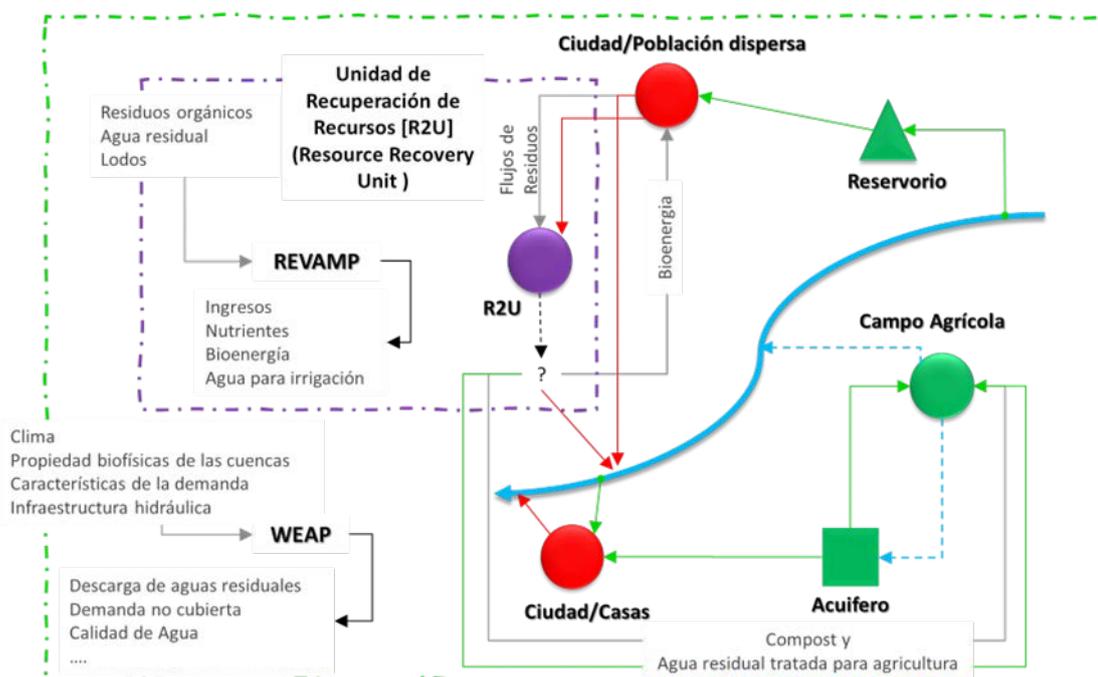


FIGURA 39. ESQUEMÁTICA DE LA INTEGRACIÓN ENTRE LAS HERRAMIENTAS WEAP Y REVAMP

La herramienta WEAP-REVAMP tiene dos componentes (**Figura 40**); por un lado, un complemento WEAP (WEAPp) y, por el otro, una interfaz de Excel REVAMP (REVAMPei). El plugin de WEAP y la interfaz de Excel de REVAMP permiten el intercambio de datos. En la interfaz de Excel, debido a que fue diseñada con el propósito de apoyar la toma de decisiones en procesos de planificación de cuencas, es posible evaluar varias combinaciones de opciones de recuperación para una Unidad de Recuperación de Recursos (R2U) 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 40**. Las gráficas y tablas dinámicas en donde se muestran 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.

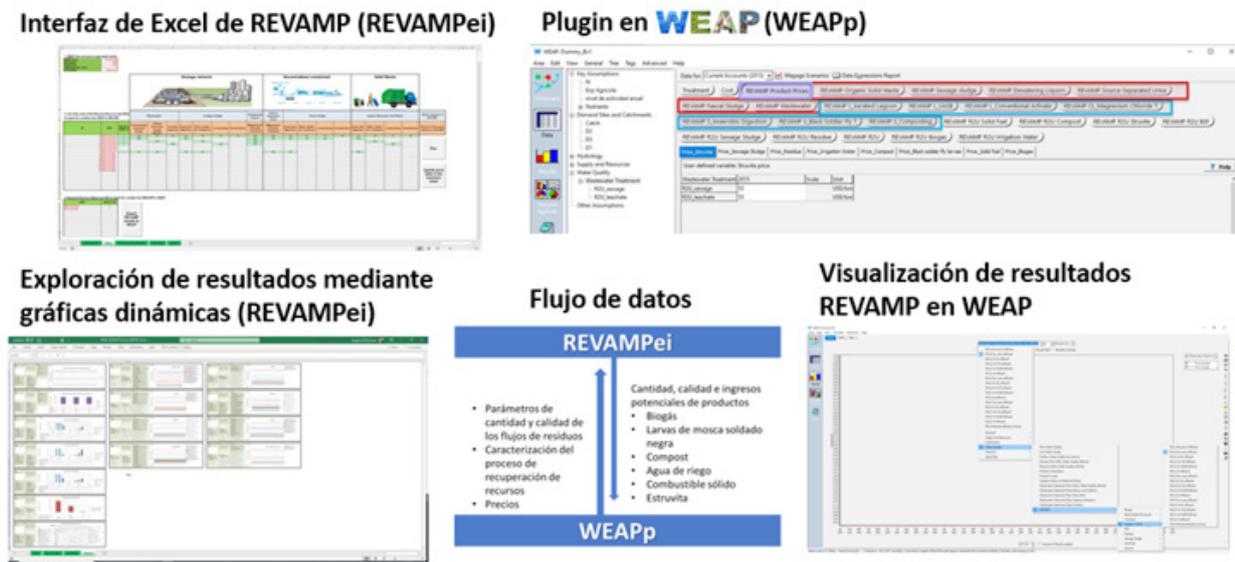


FIGURA 40. ESQUEMÁTICA DE LA HERRAMIENTA WEAP-REVAMP

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 41**, 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 contención descentralizados. Un modelo puede tener tantas R2U como se necesiten y cada una puede obedecer a situaciones particulares.



FIGURA 41. 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.

WATT

En la cuenca del río Pampa Huari se ha considerado la conectividad (bajo el enfoque de la cuenca) entre procesos terrestres (ecosistemas, actividades productivas, minería, amenazas hidro-

climáticas) y procesos acuáticos (transferencia de los beneficios a usuarios aguas abajo) para ejecutar nuestros análisis espaciales en el marco de la vulnerabilidad de la cuenca.

Bajo ese contexto, se desarrolló una herramienta de apoyo en Excel, llamada Watershed Topology Tool (WaTT), con base en la topología de los tramos de los ríos y de las subcuencas originarios de los modelos hidrológicos de WEAP (Water Evaluation and Planning). El uso de esa herramienta se justifica por el concepto-clave de la topología, que es la conectividad que se establece entre entidades de puntos, líneas y polígonos que comparten una geometría coincidente, las cuales pueden ser procesadas desde un Sistema de Información Geográfica (SIG). Por ejemplo, las áreas de concesiones mineras en Pampa Huari y los tramos de sus ríos tienen una geometría común y los polígonos de las subcuencas adyacentes tienen límites comunes. La **Figura 42** resume los componentes del análisis de la conectividad (topología) en la cuenca y detalla las fuentes de datos para la elaboración de los indicadores de vulnerabilidad.

Análisis de la conectividad (topología)

- Tramos de los ríos y subcuencas (WEAP)
- Algoritmo para acumulación de variables (Excel)
- Análisis espacial (SIG)

Combinación de fuentes de datos para la composición de indicadores

- Resultados del taller de definición de problemáticas (Pampa Huari - Potosí, 2020)
- Diagnóstico de las cuencas del río Pampa Huari (MMAyA, 2018)
- Cobertura del uso del suelo en Pampa Huari (COBUSO, 2021)
- Imágenes SENTINEL-2 (2019)
- Concesiones mineras (AJAM, 2014 y SERGEOMIN, 2014)
- Fuentes de agua, áreas de riego y ubicación de comunidades (trabajo de campo, 2019-2020)
- Datos poblacionales (Censo INE, 2012)

FIGURA 42. COMPONENTES DEL ANÁLISIS DE CONECTIVIDAD Y LAS FUENTES DE DATOS PARA LA ELABORACIÓN DE INDICADORES DE VULNERABILIDAD PARA LAS CUENCAS DEL RÍO PAMPA HUARI

La metodología para evaluar los potenciales efectos acumulados en la cuenca consiste en una serie de pasos y herramientas que permiten asociar la conectividad de los cursos de agua en función de procesos antrópicos y naturales que podrían involucrar potenciales impactos (positivos y negativos) y transferencia de los beneficios a usuarios de aguas abajo (**Figura 43**). De esta forma inicialmente (1) se emplea WEAP para delimitar tanto el área de interés

como las unidades hidrográficas de análisis y sus respectivas redes de drenaje natural. En este caso se emplearon modelos independientes para la cuenca Pampa Huari ya que se cuenta con la suficiente información de componentes de oferta, demanda, hidrología y cobertura de suelos.

Por su parte, el (2) WEAP VBA Query es una herramienta construida a partir de Visual Basic for Applications que cumple la función de

WaTT de extraer atributos topológicos de los tramos fluviales generados en el modelo WEAP. Luego, (3) en una herramienta SIG se asocian los vectores topológicos de los ríos que provienen de WEAP con sus atributos extraídos a partir de la herramienta WEAP VBA Query. Lo que permite asociar información de factores antrópicos (ej. actividades socioeconómicas y poblaciones) y naturales (susceptibilidad a inundaciones) que ejercen presión sobre un tramo en particular de la cuenca como estados (calidad de agua y caudal de flujo base) en los mismos tramos fluviales. Los anteriores pasos son iterativos en la medida que se afinan detalles de los distintos componentes del modelo o se incluyen nuevas unidades hidrográficas. Otras variables acumulables podrían ser cobertura y uso de la tierra. Por ejemplo, acumular en términos de superficie o unidades de una categoría de cobertura de suelos con servicio ecosistémico (por ejemplo, bofedales y montes raros).

Una vez se tienen definidas las variables o parámetros de interés, ej. áreas de actividades socioeconómicas o componentes de flujo del balance hídrico, con sus respectivas propiedades por tramos fluviales, se ingresan en (4) la función de WaTT "Accumulated Area". Esta función es como una calculadora que permite acumular la unidad de la variable de interés de acuerdo con su conexión aguas arriba, permitiendo establecer asociaciones espaciales entre la misma variable y otras.

A partir de aquí se pueden determinar distintos indicadores asociados a los diferentes tramos de los cauces principales o sus afluentes. En las siguientes secciones se abordarán algunos indicadores propuestos que luego pueden ser empleados para evaluar (5) la vulnerabilidad del sistema de agua desde diferentes aspectos y con perspectiva de cuenca. A continuación, se ofrecen mayores detalles de la metodología desarrollada.

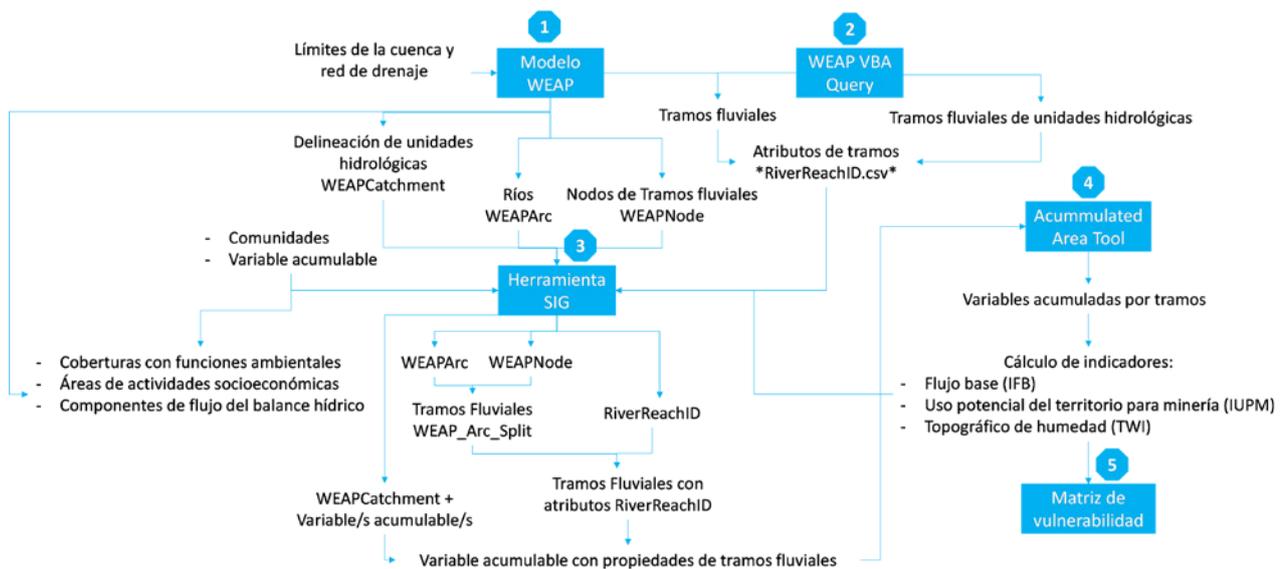


FIGURA 43 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGÍA PARA EVALUAR IMPACTOS ACUMULATIVOS CON WATT

Apartir de la conectividad entre procesos terrestres y acuáticos, se desarrollaron indicadores que representan los resultados acumulativos de los procesos terrestres y acuáticos evaluados en la cuenca Pampa Huari. Estos resultados acumulativos nos permiten evaluar cómo el estado ambiental de la cuenca puede influir sobre los usuarios del agua (fuentes de agua/bocatomas) y sus actividades productivas (tomas de agua para la actividad agrícola, i.e., áreas de riego), generando una dimensión de vulnerabilidad con su ubicación distribuida por la cuenca. Los indicadores aportan en tres principales aspectos a la toma de decisión para la gestión de los recursos hídricos: (i) identificación de comunidades y usuarios afectados; (ii) conocimiento del estado del río y ocurrencia de

eventos futuros (por ejemplo, susceptibilidad a las inundaciones); (iii) presentación de factores de vulnerabilidad para posterior proposición y priorización de acciones de intervención. Más específicamente, desarrollamos indicadores en las siguientes categorías: (i) funciones ambientales; (ii) actividad minera; y (iii) riesgos hidrológicos. Los detallaremos en secuencia.

FUNCIONES AMBIENTALES

Para las funciones ambientales, aunque haya otros tipos de vegetación en la composición del uso del suelo en la cuenca (como los matorrales altoandinos), se ha considerado solamente la vegetación nativa que contribuye significativamente al aprovisionamiento del agua en la cuenca. Bajo esa premisa, se ha

acumulado el número de unidades de bofedales¹⁰ concentrados en cada subcuenca y el área de distribución de las unidades de montes ralos¹¹ en la cuenca.

Adicionalmente, se ha considerado el índice de flujo base, que es un indicador de gran importancia para dimensionar el impacto en la oferta del agua (suministro y riego). El flujo base es el caudal de un río, una vertiente o una laguna que proviene enteramente de la descarga de aguas

subterráneas, y se observa con mayor facilidad en los meses de época seca. En general, el flujo base representa una fracción al flujo total en el cuerpo de agua que puede ser utilizado como un indicador de sostenibilidad de la reserva hídrica en las cuencas. Ese indicador también puede ser correlacionado con el impacto acumulativo de la vegetación nativa (i.e. un mayor índice de flujo base indica presencia de vegetación nativa en los tramos del río). El indicador fue calculado conforme la siguiente ecuación:

1) Índice de flujo base:

Flujo base

$$= \frac{\sum_{\text{Aguas abajo}} \text{Flujo Base}}{\sum_{\text{Aguas arriba}} \text{Flujo Base} + \text{Interflujo} + \text{Escorrentía superficial}} * 100$$

ACTIVIDAD MINERA

Para caracterizar los impactos de la actividad minera, se desarrolló el índice del uso potencial del territorio por la minería (IUPM) con base en la metodología adoptada por Merriam *et al.* (2011) en sus análisis de efectos cumulativos de

la minería en una cuenca central en los montes Apalaches, EE. UU. En este análisis, se consideró el acúmulo de la densidad de la actividad minera distribuida en las subcuencas, conforme indica la siguiente ecuación (i.e., área acumulada de la minería actual por área acumulada de la cuenca):

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

$$IUPM = \frac{DCM_i}{\max DCM} * 100$$

Donde, DCM_i se refiere a la densidad cumulativa de la minería para una cuenca i , calculada como el total del área de minería dividido por el área de la cuenca, y $\max DCM$ es el valor máximo de las áreas mineras acumuladas.

Se ha considerado en ese análisis solamente las minas activas (i.e. concesiones mineras que, según la Autoridad Jurisdiccional Administrativa Minera – AJAM están en operación).

RIESGOS HIDROLÓGICOS

Para caracterizar los riesgos hidrológicos, se ha considerado la susceptibilidad a las inundaciones súbitas, especialmente teniendo en cuenta el histórico de ocurrencia de esos eventos en Potosí. El indicador que se utilizó para acumulación fue el índice topográfico de humedad, detallado en secuencia:

1) Índice Topográfico de Humedad (TWI – Topographic Wetness Index) (Kelleher and McPhillips, 2020)

$$\ln \frac{a}{\tan \beta}$$

Donde a representa el área de contribución aguas arriba (p. ej., el número de cédulas drenando hacia

una única célula por unidad de anchura), y $\tan \beta$ representa la pendiente local.

¹⁰ Bofedales se refieren a una vegetación vigorosa y densa, principalmente en época húmeda.

¹¹ Montes ralos son agrupaciones de vegetación tipo árbol, en su mayoría churquis.

ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA

La metodología definida para el análisis de calidad de agua se esquematiza en la **Figura 44**. Cada uno de estos pasos incluye una serie de actividades que permiten entender las características

actuales de calidad de agua, identificar usuarios del agua y posibles causas de la contaminación e identificar la vulnerabilidad de las comunidades afectadas por la calidad de agua.



FIGURA 44. FLUJO DE ACTIVIDADES, ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA

1. Consolidación base de datos calidad de agua a partir de información secundaria y primaria:

La evaluación de la calidad de agua se realiza a través de la integración de los datos disponibles, proporcionados por diversas instituciones que han realizado monitoreos desde el año 2007 hasta la fecha. Además, se incluye la iniciativa de monitoreos comunitarios, realizada en el marco de este proyecto. Los puntos de monitoreo consolidados en la base de datos se presentan

en la **Figura 45**.

- Comisión Trinacional Pilcomayo (2007-2018) 4 estaciones. 91 parámetros
- SERGEOMIN (2009). 10 estaciones. 46 parámetros
- SIMOVH Campaña (2021). 6 estaciones. 74 parámetros
- GAD Potosí Campaña II- 2019 y I -2020. 4 estaciones. 13 parámetros.
- Monitoreo Participativo Agua Sustentable (2021). 16 estaciones. 18 parámetros

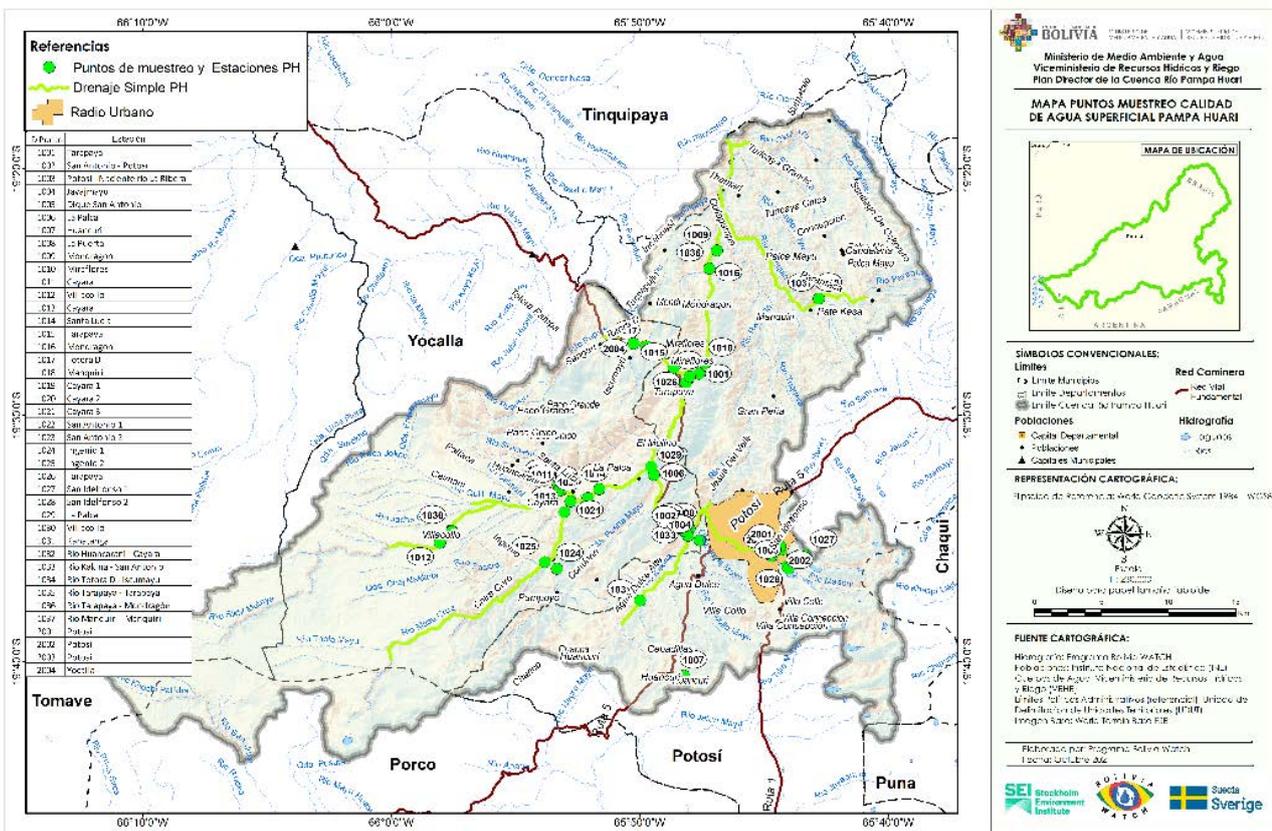


FIGURA 45. PUNTOS DE MONITOREO INCLUIDOS EN LA BASE DE DATOS A PARTIR DE INFORMACIÓN DE 5 FUENTES

2. Clasificación de la calidad de agua de los ríos, siguiendo la reglamentación de la Ley N.º 1333 del Medio Ambiente, que reglamenta los límites máximos permisibles para los cuerpos de agua, basados en la aptitud de uso del agua para consumo humano. Las clases definidas son:

CLASE "A" Aguas naturales de máxima calidad, que las habilita como agua potable para consumo humano sin ningún tratamiento previo, o con simple desinfección bacteriológica en los casos necesarios verificados por laboratorio.

CLASE "B" Aguas de utilidad general, que para consumo humano requieren tratamiento físico y desinfección bacteriológica.

CLASE "C" Aguas de utilidad general, que para ser habilitadas para consumo humano requieren tratamiento fisicoquímico completo y desinfección bacteriológica.

CLASE "D" Aguas de calidad mínima, para consumo humano, en los casos extremos de necesidad pública.

Se adicionó una clase denominada Clase "E" que es agua que no debería ser usada para consumo humano, debido a la alta concentración de alguno de los parámetros de calidad de agua relacionados en dicha norma.

La clasificación de la calidad de agua de los ríos se obtuvo a partir de los muestreos realizados y se presentó en las **Figura 15** y **Figura 16**.

3. Identificación y ubicación de usuarios del recurso hídrico en la cuenca: Para identificar los usuarios del recurso hídrico se utilizaron diversas fuentes de información tales como: Censo poblacional 2012, Atlas de Potencialidades Productivas en Bolivia (2014), mapa de coberturas Bolivia WATCH, Plan Territorial de Desarrollo Integral del municipio de Potosí. A partir del informe de la consultoría en minería del proyecto Bolivia WATCH: "Actualización del estado de situación de la actividad minera en cuenca Pampa Huari" se determina la demanda de agua para la minería y los ríos que están soportando la actividad.

De acuerdo con los usos del agua, se identifican tramos que pueden tener conflictos de uso de acuerdo con la clasificación de los tramos determinada en pasos anteriores

4. identificación y ubicación de vertedores en la cuenca: Los vertedores en la cuenca se identifican de acuerdo con los actuales usos y usuarios y se complementa la información con el informe de la consultoría en minería del proyecto Bolivia

WATCH: Actualización del estado de situación de la actividad minera en cuenca Pampa Huari. En este estudio se obtiene la ubicación actual de las áreas donde se pueden estar generando pasivos ambientales mineros y se identifican puntos de contaminación minera debido a depósitos mineros, áreas de desmonte, diques de colas, ingenios mineros, planta metalúrgica y talleres mecánicos

5. identificación de posibles impactos y vulnerabilidad de los usuarios del agua respecto a la calidad: Con la información previamente mencionada y a partir de la clasificación de los ríos, se establecen las comunidades y asentamientos urbanos que se pueden ver afectados por los vertimientos de los diversos vertedores en la cuenca, estableciendo áreas y comunidades con mayor vulnerabilidad, dada la calidad de agua actual de los ríos, los vertedores y los usuarios en la cuenca.

GÉNERO Y POBREZA

El Análisis Multidimensional de la Pobreza (MDPA, por sus siglas en inglés)—un marco propuesto por la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (SIDA, por sus siglas en inglés)—se compone de cuatro dimensiones de pobreza (recursos, oportunidades y elección, poder y voz, y seguridad humana) bajo diferentes contextos (político e institucional, conflicto/no violencia, ambiental, social y económico), centrado en los individuos (las diferentes brechas sociales, como el género, la edad y etnia) (Figura 46). Aunque no se conceptualizó inicialmente para la gestión de los recursos naturales, el marco del MDPA puede aplicarse en el contexto de la gestión de las cuencas hidrográficas (por ejemplo, abordando los desequilibrios de género en las decisiones relacionadas con el agua y promoviendo la participación inclusiva). Este marco reconoce la complejidad de la pobreza, identificando cuatro dimensiones interrelacionadas dentro de ella. Dada su aplicación multidisciplinar, el marco MDPA puede contribuir a garantizar que las perspectivas de género y pobreza se tengan en cuenta en procesos de planificación más formales, como los Planes Directores de Cuenca.

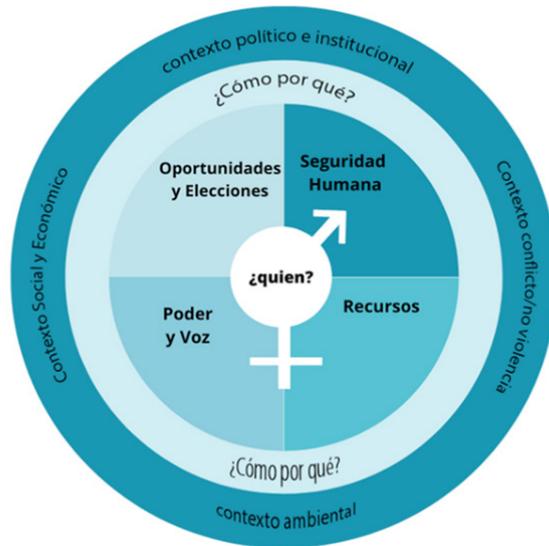


FIGURA 46. MARCO MULTIDIMENSIONAL DE LA POBREZA. FUENTE: ADAPTADO DE SIDA (2017)

Según este modelo y en consonancia con el MDPA, la pobreza no es sólo la falta de recursos materiales, sino también otras dimensiones de la pobreza como la falta de poder y de voz. Por lo tanto, según la definición de SIDA, una persona que vive en la pobreza carece de recursos y es pobre en una o varias de las otras dimensiones.

Las cuatro dimensiones ayudan a identificar las principales formas en las que la pobreza puede manifestarse y cómo la experimentan las personas que viven en pobreza. Asimismo, estas cuatro dimensiones ayudan a identificar los grupos de personas que viven bajo estas condiciones. La **Figura 47** describe cada dimensión del MDPA.

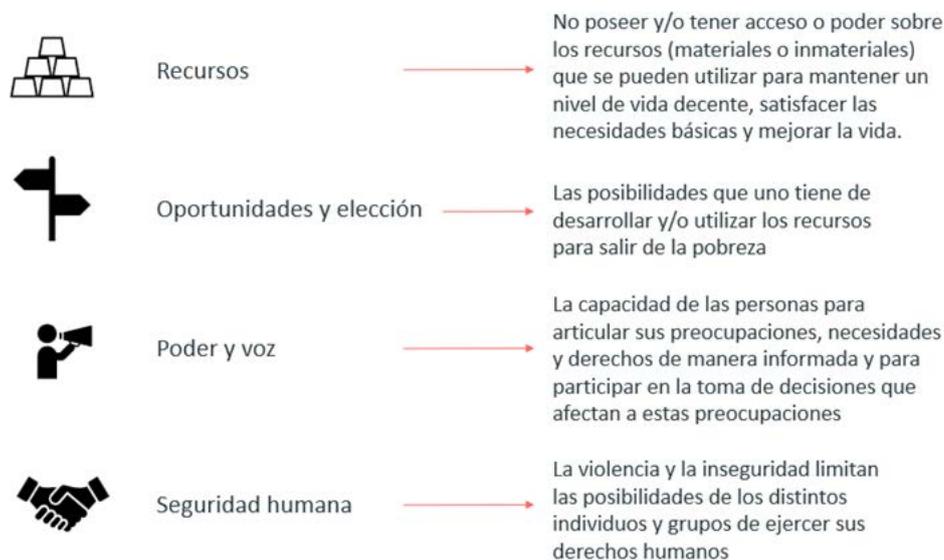


FIGURA 47. DIMENSIONES DE LA POBREZA SEGÚN EL MARCO DE SIDA

Todas las dimensiones de la pobreza están interrelacionadas. En la mayoría de los casos, las múltiples privaciones interactúan para llevar a las personas a la pobreza y mantenerlas en ella. Por ejemplo, ser pobre en términos de **recursos** a menudo implica ser pobre en términos de oportunidades, elección, poder y voz, y viceversa. Ser pobre en términos de **seguridad humana** puede significar pobreza en términos de oportunidades,

es decir, la posibilidad que tienen las personas de desarrollar y utilizar sus recursos para salir de la pobreza. Ser pobre en una dimensión también puede agravar la pobreza en otra dimensión. A su vez, las mejoras en una dimensión pueden reducir la pobreza en otra dimensión.

El MDPA hace énfasis en que **quién** es pobre debe estar en el centro del análisis. Significa que

la situación, las necesidades, las condiciones previas y las prioridades de los individuos (sean mujeres, hombres, niñas y niños) son el punto de partida. En el modelo, la palabra **quién** tiene los símbolos de género para enfatizar la importancia del género en la comprensión de **quién** es pobre y de qué manera lo es. Preguntar **quién** carece de recursos, **quién** carece de oportunidades, **quién** es inseguro y **quién** carece de poder, y captar las desigualdades entre grupos en estas diferentes dimensiones, abre la posibilidad de entender **cómo la pobreza afecta a diferentes grupos de personas en las cuatro dimensiones**. Este modelo también apoya la idea de que las personas que viven en la pobreza pueden ser **agentes de cambio**.

4.2.4 Estrategias (L)

Las medidas, o estrategias de gestión (L) que

constituyen acciones, estrategias y alternativas que los tomadores de decisiones consideran explorar y que afectarán el estado del sistema se desarrollaron a partir de las temáticas centrales. Las diferentes temáticas centrales inicialmente identificadas giran en torno a cuerpos de agua y funciones ambientales, suministro de agua y saneamiento ambiental, actividades agropecuarias bajo riego, operaciones mineras, riesgos climáticos y pobreza y género. Estas temáticas fueron configuradas con el fin de validar y complementar la lista de las posibles acciones y estrategias para resolver los problemas a corto, mediano y largo plazo identificadas en las etapas previas de la formulación del PDC-PH. El resultado final generó las cinco estrategias que se muestran en la **Figura 48**, sobre las cuales están basadas las líneas estratégicas.



FIGURA 48. ESTRATEGIAS FORMULADAS EN EL PDC PAMPA HUARI

5 PROBLEMÁTICAS Y VULNERABILIDADES PRIORIZADAS EN LA CUENCA

5.1 Problemáticas en torno a la gestión del agua en la cuenca

Partiendo de la revisión del Diagnóstico Integral Participativo del 2018 y empleando el marco ADR se convocaron grupos de representantes que podrían tener concurrencia en cada una de las problemáticas/acciones que afronta la Cuenca del Río Pampa Huari. En el taller de identificación de problemas que tuvo lugar el 02 de septiembre del 2020 los actores pudieron validar problemáticas recurrentes e identificar otras recientes, como por ejemplo las afectaciones de estructuras vitales por causa de eventos extremos. El limitado acceso al agua, la contaminación del agua de varios afluentes, la degradación de tierras y el incumplimiento de políticas agroambientales son, entre otros, los principales problemas

identificados. Esta información sistematizada dio lugar a la conformación de cuatro temáticas centrales (Agua y Saneamiento, Cuerpos de Agua y Funciones Ambientales, Sector Minero y Sector Agropecuario) y dos temáticas transversales (Pobreza y Género y Riesgos Hidroclimáticos) con sus respectivas dimensiones y algunos potenciales indicadores que permiten abordar de forma comprensiva las distintas problemáticas de la cuenca, así como profundizar en las transformaciones que se requieren para generar el cambio. En la revisión del diagnóstico no se encontró profundización de las temáticas transversales de riesgos hidroclimáticos y género y equidad social, sin embargo, a partir del ejercicio participativo, se vio la necesidad de desarrollarlos (Figura 49).

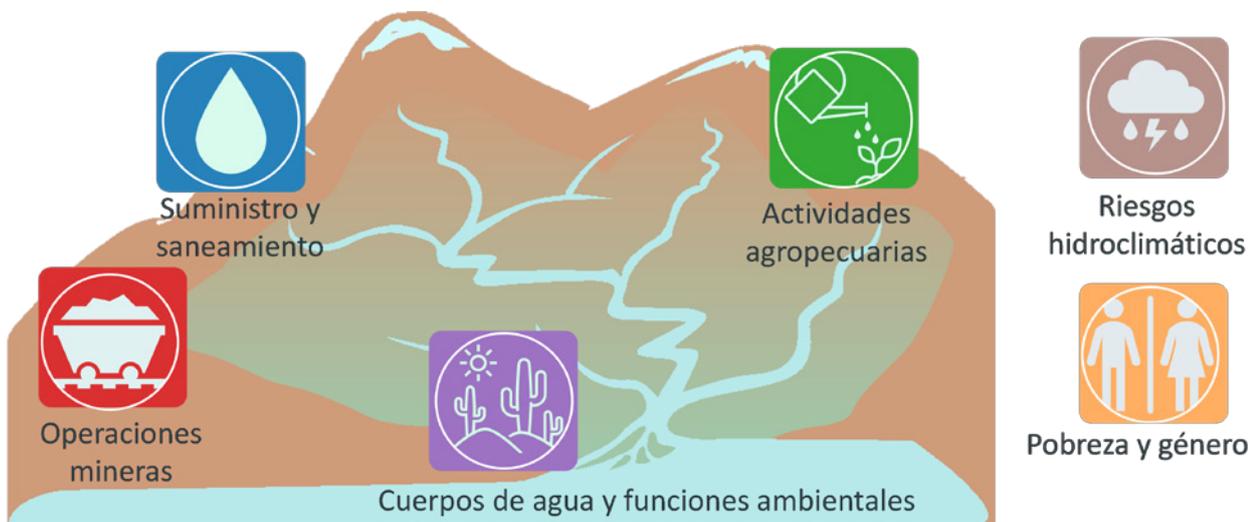


FIGURA 49. EJES TEMÁTICOS CONFORMADOS PARA ANALIZAR LA VULNERABILIDAD DE LA CUENCA

La conformación de los seis ejes estratégicos también tuvo consideraciones que emergieron durante la sistematización de la información como las siguientes:

- En la temática de Agua y Saneamiento no se identificaron avances en acciones estratégicas para abordar las problemáticas. La mayoría de las acciones no cuentan con estudios; sin embargo, se identificó que en el marco del desarrollo del

Plan Maestro de Agua y Saneamiento Ambiental de la ciudad de Potosí se podrían involucrar estudios que condujeran a construir la PTAR en la ciudad de Potosí, ampliar y/o mejorar la red de alcantarillado de la ciudad de Potosí y mejorar la gestión de la demanda de agua. También se identificó que existe una brecha en los servicios de agua potable y saneamiento y gestión de residuos sólidos entre las zonas rurales y zonas urbanas. Para la anterior, se identificó la

necesidad de involucrar actores claves como la empresa prestadora de servicio de agua y saneamiento en la ciudad de Potosí (AAPOS), la consultora que ejecutaba el Plan Maestro, los Gobiernos Autónomos Municipales (GAMs) de Potosí, Yocalla y Tinguipaya, la Secretaría de la Madre Tierra de la Gobernación de Potosí y actores sociales locales.

- Por su parte en la temática Cuerpos de Agua y Funciones Ambientales se resaltaron algunos avances de acciones que podrían ser retomadas en el marco de la formulación del PDC, en particular relacionadas con i) el monitoreo comunitario de calidad de agua y plataformas de acceso público a dicha información y ii) la caracterización de las fuentes de agua para el abastecimiento de la ciudad de Potosí para priorizar acciones de reforestación en estas cuencas. El grupo de participantes en la sesión propuso varias acciones complementarias o adicionales a las inicialmente consideradas en las etapas previas del PDC asociadas a la temática de funciones ambientales. Algunas más alienadas con otros instrumentos de planificación con el fin de mejorar el ordenamiento territorial y la zonificación productiva para articular la actividad minera a los requerimientos de las zonas prestadoras de funciones ambientales (provisión, regulación, etc.), y otras más enmarcadas en la formulación del PDC para el fortalecimiento institucional para avanzar en capacidades de seguimiento y aplicación de las normas ambientales a las minas activas. Se identificaron como actores claves la AAPOS, los Gobiernos Autónomos Municipales (GAMs) de Potosí, Yocalla y Tinguipaya, el Gobierno Autónomo del Departamental de Potosí (GADP, especialmente la Secretaría de la Madre Tierra), grupos de la sociedad civil, y el MMAyA.

- En la temática de Minería se resaltó que no se han tenido avances significativos en las acciones planteadas durante el Diagnóstico del 2018. Si bien se reconocen algunos esfuerzos en algunas acciones para mitigar el impacto de la minería como el Sistema de Monitoreo de Vigilancia Hídrica (SIMOVH), todavía existe una amenaza tanto en cuerpos de agua como en suelos agrícolas por los drenajes ácidos de la minería (DAR y DAM) en la cuenca. Además, se identifica la falta de coordinación entre instituciones para compartir la información, que en la mayoría de los casos resulta ser limitada. Consecuentemente, el monitoreo para aplicación de la normativa ambiental sería la acción que permitiría tener avances importantes,

sin embargo, las instituciones locales tienen recursos muy limitados para el seguimiento. Como actores claves se identificaron a los GAMs, el Gobierno Autónomo de Potosí (secretaría de la Madre Tierra), la Autoridad Jurisdiccional Administrativa Minera (AJAM) del Ministerio de Minas y Metalurgia, el MMAyA y las cooperativas mineras (ej. COMIBOL).

- En la temática Agropecuaria se expresó que las acciones estratégicas planteadas no han tenido ningún avance significativo por lo que la problemática resultaría ser similar a la encontrada en el diagnóstico. Dado que se considera que la cantidad y la calidad de las fuentes hídricas y suelos agrícolas como una limitante para el desarrollo agrícola, una acción importante resulta ser la construcción de la PTAR de la ciudad de Potosí y la evaluación del potencial de reúso de las aguas residuales tratadas en agricultura. Por otro lado, durante el taller se comentó que una necesidad imperativa resulta ser la revitalización de áreas de agricultura de secano o sistemas de riego rústicos a métodos tecnificados y el fortalecimiento de las capacidades de gestión y operación de estos sistemas por parte de asociaciones de usuarios. Como actores claves se identificaron a los GAMs, el Gobierno Autónomo de Potosí (secretaría de la Madre Tierra), el VRHR del MMAyA y grupos sociales.

- Finalmente, en las temáticas transversales como Equidad y Pobreza y Riesgos Hidroclimáticos se relacionaron algunas acciones enmarcadas en monitoreo de parámetros ambientales de calidad y cantidad, así como plataformas públicas para acceder a la información y para tener participación y voz por parte de lideresas. Dentro de los actores que podrían tener relevancia se identificaron a los GAMs, el Gobierno Autónomo Departamental de Potosí (Secretaría de la Madre Tierra), y el SENAMHI (implementación de sistemas de alertas tempranas).

5.2 Vulnerabilidades priorizadas en la cuenca

La evaluación de la vulnerabilidad buscó responder algunas preguntas orientadoras como las que se comparten en la **Figura 50** de abajo y culminó con un taller presencial el día 4 de octubre de 2021 donde se compartió la metodología seguida, se evaluaron y validaron los hallazgos principales por ejes temáticos por Mesas Técnicas de trabajo.

¿Cuáles son nuestros ejes temáticos/problemáticas?

¿Cuáles son las vulnerabilidades en la cuenca? Y ¿Cómo reducirla?

¿Qué es la vulnerabilidad y cómo la medimos?

Trabajo de Mesas Técnicas para evaluar acciones en la cuenca

FIGURA 50. PREGUNTAS ORIENTADORAS PARA ANALIZAR LA VULNERABILIDAD EN LA CUENCA PAMPA HUARI

5.2.1 Caudales disponibles

La Figura 51 muestra la matriz de vulnerabilidad de caudales en diferentes tramos de la cuenca Pampa Huari. Al lado derecho de la misma figura se pueden observar los principales cauces de la cuenca, empezando por el río Tarapaya que drena las aguas de la cuenca y en su desembocadura

termina con un caudal promedio de 2,5 MCS. Al lado izquierdo de la Figura 51 se muestra la diferencia porcentual respecto a relación a valores históricos de los caudales medios, extremos mínimos, de transición (octubre) y extremos máximos.

Impactos del cambio climático en caudales

Porcentaje de cambio en relación al clima histórico (primera columna)

102 Tasa... 103 Pobl... 104 Cultiv.	0 Histo	Caudal-Media_CMS			Caudal-ExtremoMínimo_CMS			Caudal transición (Octubre)			Caudal-ExtremoMáximo_CMS						
		1 CMCC	2 CMCC	3 IPSL s.	0 Histo	1 CMCC	2 CMCC	3 IPSL s.	0 Histo	1 CMCC	2 CMCC	3 IPSL s.					
0 Tasa Poblacion baja	0 Cultiv.	0.00%	3.39%	-22.97%	-23.14%	0.00%	-21.39%	-19.18%	-41.96%	0.00%	-1.38%	-25.97%	-26.36%	0.00%	-31.96%	48.55%	-32.42%
	1 Frutal	0.00%	3.39%	-22.98%	-23.16%	0.00%	-21.51%	-18.80%	-41.70%	0.00%	-1.43%	-26.10%	-26.50%	0.00%	-31.95%	48.55%	-32.42%
	2 Hortal	0.00%	3.40%	-22.93%	-23.11%	0.00%	-22.00%	-20.30%	-42.38%	0.00%	-1.45%	-25.80%	-26.28%	0.00%	-31.95%	48.55%	-32.41%
1 Poblacion 2026	0 Cultiv.	0.00%	3.44%	-22.99%	-23.15%	0.00%	-21.42%	-19.11%	-41.92%	0.00%	-1.95%	-24.77%	-25.57%	0.00%	-31.98%	48.53%	-32.42%
	1 Frutal	0.00%	3.44%	-23.01%	-23.18%	0.00%	-21.54%	-18.73%	-41.65%	0.00%	-2.00%	-24.90%	-25.70%	0.00%	-31.98%	48.53%	-32.42%
	2 Hortal	0.00%	3.44%	-22.95%	-23.12%	0.00%	-22.05%	-20.34%	-42.37%	0.00%	-2.03%	-24.59%	-25.47%	0.00%	-31.97%	48.53%	-32.42%
2 Poblacion 2036	0 Cultiv.	0.00%	3.45%	-23.05%	-23.21%	0.00%	-21.46%	-18.99%	-41.82%	0.00%	-2.28%	-24.92%	-25.69%	0.00%	-31.90%	48.72%	-32.35%
	1 Frutal	0.00%	3.45%	-23.07%	-23.23%	0.00%	-21.58%	-18.58%	-41.56%	0.00%	-2.33%	-25.05%	-25.82%	0.00%	-31.90%	48.72%	-32.35%
	2 Hortal	0.00%	3.44%	-23.02%	-23.18%	0.00%	-22.13%	-20.29%	-42.30%	0.00%	-2.35%	-24.73%	-25.58%	0.00%	-31.98%	48.53%	-32.43%
1 Tasa Poblacion media	0 Cultiv.	0.00%	3.41%	-22.97%	-23.14%	0.00%	-21.40%	-19.19%	-41.96%	0.00%	-0.92%	-25.35%	-26.05%	0.00%	-31.95%	48.55%	-32.41%
	1 Frutal	0.00%	3.41%	-22.99%	-23.17%	0.00%	-21.52%	-18.81%	-41.70%	0.00%	-0.96%	-25.48%	-26.18%	0.00%	-31.95%	48.55%	-32.41%
	2 Hortal	0.00%	3.41%	-22.93%	-23.11%	0.00%	-22.01%	-20.30%	-42.37%	0.00%	-0.98%	-25.17%	-25.96%	0.00%	-31.94%	48.55%	-32.40%
1 Poblacion 2026	0 Cultiv.	0.00%	3.43%	-23.01%	-23.17%	0.00%	-21.42%	-19.11%	-41.92%	0.00%	-2.20%	-24.82%	-25.60%	0.00%	-31.97%	48.52%	-32.43%
	1 Frutal	0.00%	3.43%	-23.03%	-23.19%	0.00%	-21.54%	-18.73%	-41.65%	0.00%	-2.25%	-24.95%	-25.74%	0.00%	-31.97%	48.52%	-32.43%
	2 Hortal	0.00%	3.43%	-22.97%	-23.14%	0.00%	-22.05%	-20.34%	-42.37%	0.00%	-2.27%	-24.64%	-25.50%	0.00%	-31.97%	48.52%	-32.43%
2 Poblacion 2036	0 Cultiv.	0.00%	3.45%	-23.07%	-23.22%	0.00%	-21.45%	-18.99%	-41.82%	0.00%	-2.35%	-24.98%	-25.74%	0.00%	-31.88%	48.73%	-32.36%
	1 Frutal	0.00%	3.45%	-23.09%	-23.24%	0.00%	-21.57%	-18.57%	-41.56%	0.00%	-2.40%	-25.11%	-25.87%	0.00%	-31.88%	48.73%	-32.36%
	2 Hortal	0.00%	3.45%	-23.04%	-23.19%	0.00%	-22.12%	-20.28%	-42.29%	0.00%	-2.43%	-24.79%	-25.63%	0.00%	-31.88%	48.74%	-32.36%
1 Poblacion 2026	0 Cultiv.	0.00%	3.42%	-22.98%	-23.15%	0.00%	-21.40%	-19.19%	-41.96%	0.00%	-0.94%	-24.75%	-25.55%	0.00%	-31.93%	48.55%	-32.41%
	1 Frutal	0.00%	3.42%	-23.00%	-23.17%	0.00%	-21.52%	-18.81%	-41.70%	0.00%	-0.99%	-24.88%	-25.68%	0.00%	-31.93%	48.55%	-32.41%
	2 Hortal	0.00%	3.42%	-22.94%	-23.12%	0.00%	-22.00%	-20.30%	-42.37%	0.00%	-1.01%	-24.57%	-25.45%	0.00%	-31.92%	48.55%	-32.41%
2 Tasa Poblacion alta	0 Cultiv.	0.00%	3.44%	-23.03%	-23.18%	0.00%	-21.41%	-19.11%	-41.92%	0.00%	-2.26%	-24.88%	-25.64%	0.00%	-32.00%	48.51%	-32.44%
	1 Frutal	0.00%	3.44%	-23.05%	-23.20%	0.00%	-21.53%	-18.73%	-41.65%	0.00%	-2.31%	-25.01%	-25.78%	0.00%	-32.00%	48.51%	-32.44%
	2 Hortal	0.00%	3.44%	-22.99%	-23.15%	0.00%	-22.04%	-20.35%	-42.37%	0.00%	-2.34%	-24.69%	-25.54%	0.00%	-31.99%	48.51%	-32.44%
1 Poblacion 2026	0 Cultiv.	0.00%	3.45%	-23.10%	-23.24%	0.00%	-21.45%	-18.99%	-41.31%	0.00%	-2.45%	-25.05%	-25.80%	0.00%	-31.99%	48.47%	-32.50%
	1 Frutal	0.00%	3.44%	-23.12%	-23.26%	0.00%	-21.58%	-18.58%	-41.04%	0.00%	-2.50%	-25.19%	-25.94%	0.00%	-31.99%	48.47%	-32.50%
	2 Hortal	0.00%	3.45%	-23.06%	-23.21%	0.00%	-22.12%	-20.29%	-41.79%	0.00%	-2.53%	-24.87%	-25.70%	0.00%	-31.98%	48.48%	-32.50%

Legenda de tamaño del mapa en base a caudales promedio en ...
 0.000 1.000 2.000
 0.500 1.500 2.490

Seleccione los tramos de los rios para filtrar secciones de la cuenca



FIGURA 51. MATRIZ DE VULNERABILIDAD DE CAUDALES MEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS EN LA CUENCA PAMPA HUARI

La variación de caudales responde principalmente a los escenarios de clima futuro donde el porcentaje de cambio en relación con el clima histórico y caudal medio resulta bastante alto para caudales extremos y de estiaje. El caudal medio tendría una disminución por debajo del 20%, mucho más significativa que el aumento que

no superaría el 5%. Lo anterior puede significar un impacto enorme en los cuerpos de aguas y sus funciones ambientales a causa de la disminución de la disponibilidad hídrica en el mediano y largo plazo. No se observan impactos apreciables en el caudal por incertidumbres como cambio en la población de la cuenca y patrones de cultivos.

Por otro lado, analizando algunos componentes de balance hídrico (**Figura 52**), y especialmente los relacionados con el caudal, se observa que tanto el flujo base como el interflujo serían afectados negativamente bajo escenarios de cambio climático. Incluso la diferencia porcentual con respecto al histórico muestra que el flujo superficial solo tendría un incremento (14%) bajo el escenario climático optimista (húmedo), mientras que en los escenarios climáticos

pesimistas (seco y muy seco) se tendría también una disminución. Aunque esto no resulta nuevo, si llama la atención que la disminución en el flujo base tendría una repercusión en la recarga de aguas subterráneas. Esta situación afectaría considerablemente a la población puesto que esta es una de las potenciales alternativas para garantizar un abastecimiento constante para las diferentes actividades que tienen lugar en la cuenca.

Balance Hídrico: Cambios de flujo con respecto al clima histórico (primer columna con valores 0%)

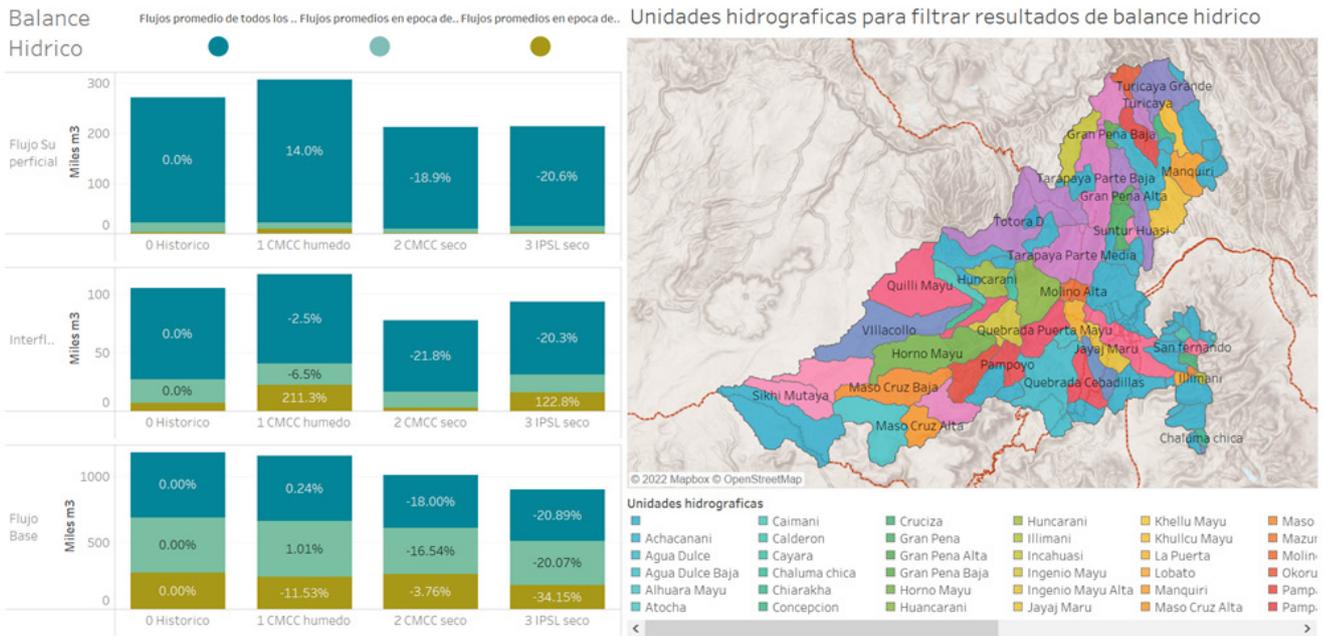


FIGURA 52. COMPONENTES DEL CAUDAL BAJO DIFERENTES ESCENARIOS CLIMÁTICOS

5.2.2 Calidad de agua superficial

La vulnerabilidad de las comunidades que habitan la cuenca relacionada con la calidad de agua de las fuentes superficiales se evaluó de acuerdo con la clasificación de calidad de agua que se realiza a cada tramo de los ríos que han sido monitoreados. Para ello se divide la cuenca en parte alta y media y se ubican espacialmente los tramos de los ríos con sus clasificaciones, los vertedores y los usuarios del agua. De acuerdo con la proximidad de dichas comunidades a las fuentes de agua se determina su vulnerabilidad a la contaminación. En la **Figura 53** se presenta la ubicación de puntos de monitoreo y su clasificación, la ubicación de vertedores y de usuarios en la parte alta cuenca Pampa Huari. En la **Tabla 22** se presenta los ríos en la parte alta de la cuenca que tienen mediciones y su clasificación, los parámetros que exceden los límites permisibles de calidad de agua, el riesgo a la salud humana que genera esa concentración, si el agua es apta para consumo humano y para agricultura y las comunidades que pueden verse

afectadas por esta contaminación. En la **Figura 54** y la **Tabla 23** se presenta el mismo análisis para la parte media de la cuenca Pampa Huari.

Nótese que el mayor riesgo para las comunidades es el consumo de agua con Plomo, pues excede las concentraciones máximas permisibles aun con tratamiento de agua para consumo humano. El plomo en altas concentraciones puede producir Anemia, hipertensión, disfunción renal, toxicidad en los órganos reproductores.

La concentración de oxígeno disuelto es baja en varias de las mediciones y este parámetro puede afectar al ecosistema y sus especies, si la disminución es prolongada e inferior a 4 mg/l para la mayoría de las especies.

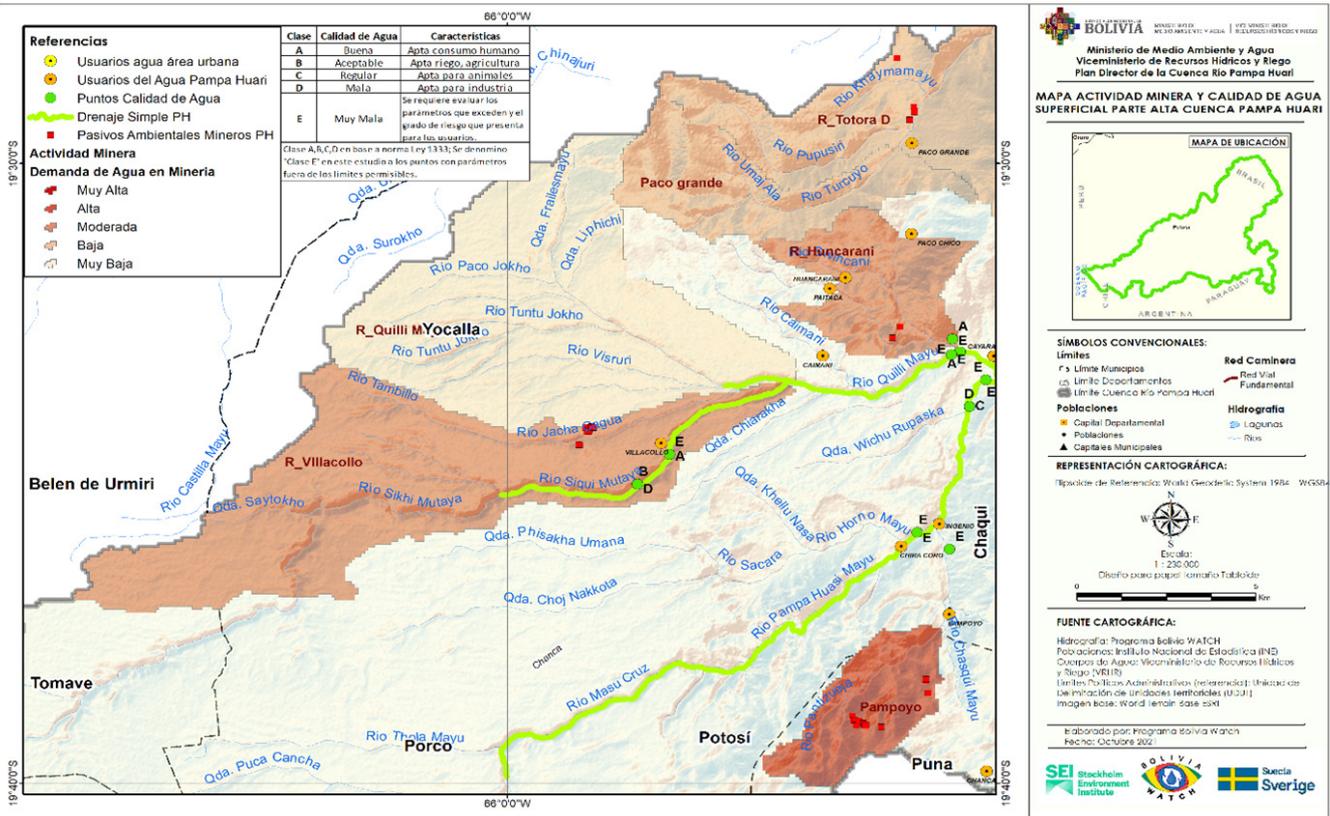


FIGURA 53. CONTAMINACIÓN E IMPACTOS EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA PAMPA HUARI

Cuenca	Río	Clase	Parámetros excedentes	Actividades de Impacto	Riesgos para la salud	¿Apto para consumo humano?	¿Apto para Agricultura?	Comunidades cercanas
Río Pampoyo	Pantizueja	E	Plomo fuera del límite, alta concentración de sólidos.	Minería Alta	Anemia, hipertensión, disfunción renal, toxicidad en los órganos reproductores	NO	NO	Pampoyo, Ingenio
Río Ingenio Mayu Alta	Río Ingenio Mayu	E	Plomo fuera del límite, alta concentración de sólidos.	Minería Alta	Anemia, hipertensión, disfunción renal, toxicidad en los órganos reproductores	NO	NO	Chira Coro
Río Villa Collo	Río Siqui Mutaya	A	Dentro los límites	Minería moderada a baja		Requiere un muestreo de análisis completo		Villacollo
Río Villa Collo	Río Siqui Mutaya	D	Oxígeno Disuelto	Minería Moderada		NO		Villacollo

TABLA 22. IMPACTOS Y CALIDAD DE AGUA EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA PAMPA HUARI

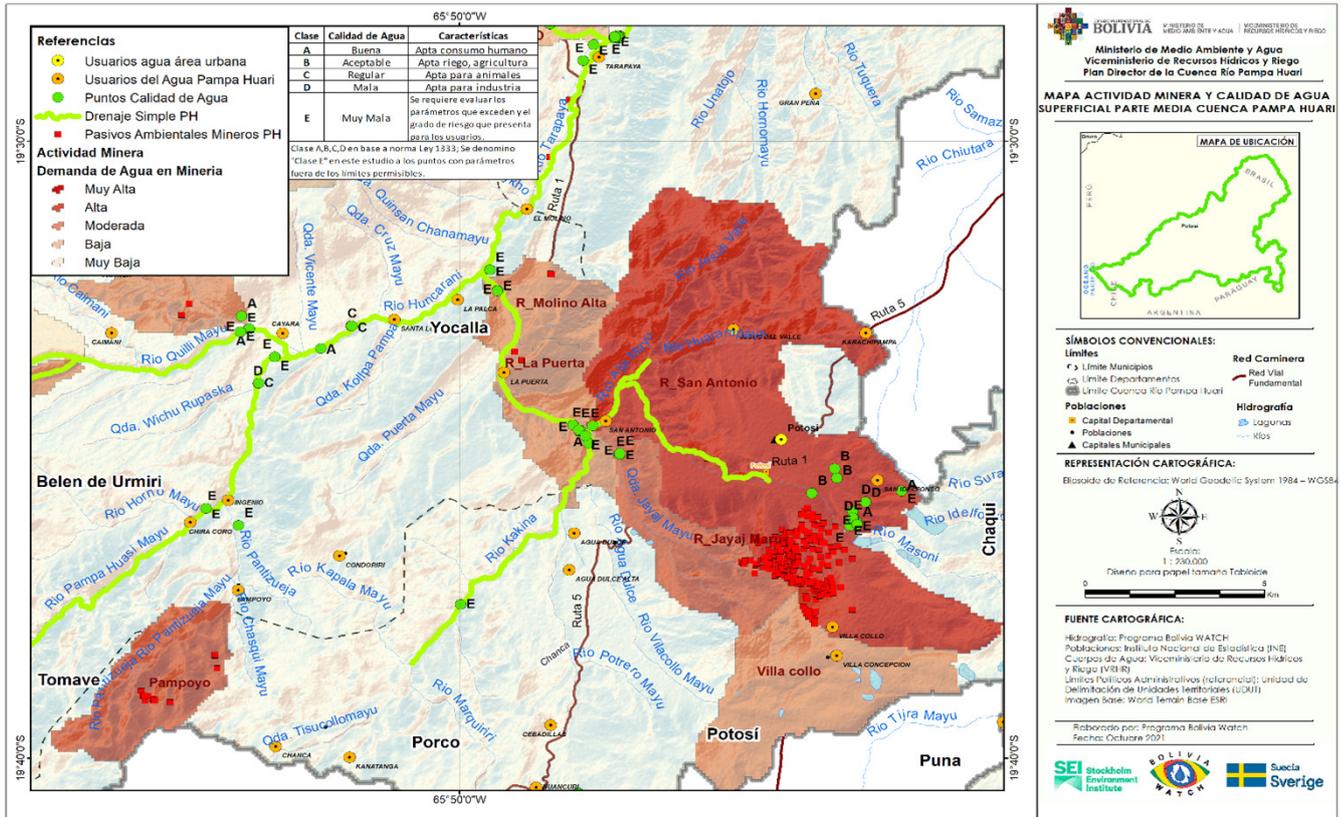


FIGURA 54. CONTAMINACIÓN E IMPACTOS EN PARTE MEDIA DE LA CUENCA PAMPA HUARI

Cuenca	Río	Clase	Parámetros excedentes	Actividades de Impacto	Riesgos para la salud	¿Apto para consumo humano?	¿Apto para Agricultura?	Comunidades cercanas
Rio Ingenio Mayu Baja	Ingenio Mayu	D	Oxígeno Disuelto	Minería Moderada	Requiere tratamiento completo para su consumo	NO	NO	No tiene poblaciones cercanas
Quebrada Wislurimayú	Quilli Mayu	E	Plomo fuera del límite, alta concentración de sólidos.	Influencia directa de actividad minera aguas arriba	Anemia, hipertensión, disfunción renal, toxicidad en los órganos reproductores	NO	NO	Cayara
Quebrada Wislurimayú	Quilli Mayu	D	Oxígeno Disuelto	Influencia directa de actividad manera aguas arriba	Requiere tratamiento completo para su consumo	NO	NO	Cayara
Rio Santa Lucia	Huancarai	C	alta concentración de sólidos	Minera Moderada	Requiere tratamiento, filtración y desinfección	NO	SI	Santa Lucia, La Palca

TABLA 23. IMPACTOS Y CALIDAD DE AGUA EN LA PARTE MEDIA DE LA CUENCA

Con esta información se identificaron los tramos que presentan conflicto debido a la calidad de agua y los usuarios existentes en el tramo. El análisis se realizó de acuerdo con la fecha del muestreo, entendiendo que las concentraciones de calidad de agua deben variar de acuerdo con el caudal en la fuente hídrica. De acuerdo con la variabilidad climática se identifican épocas de lluvia y estiaje. (Figura 55 y Figura 56).

Los tramos clasificados como Clase E en época de lluvia (Figura 55), que presentan concentraciones que exceden los límites máximos permisibles

para usar el agua para consumo humano son:

- Río Ingenio Mayu tramos puntos: 1025, 1021
- Río Pantizuela: 1024
- Río Quilli Mayu tramos puntos: 1020
- Río Agua dulce tramos punto: 1023, 1008, 1006, 1029
- Qda. Jayaj Mayu tramos puntos: 1004, 1005
- Río Alja Mayu tramos puntos: 1022, 1002, 1033
- Río Tarapaya tramos puntos: 1026, 1035, 1001, 1010, 1036, 1009,
- Río Masoni tramos puntos: 1003, 1028,
- Río Cusi Mayu tramos puntos 1027

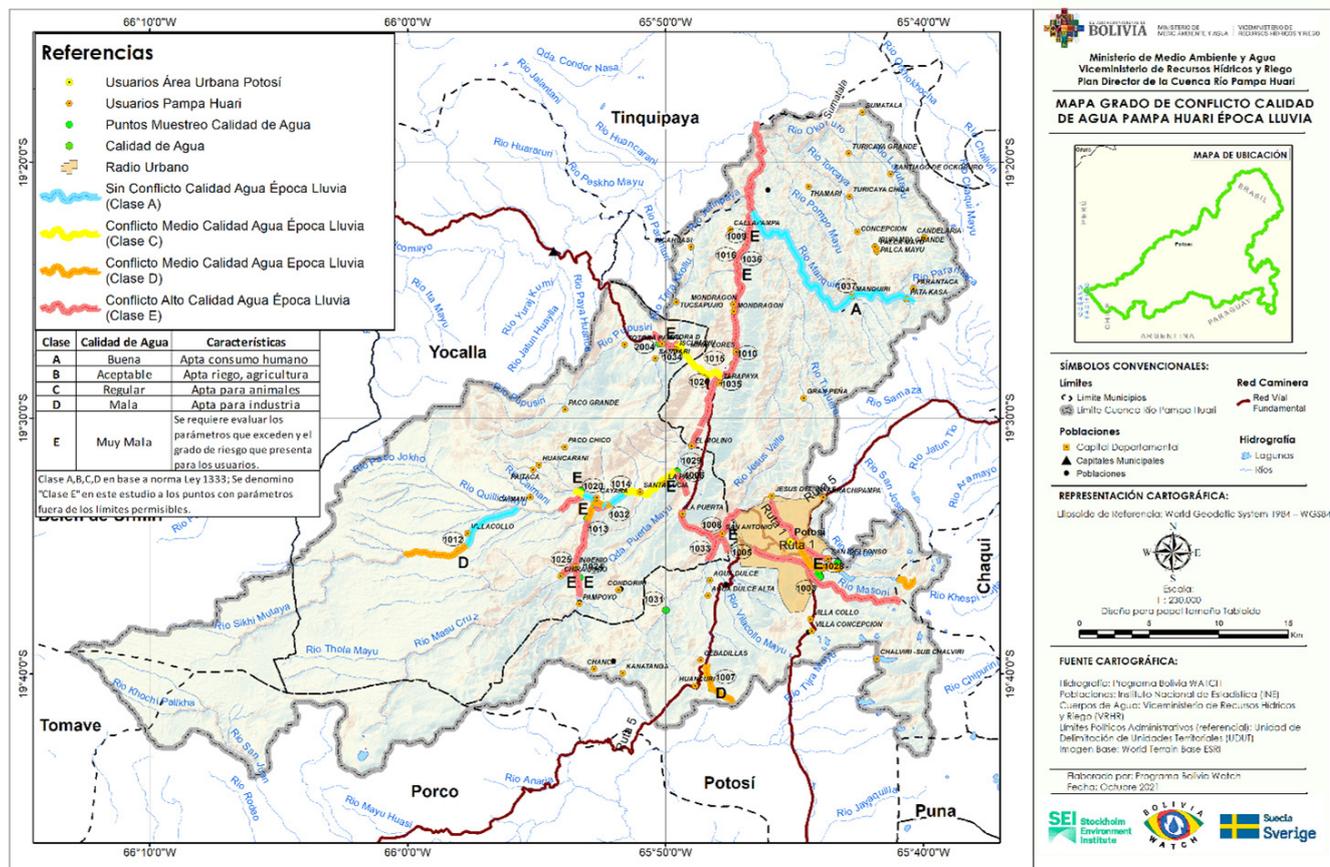


FIGURA 55. MAPA TRAMOS CONFLICTO CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL PAMPA HUARI ÉPOCA DE LLUVIAS

En época de estiaje (Figura 56) los datos en los ríos Tarapaya, Aljamayu, río Señoritaj Marpi, río Agua Dulce, río Totorá D, río Pupusiri, río Quilli Mayu, río Ingenio Mayu, río Pantizueja, río Siqui Mutaya, río Kakina, presentan valores de los parámetros muestreados con una calidad de agua que exceden los parámetros aceptables por la presencia de concentraciones de plomo, cianuro libre, aluminio, amonio, antimonio, cloro libre.

De acuerdo con la clasificación de los ríos, las áreas de contaminación más críticas en la cuenca se clasificaron como clase E, por tener

parámetros que exceden límites admisibles. La mayor fuente de esta contaminación está relacionada con las actividades mineras. Los usuarios con vulnerabilidad de alta a muy alta son las poblaciones: La Puerta, San Idelfonso, Villa Collo, Villa Concepción, San Antonio, La Palca, El Molino, Jesús del Valle. Los usuarios con Vulnerabilidad Alta por encontrarse aguas abajo de las áreas de actividades mineras y afluentes son: Tarapaya, Miraflores, Mondragón.

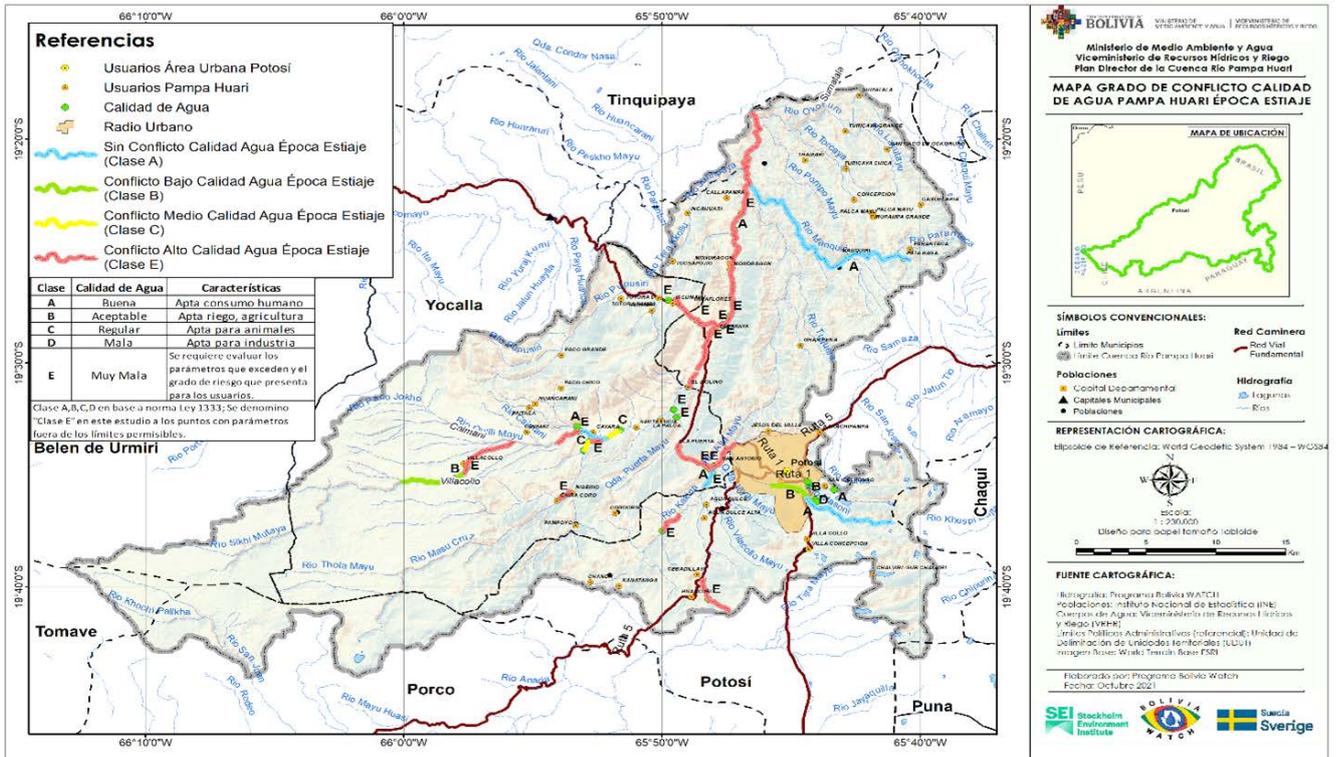


FIGURA 56. MAPA TRAMOS CONFLICTO CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL PAMPA HUARI ÉPOCA DE ESTIAJE

5.2.3 Funciones Ambientales

Por las características biofísicas de la cuenca del río Pampa Huari, ésta presenta deterioros ambientales complejos, siendo esto mucho más visibles a nivel de las microcuencas (promedio 100 km²) con características muy particulares en cuanto al grado de degradación en las partes altas, medias y bajas. Así mismo, estas microcuencas se encuentran influenciadas por la expansión caótica de los asentamientos urbanos, semi urbanos y otros factores, que se han venido dando debido al cambio de uso de los suelos. La degradación de las microcuencas se atribuye a algunos factores naturales como litología (tipo de material), pendientes e inestabilidad de la zona; así como otros factores antrópicos como mala gestión de sistemas de siembra y manejo de áreas agrícolas, actividades mineras y planificación territorial inadecuada. En este sentido, se desarrolló una metodología de priorización de cuencas que permite hacer más eficiente la asignación de los recursos en aquellas unidades hidrográficas que lo requieran con mayor urgencia. Para más información de la metodología empleada para evaluar y priorizar áreas susceptibles a degradación de sus funciones ambientales consultar la sección en anexos de vulnerabilidades priorizadas en **Anexo B1. Funciones Ambientales**.

De acuerdo con lo anterior se identificaron tres unidades hidrográficas para ser priorizadas debido

a la degradación de sus funciones ambientales con el fin de promover la implementación de proyectos de GIRH y MIC. Lo anterior fue socializado y concertado con unidades técnicas de los municipios de Potosí, Yocalla y con la Gobernación de Potosí. En esta concertación también se planteó un orden de prioridad de intervención en la cuenca del río Pampa Huari, teniendo en cuenta las siguientes características:

- **Prioridad 1 Microcuenca Kari Kari:** Protección de las fuentes de agua para la población de Potosí
- **Prioridad 2 Microcuenca Santa Lucia:** Reversión de procesos de erosión, mejora de la gestión del agua para producción. Cuenca modelo pedagógica.
- **Prioridad 3 Microcuenca Villacollo:** Protección de la biodiversidad en cabeceras y fuentes de agua para la producción agrícola bajo riego.

En la **Figura 57** se presenta el mapa de unidades hidrográficas priorizadas y concertadas.

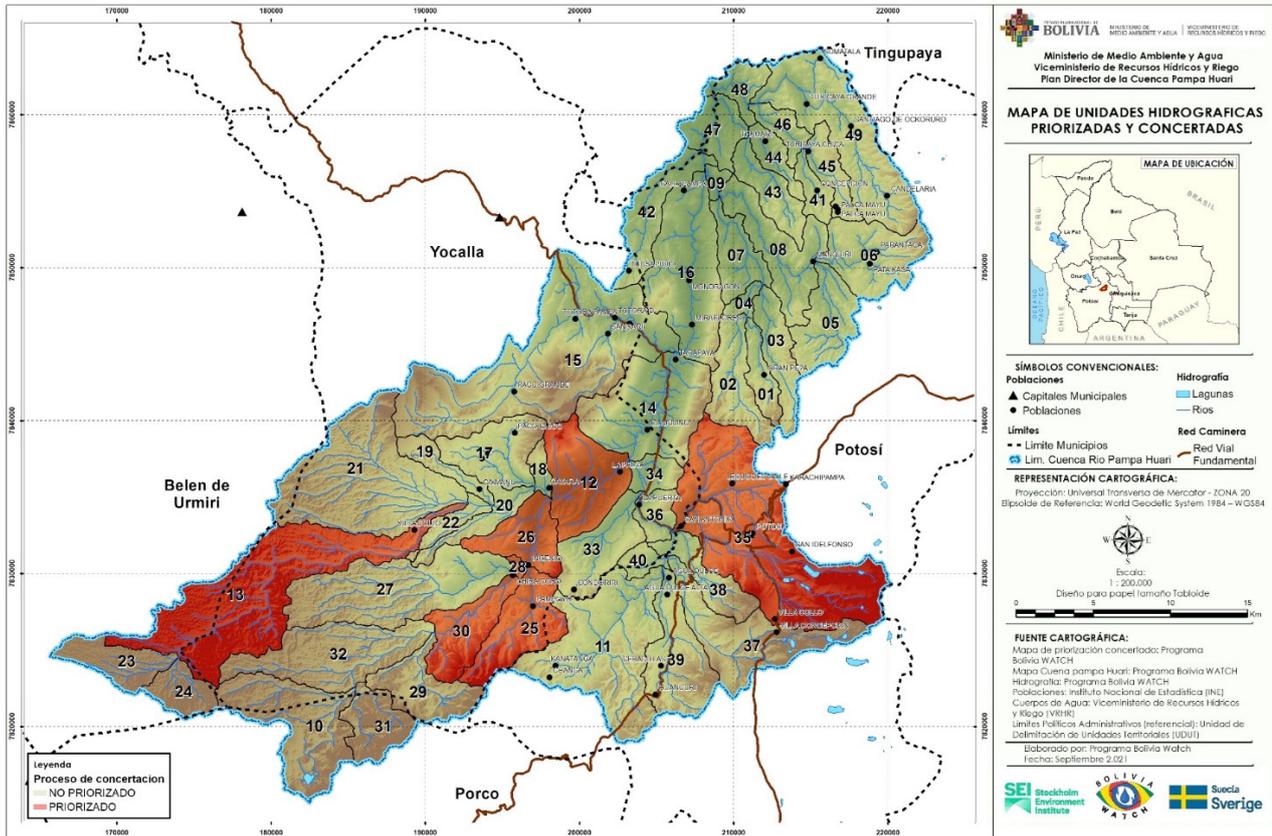


FIGURA 57. MAPA DE PRIORIZACIÓN DE MICROCUENCAS EN EL PROCESO DE CONCERTACIÓN PARA LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI

PROBLEMÁTICAS PRINCIPALES ASOCIADAS A LAS MICROCUENCAS PRIORIZADAS
 A continuación, se destacan algunas

características relacionadas con las problemáticas principales de las tres microcuencas prioritizadas en la cuenca Pampa Huari (Figura 58).

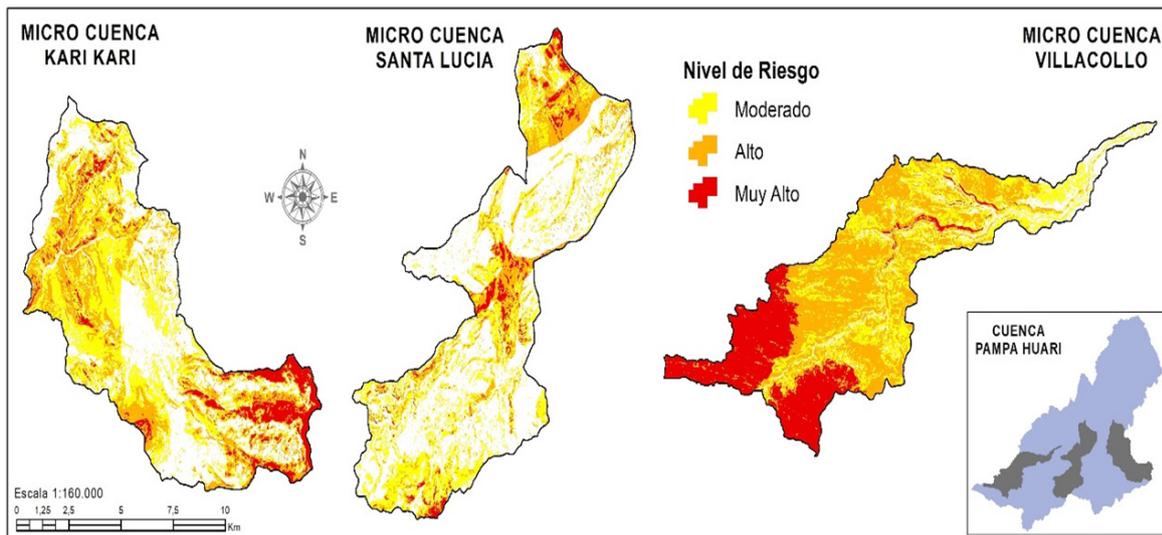


FIGURA 58. MICROCUENCAS PRIORIZADAS POR PRESENTAR MAYOR VULNERABILIDAD

MICROCUENCA KARI KARI

La microcuenca tiene un área de 91 km², colinda al norte con la unidad hidrográfica de código 86695, al sur con la unidad hidrográfica de código 86889, al este con el río Chaquimayu. Las aguas que provienen de las precipitaciones pluviales en la serranía del Kari Kari son utilizadas para el suministro del agua que contemplan

las subcuencas del sistema San Ildefonso, San Sebastian, y Chaviri.

En la microcuenca Kari Kari, se presentan diferentes características de acuerdo con la altura, topografía y pendiente. El uso del territorio presenta actividades de agricultura bajo riego, pastoreo y bosques nativos (identificando

unidades extractivas y productivas).

Desde el punto de vista socioeconómico, se tiene una población aproximada de 177.079 habitantes agrupados en 35.425 familias pertenecientes a las comunidades Villa Collo, San Idelfonso, ciudad de Potosí, San Antonio, y Jesús del Valle. Dentro de las actividades predominantes se destacan la minería, comercio informal y formal, industrial, turismo y ganadería. Si bien existen algunas organizaciones funcionales dentro de la Sección Municipal, no todas están reconocidas por éste, incluso algunas pasan desapercibidas.

Ambientalmente se identifican problemas de erosión, contaminación y deforestación, con pérdida de suelos agrícolas, siendo la escorrentía superficial y corrientes eólicas, asentamientos mineros ilegales y el desconocimiento de un plan de manejo las principales causas. Adicionalmente, la contaminación por las colas procedentes de la actividad minera sin control es un tema muy importante y recurrente.

MICROCUENCA SANTA LUCIA

La microcuenca tiene un área de 92 km², colinda al norte con la UH 86695, al sur con la UH 86889, al este con el río Chaquimayu. La red de drenaje está constituida por cuatro cauces, uno principal (desembocadura) y tres secundarios (tributarios), los cuales fluyen aguas abajo hacia el cauce del río Molino que a su vez tributa al río Tarapaya. A consecuencia de las riadas con alto arrastre de sedimentos se han erosionado las riberas, ocasionando pérdidas de terrenos de cultivo, ensanchando el lecho del río y produciendo sitios de playa ancha donde la erosión es activa. En términos socioeconómicos, se tiene una población aproximada de 1.773 habitantes agrupados en 345 familias pertenecientes a las comunidades Pampoyo, Chira Coro, Ingenio, Santa Lucia y La Palca. La actividad económica está concentrada en la minería, agricultura, especialmente frutícola y pecuaria, considerando que en la microcuenca se encuentran diferentes organizaciones sociales y sindicales como: Subcentral Santa Lucia, Organizaciones Originarias, Organizaciones de Regantes, OGC Santa Lucia. En términos ambientales, se identifican problemas de erosión hídrica, contaminación del agua (aguas servidas y también a causa de residuos sólidos como plásticos), y pérdida de prácticas ancestrales.

MICROCUENCA VILLACOLLO

La microcuenca tiene un área de 77 km², colinda al norte con el río Urmiri, Castillo Mayu, y Cerro Huaylla Khasay, al sur con el río San Juan. La red

de drenaje está constituida por tres cauces, uno principal (desembocadura) y dos secundarios (tributarios). Presenta tres pisos ecológicos y diferentes grados de erosión que resulta ser mayor en aquellas zonas con deficiente presencia de biomasa o donde se concentran las precipitaciones. Por lo general, los suelos presentan una textura franco arenoso, existiendo variaciones arenosas.

En la microcuenca se identificaron aproximadamente 35 familias con una población de unos 140 habitantes que se ubican principalmente en la comunidad de Villacollo. Las actividades económicas están basadas en el sistema de producción agrícola en la Subcentral de la microcuenca Villacollo del GAM Yocalla, y la producción es variada. En algunos casos con producción de subsistencia; en otros casos se generan excedentes mínimos para ser comercializados, siendo este el caso de la mayoría de las familias campesinas; y finalmente otros generan excedentes para la comercialización donde la producción agrícola se constituye como la principal fuente de ingresos.

Finalmente, se identifican problemas de erosión y contaminación con pérdida de suelos agrícolas. Siendo la salinidad de suelos, las precipitaciones fuertes y corrientes eólicas las principales causas (formación de nuevas cárcavas y arrastre de sedimentos).

5.2.4 Agua y saneamiento

Las problemáticas relacionadas con provisión de agua y saneamiento doméstico en la zona rural de la cuenca fueron identificadas a través de talleres participativos usando el marco ADR, revisión bibliográfica y visitas de campo. Las principales problemáticas identificadas fueron: i) La contaminación de fuentes de agua para consumo, ii) diferencias en las condiciones de acceso a servicios de agua y saneamiento entre zona rural y urbana, iii) la falta de tratamiento de las aguas residuales, incluido el reciclaje y reúso.

Para cuantificar la dimensión de estas problemáticas primero se definieron indicadores clave basados en el JMP detallados en la sección del **Modelo WASH-FLOWS** en este documento. Con la intención de calcular los valores actuales de estos indicadores se inició una recolección de datos, seguida de un post-procesamiento usando la herramienta WASH-FLOWS. La recolección de datos incluyó una encuesta a autoridades comunales y revisión de datos de cobertura de servicios de agua y saneamiento según el Censo

de Población y Vivienda del INE, 2012. Los datos recolectados se sistematizaron y analizaron 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.

Existen metas globales y nacionales para estos indicadores que bajo el marco de la metodología XLRM, se han denominado umbrales. 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.

PROVISIÓN DE AGUA DOMÉSTICA

Referente al suministro de agua para las 40 comunidades consideradas dentro de modelo WASH-FLOWS, se observó que 14 comunidades (35% del total) tienen un suministro menor a 50 l/hab-d, mientras que los 26 restantes (65% del total) presentan suministro de agua de entre 50 y 96 l/hab-d. La comunidad con mayor vulnerabilidad debido al bajo suministro entregado es Irupampa Grande, donde solamente se reciben alrededor de 6 l/hab-d de agua. La comunidad que más agua recibe es Miraflores, con un suministro diario de alrededor de 96 l/hab-d. De acuerdo con la norma NB-689, y tomando en cuenta las características geográficas de localización y

número de habitantes en cada comunidad (según censo INE 2012), las comunidades de Sumatala, Irupampa Chica, Santa Lucía y Cebadillas se encuentran por debajo de lo establecido como límite inferior de dotación diaria (30-70 l/hab-d). Es importante resaltar que las cifras presentadas sobre suministro fueron calculadas de acuerdo con información recabada mediante encuestas donde se recopilaban datos referentes al tipo y calidad de la infraestructura de abastecimiento de agua existente en cada comunidad, las cuales fueron realizadas en el año 2021.

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 cada comunidad. 8 de las 40 comunidades incluidas en la herramienta analítica WASH-FLOWS presentan vulnerabilidad con relación a sus servicios de agua, ya que menos del 69% de su población tiene acceso a servicios de agua gestionados de manera segura o básicos según lo establecido por el JMP. El umbral del 69% se tomó del Plan de Desarrollo Económico y Social (PDES) 2021-25, según lo estipulado en la meta 1.3 acción 1.3.3.2 del mismo. En la **Figura 59** se pueden observar en detalle los niveles de servicio de agua identificados para cada comunidad.

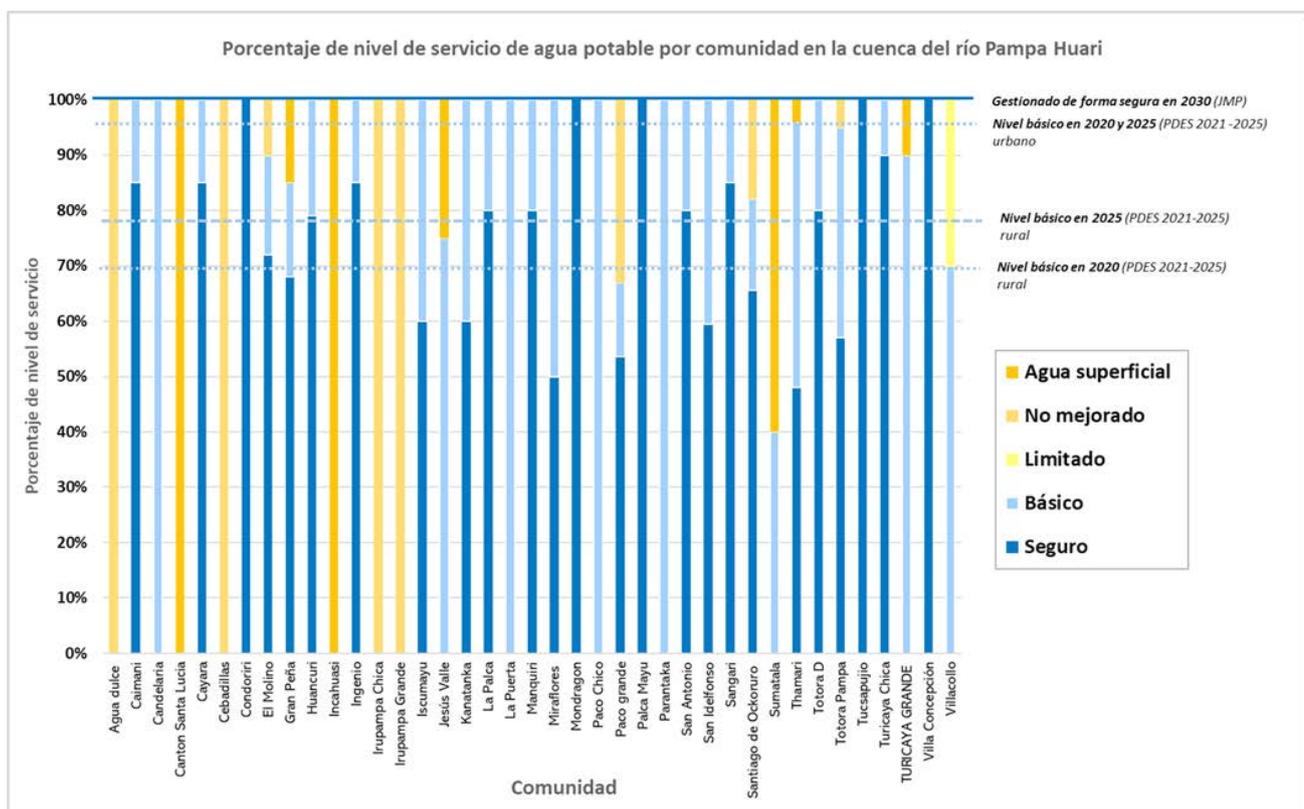


FIGURA 59. PROGRAMA CONJUNTO DE MONITOREO (JMP) AGUA – NIVEL DEL SERVICIO DE AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI

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. De las comunidades evaluadas, solamente 6 (15% del total) están por encima de la meta de cobertura de saneamiento a nivel básico establecida en el Plan de Desarrollo Económico y

Social (PDES) 2021-25. Según la meta 1.3 acción 1.3.3.2 del mismo, al 2020 las comunidades rurales deberían tener al menos un 45% de cobertura de saneamiento básico y las consideradas urbanas, al menos un 70,6%.

Las otras 34 comunidades se encuentran en estado de vulnerabilidad y sobresale que en promedio aproximadamente el 80% de las comunidades registra prácticas de defecación a campo abierto, variando desde el 5% en la población de El Molino, hasta un 100% en las comunidades de Agua Dulce, Callapampa, Candelaria, Condoriri, Irupamapa Grande, Kanatanka, Manquiri, Paco Chico, Palca Mayu, Parantaka, Santiago de Ockoruru, Thamari, Tucapujio, Turicaya Chica, Turicaya Grande y Villacollo. La **Figura 60** presenta los niveles de servicio de saneamiento determinados en cada comunidad.

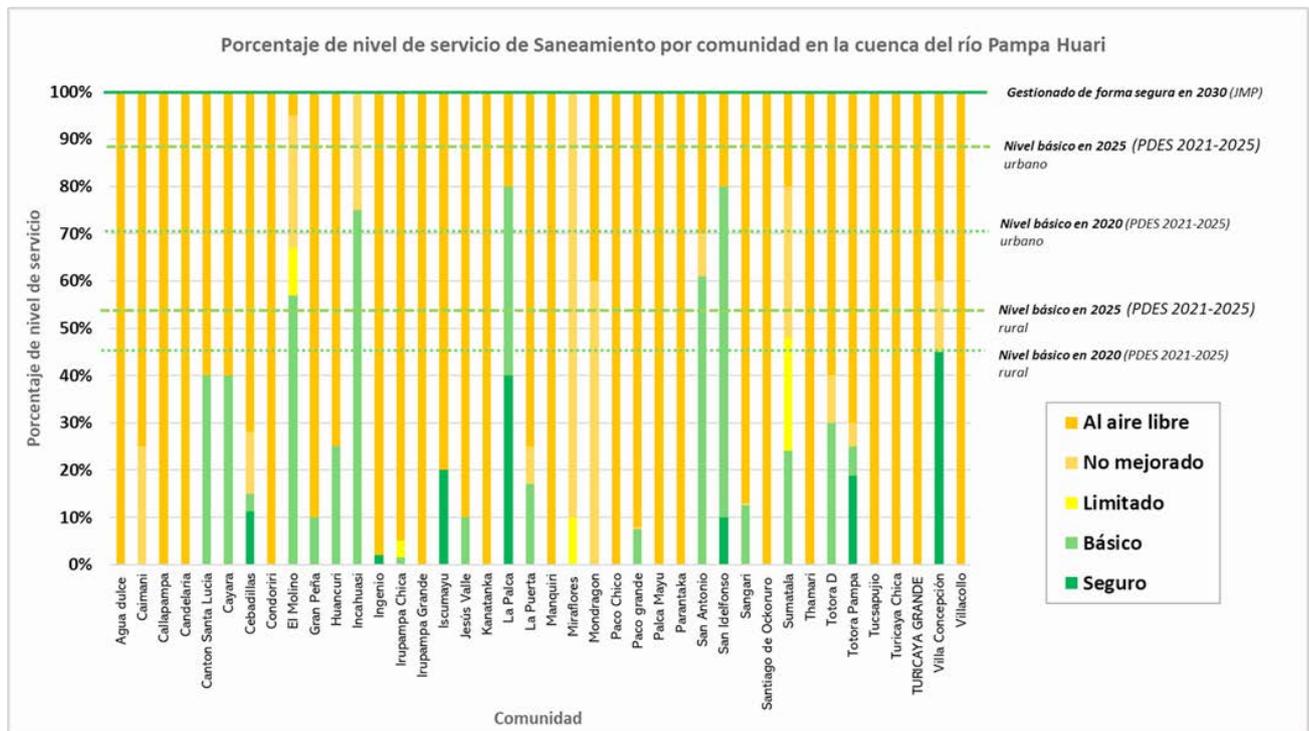


FIGURA 60. PROGRAMA CONJUNTO DE MONITOREO (JMP) SANEAMIENTO – NIVEL DEL SERVICIO DE SANEAMIENTO EN LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI

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. De acuerdo con los datos recabados en las comunidades incluidas dentro de la cuenca Pampa Huari, 25 comunidades (63% del total) cuentan con un nivel de servicio básico de higiene por encima del 69% de cobertura de servicios. Seis de las 40 comunidades (15% del total) tienen un nivel de servicio mayormente limitado, mientras que las 9 comunidades

restantes (22%) se encuentran en estado de vulnerabilidad al no contar con instalaciones para realizar prácticas de higiene en el hogar. El umbral de 69% se tomó del Plan de Desarrollo Económico y Social (PDES) 2021-25, según lo estipulado en la meta 1.3 acción 1.3.3.2 del mismo, asumiendo que las actividades relacionadas al lavado de manos e higiene personal deben ser complementadas por intervenciones de agua potable con una cobertura al menos básica de este servicio. En la **Figura 61** se puede observar la distribución de niveles de servicio de higiene determinados para cada comunidad.

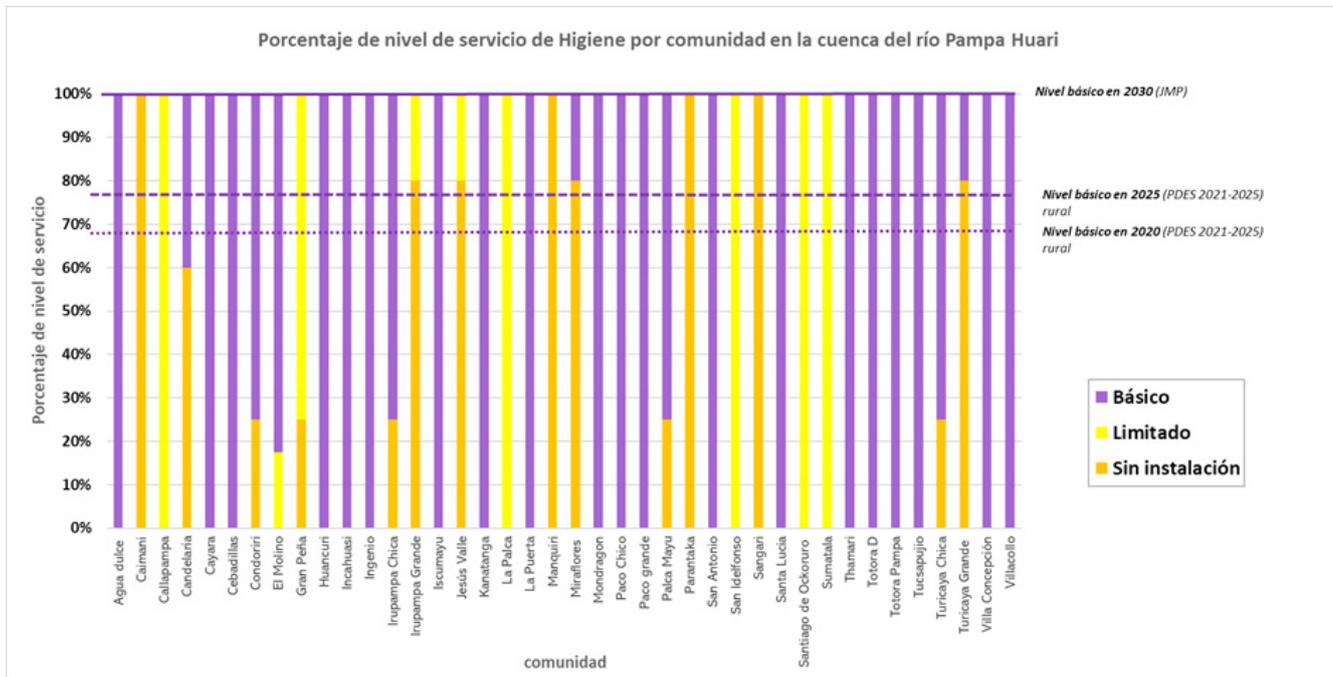


FIGURA 61. PROGRAMA CONJUNTO DE MONITOREO (JMP) HIGIENE – NIVEL DEL SERVICIO DE HIGIENE EN LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI

5.2.5 Riego agrícola

La producción agrícola en las comunidades que se encuentran dentro la cuenca Pampa Huari es baja. En muchos de los casos no se alcanza a garantizar la seguridad alimentaria y tampoco se generan ingresos adicionales debido a la falta de agua para el riego de los cultivos y el uso inapropiado del recurso suelo. Contradictoriamente, la mayoría de los pocos sistemas de riego que existen en la cuenca se encuentran en condiciones regulares. A partir de esto se derivan problemas como desnutrición en miembros de las familias e insatisfacción de las necesidades básicas de las familias campesinas.

En la **Figura 62** se muestran las superficies bajo riego en las diferentes unidades hidrográficas de la cuenca Pampa Huari. Como se mencionó anteriormente, la agricultura bajo riego se encuentra ubicada principalmente en la parte media y bajo de la cuenca. En este sentido, las unidades hidrográficas con mayor extensión en áreas bajo riego, y que, por tanto, mayor demanda de agua presentan son aquellas ubicadas en la parte media; tales como Huancarani, Ingenio Mayu, Quebrada Wislurimayu y Totora D.

En la parte izquierda de la **Figura 62** se muestra la relación para cada unidad hidrográfica de la superficie disponible en riego (Riego Optimo) y la superficie optima de riego. Como se puede observar en la mayoría de los casos, y especialmente en las mayores superficies, la

disponibilidad del agua resulta insuficiente para cubrir toda la superficie bajo riego. La cobertura de riego en estas áreas de mayor presión disminuye dramáticamente en aquellos años secos, como se observa en el porcentaje de cambio de la cobertura en años secos (parte derecha de la **Figura 62**). Esta tendencia se hace más crítica bajo escenarios de cambio climático e incluso en áreas de riego más pequeñas de la parte baja de la cuenca como Candelaria, Parantaca, entre otras. También se observa que la disponibilidad de agua se reduciría, especialmente en la parte baja de la cuenca, bajo una situación de cambio de cultivo en la que se diera un incremento del 25% en las hortalizas. Es decir, este cultivo resultaría ejercer mayor presión sobre el recurso hídrico.

Áreas regables (marrón) vs. áreas de riego óptimo (verde) - Valores en las barras representan la cobertura de demanda

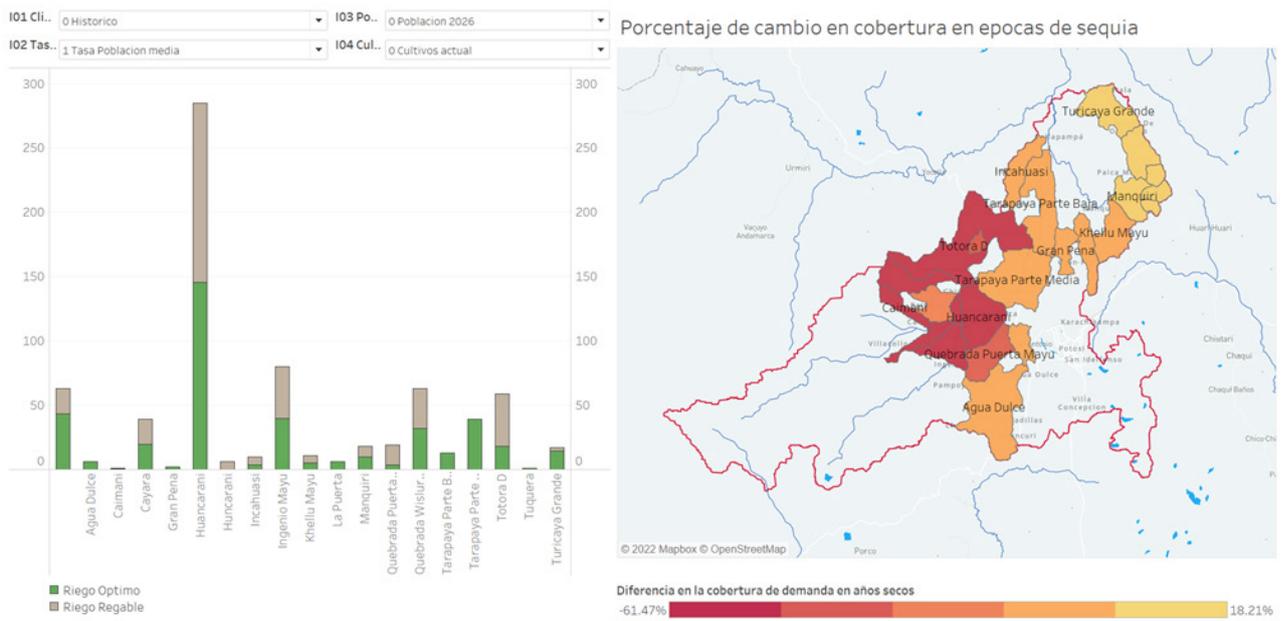


FIGURA 62. ÁREAS REGABLES Y COBERTURA DE AGUA PARA RIEGO

Por otro lado, analizando la matriz de vulnerabilidad de zonas agrícolas y que relaciona las diferentes incertidumbres desarrolladas (escenarios de clima futuro, cambio poblacional en la ciudad de Potosí y las otras comunidades dentro de la cuenca, y cambio de patrón de cultivo) se valida

lo comentado anteriormente (Figura 63). Bajo las circunstancias actuales un grupo importante de áreas bajo riego presentan dificultades para cubrir la demanda de agua, con cobertura de riego por debajo del 40%.

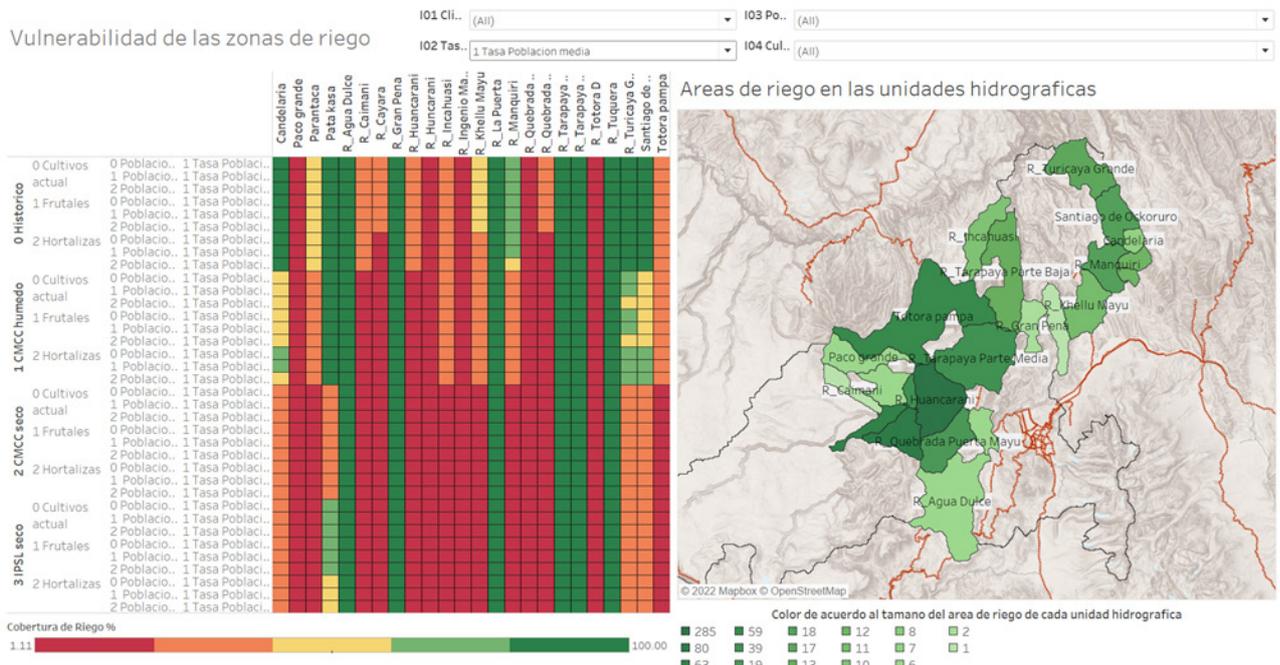


FIGURA 63. MATRIZ DE VULNERABILIDAD DE ÁREAS AGRÍCOLAS BAJO RIEGO

Un cambio de cultivo donde se incrementen las hortalizas en un 25% generaría una disminución de la misma cobertura de riego en la mayoría de las áreas agrícolas. Lo anterior se agudiza un poco en el caso en el que se produzca un crecimiento demográfico alto en las comunidades y/o de áreas bajo riego. Esto puede indicar un posible "trade-off (canje o disputa)" entre el acceso al agua para uso

doméstico y riego de cultivos en la parte media de la cuenca. Lo descrito anteriormente puede ser aún más crítico bajo escenarios de cambio climático optimistas (escenario húmedo) y pesimistas (escenarios seco y más seco), especialmente para las cuencas de la parte media, tales como Paco Grande, Caimani, Cayara, Huncarani, Ingenio Mayu, Totorá D y Pampa, entre otras.

Algo interesante que se observa es que, en algunas unidades hidrográficas, compuestas por interfluvios y valles por donde pasa el curso de agua principal, presentan mayor resiliencia, y, por tanto, cobertura superior al 90% incluso bajo escenarios de cambio climático seco (Agua Dulce, Gran Peña, La Puerta, Tarapaya Parte Media y Baja, entre otras). De acuerdo con lo anterior resulta urgente explorar estrategias que optimicen el uso del recurso hídrico en las áreas bajo riego existentes. El incrementar las áreas agrícolas bajo riego bajo las circunstancias actuales podría agudizar la situación descrita en la matriz de vulnerabilidad.

5.2.6 Minería

La actividad minera en la cuenca del río Pampa Huari, aunque contribuye en los ingresos económicos de la región, también genera impactos ambientales negativos considerables para la calidad del agua para diversos usos. Para evaluar la vulnerabilidad de la cuenca en términos de impactos por operaciones mineras se desarrollaron talleres donde se convocaron autoridades y técnicos del Gobierno Autónomo

Departamental de Potosí, Gobiernos Municipales de Potosí, Yocalla, Chaqui, Porco, representantes de varias comunidades, además del director ejecutivo del SEDERI. En los talleres los asistentes tuvieron la oportunidad de llenar formularios de encuesta de valoración de prioridades (baja, media y alta), desde el punto de vista de cada uno de los actores clave. En base a estos valores se ha asignado tres tipos de prioridades:

- Prioridad Baja, con valores entre 12 y 16 puntos
- Prioridad Media, con valores entre 16 y 21 puntos
- Prioridad Alta, con valores mayores a 21

En esta sección se destacaron los problemas con prioridad alta y que tienen predominantemente impacto en biota, sociocultural, aire y en el agua, como se muestra en la **Tabla 24**. Se puede observar que la vulnerabilidad de la cuenca a impactos por operaciones mineras se concentra principalmente en eventos que afectan la estabilidad química del agua, y que a su vez afecta directa o indirectamente otros usuarios del agua.

Afectación	Eventos	Valor
Biota	Alejamiento o perturbación de la fauna silvestre	22,1
	Extinción de especies vegetales en riesgo	23,6
	Extinción de especies animales en riesgo	23,9
Socio cultural	Afectación a sitios arqueológicos	22,9
	Afectación al patrimonio local	23,7
Aire	Emisión de material fino particulado mineralizado por vientos	22,4
	Alteración de la calidad de aire por generación de material fino particulado	23,5
	Dispersión de partículas por el viento	23,9
Estabilidad Química Agua	Interrupción del suministro del agua	21,0
	Drenaje de aguas posiblemente contaminadas a la escorrentía superficial o sistema de aguas subterráneas en época de lluvias	22,3
	Drenaje de aguas posiblemente contaminadas a reservorios comunales para su uso en riego y/o ganadería	22,6
	Descarga de aguas posiblemente contaminadas a la escorrentía superficial o sistema de aguas subterráneas en época de lluvias	22,0
	Descarga de aguas posiblemente contaminadas a reservorios comunales para su uso en riego y/o ganadería	22,0
	Escorrentías de lixiviados posiblemente contaminadas a la escorrentía superficial o sistema de aguas subterráneas en época de lluvias	22,1
	Escorrentías de lixiviados posiblemente contaminadas a reservorios comunales para su uso en riego y/o ganadería	22,1
	Escorrentías de lixiviados posiblemente contaminadas a reservorios comunales para su uso en riego y/o ganadería	22,9
	Alteración de la calidad de aguas subterráneas en época de lluvias por lixiviados y/o material particulado	23,9
	Alteración de la calidad de aguas superficiales en época de lluvias por lixiviados y/o material particulado	24,0

TABLA 24. TIPO DE PROBLEMAS CON UNA PRIORIDAD ALTA, CON VALORES MAYORES A 21

Por otro lado, las industrias mineras extractivas y de beneficio de minerales compiten constantemente por acceder a su cuota de agua para realizar sus procesos. Por todos estos motivos, el agua se constituye en el centro del conflicto entre diversos intereses y necesidades en la cuenca Pampa Huari. En todo este panorama, la minería juega un papel determinante, por los siguientes motivos:

- Las operaciones mineras están ubicadas normalmente en las cabeceras de los valles, por lo cual tienen un acceso privilegiado a las fuentes primarias de agua.
- Como producto de los procesos mineros no solo se disminuye la cantidad del agua disponible, sino que muy comúnmente, se modifica la calidad de estas aguas.
- Las actividades mineras pueden modificar los cauces naturales de las aguas superficiales, afectar a los reservorios de aguas subterráneas e impactar a los cuerpos de agua.

Actualmente, no se cuentan con datos del consumo de agua en las labores tanto extractivas como de beneficio de los minerales. Sin embargo, se desarrolló una metodología para dar cuenta de la potencial presión sobre el mismo recurso. En este sentido, se dividió el área de la unidad hidrográfica entre el número de labores mineras presentes en ella, para obtener un valor relativo, que representa la demanda del sector minero a las fuentes de agua (presentes o no) de una determinada unidad hidrográfica (**Figura 64**).

En **Tabla 25** se resumen los valores encontrados en cada una de las unidades hidrográficas de la cuenca Pampa Huari. Los valores altos representan una menor demanda (una cuenca de gran tamaño en donde operan pocas labores mineras) y los valores bajos significan una demanda muy alta (unidades hidrográficas de menor tamaño con gran actividad minera). En esta misma **Tabla 25** se han diferenciado 5 tipos de demandas de agua: Muy alta, alta, moderada, baja y muy baja.

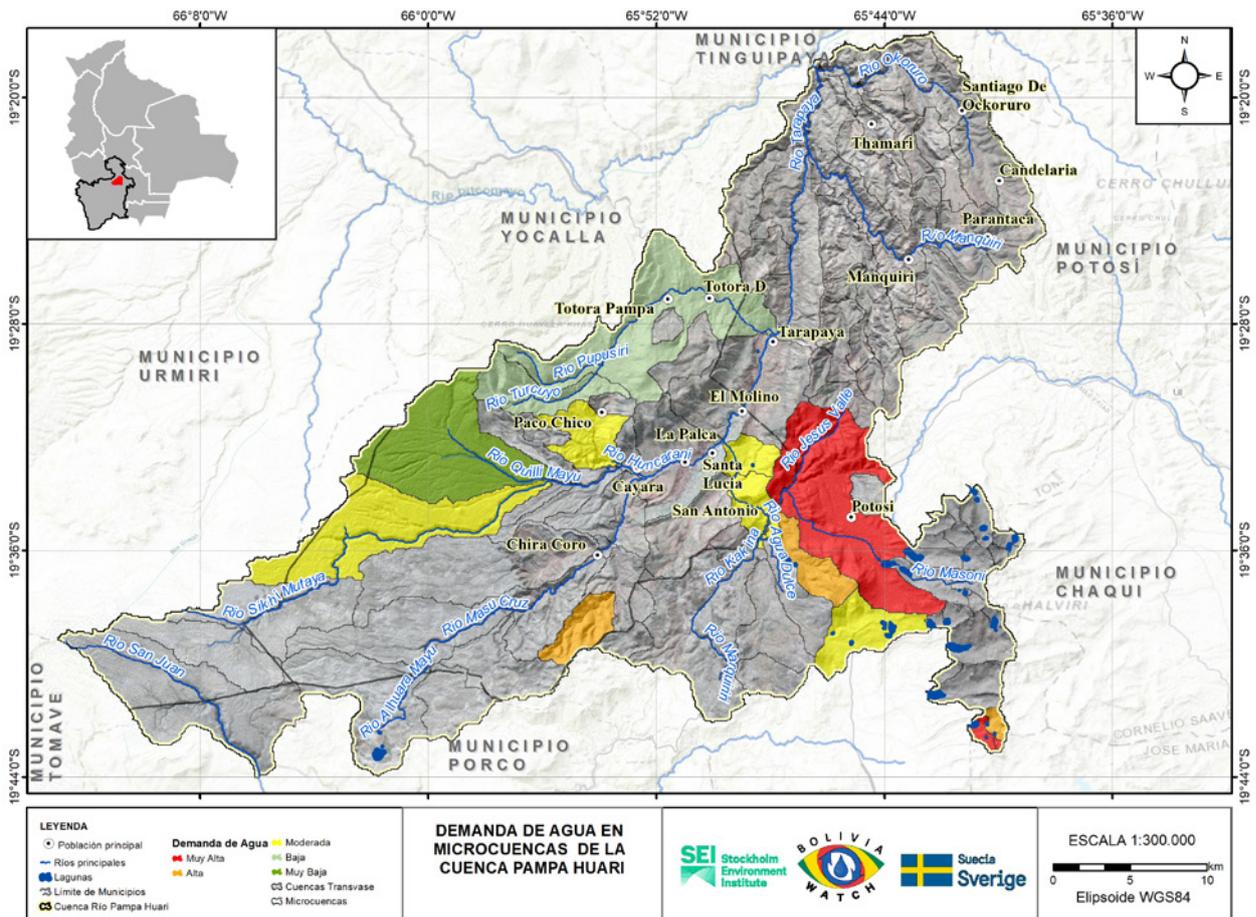


FIGURA 64. UNIDADES HIDROGRÁFICAS EN FUNCIÓN DE LAS DEMANDAS DE AGUA

A partir del análisis de conectividad realizado, se puede visualizar el potencial impacto acumulativo de las actividades mineras (IUPM) no solamente desde su ubicación geográfica,

sino que también es posible observar cómo se transfiere espacialmente para toda la cuenca. En la **Figura 65** se observa al lado izquierdo los tramos del río bajo mayor presión ambiental

(indicados por los rangos de valores más altos y de color en rojo) que resultan ser los que tienen concesiones mineras (áreas en color rojo). Se ha identificado que existen conflictos por el agua entre usuarios, especialmente, porque las áreas mineras coinciden con unidades hidrográficas que presentan mayor presión por el agua como lo son PH-79, PH-83 y PH-84. Por ejemplo, al sureste de la cuenca, en las inmediaciones de la ciudad de Potosí se resaltan tramos con potenciales impactos en las unidades que conforman el subsistema Chaluma que actualmente no provee agua al sistema urbano de la ciudad de Potosí porque presenta problemas de contaminación.

En este sentido, como se observa en la parte derecha de la **Figura 65**, 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 Potosí) o de tradición minera (Agua Dulce y Villacollo). Se observa en el cuadrante de abajo que la ciudad de Potosí presenta valores de IUPM bajos debido a que el abastecimiento de la ciudad depende de los trasvases del sistema Kari Kari y de la toma del río San Juan. Lo anterior se debe a la imposibilidad de utilizar las aguas de los ríos circundantes por problemas de calidad de agua como consecuencia de los usos del agua en la parte de arriba donde predomina la minería. De esta manera, la evaluación realizada informa a los tomadores de decisiones y resalta la urgencia de tener información oficial de parte de las autoridades para contrastar los resultados preliminares encontrados.

Código unidad hidrográfica	Código Mina	Nombre mina/ sitio minero	N° de minas o ingenios	N° de PAM	N° Minas, Ingenios + PAM	Área Micro cuenca (km ²)	Área / N° Labores mineras	Demanda de Agua	Cantidad de territorio de recarga en la microcuenca, para cada labor minera
PH - 79	9	Cero Rico (este, oeste, norte)	5	188	193	67,94	0,35	Muy alta	Menor que 0,5 km ² por cada labor minera
PH - 83	10	Anaraya	1	0	1	0,42	0,42		
PH - 84	-	* sólo Pasivos Ambientales Mineros	0	6	6	2,58	0,43		
PH - 22	-	* sólo Pasivos Ambientales Mineros	0	23	23	11,45	0,50	Alta	Entre 0,5 y 1 km ² por cada labor minera
PH - 85	11	Colquechaquita	1	2	3	2,36	0,79		
PH - 54	4	Toljochi (Manto)	1	11	16	11,64	0,73		
	5	San Martín	1	3					
PH - 18	1	Ingenio El Molino	1	3	4	7,21	1,80	Moderada	Entre 1 y 5 km ² por cada labor minera
PH - 23	2	La Puerta	1	2	3	9,73	3,24		
PH - 69	-	* sólo Pasivos Ambientales Mineros	0	5	5	18,36	3,67		
PH - 37	3	San Luis (Villacollo)	1	13	14	54,50	3,89		
PH - 57	6	Andacabita	1	2	3	14,67	4,89		
PH - 60	8	Paco Grande I	1	5	6	67,02	11,17	Baja	Entre 5 y 20 km ² por cada labor minera
PH - 58	7	Humaña	1	0	1	17,69	17,69		
PH - 36	-	* sólo Pasivos Ambientales Mineros	0	1	1	55,41	55,41	Muy baja	Mayor que 20 km ² por cada labor minera

TABLA 25. CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA POR UNIDAD HIDROGRÁFICA EN LA CUENCA PAMPA HUARI

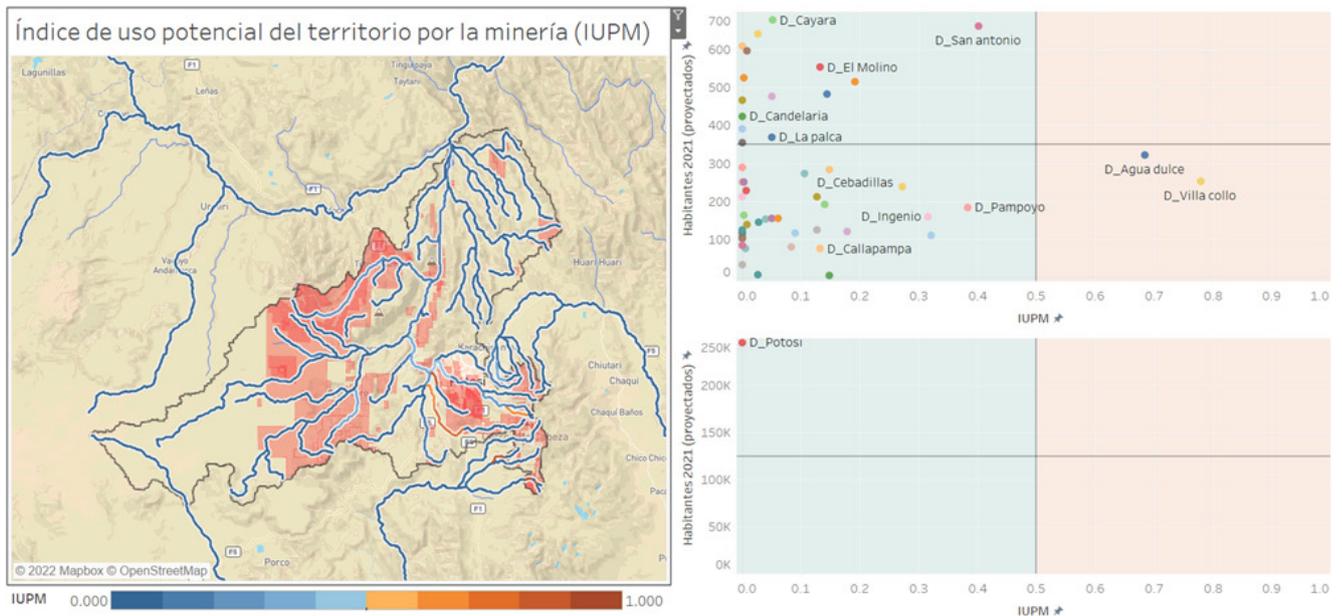


FIGURA 65. ÍNDICE DE USO POTENCIAL DEL TERRITORIO POR LA MINERÍA (IUPM)

5.2.7 Género y pobreza

El análisis de género y pobreza es transversal a los temas de agua, saneamiento y agricultura. Para la recolección de información en campo, se utilizó una guía de entrevista abierta con enfoque de pobreza y equidad de género, aplicando el Marco Multidimensional de Pobreza. Este enfoque permite lograr una perspectiva y un análisis holístico de la pobreza y de la participación de las mujeres en temas de agua para consumo, agua para riego, saneamiento básico, manejo de residuos; así como la identificación de las principales vulnerabilidades que se presentan en las comunidades que pertenecen a la cuenca Pampa Huari.

De acuerdo con lo anterior el Marco Multidimensional de Pobreza se basa en análisis de diferentes dimensiones de la pobreza relacionadas con recursos, oportunidades y elección, poder y voz y seguridad humana; las cuales permitieron generar un índice de pobreza multidimensional en las comunidades pertenecientes a la cuenca Pampa Huari. Para más información de los análisis que involucra cada uno de los componentes consultar la sección en anexos de vulnerabilidades priorizadas en **Anexo B2. Género y pobreza**.

A continuación, se presentan los mensajes claves de cada dimensión seguido del análisis de la vulnerabilidad de las comunidades a partir del enfoque de género y pobreza empleado.

MENSAJES CLAVES DE LAS DIMENSIONES DE POBREZA MULTIDIMENSIONAL

- Mensajes clave de la dimensión de "Recursos" para las comunidades encuestadas de la cuenca Pampa Huari:

- **Acceso a agua para consumo:** en las comunidades sigue habiendo un desabastecimiento de agua para el consumo, lo cual lleva muchas veces a actividades de recolección de agua.

- **Actividades de recolección de agua:** la mujer sigue teniendo un rol importante al proveer alimentos, hacerse cargo de tareas relacionadas al hogar, por lo cual debe participar en la actividad de recolección de agua.

- **Nivel de formación educacional de las mujeres:** la mayoría de las mujeres alcanza el nivel de educación primaria, en menor cantidad el nivel secundario-bachiller. Solamente algunas son las que logran una formación superior (nivel técnico o universitario). Las lideresas que participaron en las entrevistas, en su mayoría, tienen solamente una formación en primaria (entre los ciclos de 1ro y 5to de primaria) o no contaban con ningún tipo de educación, además se observó que estas mujeres tienden a ser mayores de 40 años.

- **Actividad minera:** aunque existen riesgos socioambientales, las comunidades de Pampa Huari consideran a la minería como una actividad económica en la cual participan tanto los hombres como las mujeres.

• Mensajes clave de la dimensión de "Oportunidades y Elección" para las comunidades encuestadas de la cuenca Pampa Huari:

- **Acceso a la salud:** no todas las comunidades tienen posta o centro de salud. Se hace uso de la medicina tradicional o se va al centro de salud más cercano en otra comunidad o en la ciudad de Potosí. Si es que se tiene posta de salud, en algunos casos el médico o enfermero/a no se encuentra a tiempo completo. Se suelen realizar visitas a las comunidades, cuyos tiempos pueden variar entre una vez a la semana o una vez cada dos semanas.

- **Acceso a la educación:** las mujeres que tienen formación (técnica y universitaria) tienen mayor vinculación a procesos de participación en la toma de decisiones de la comunidad. Antes, solamente existía la educación hasta 3ro de primaria y las mujeres sólo podían estudiar hasta ese grado. En el caso de los hombres, reciben una mayor educación y habilidades debido a participación en roles de autoridad en la comunidad y otras instituciones.

- **Acceso a saneamiento básico:** la mayoría de las comunidades realiza defecación a campo abierto. Algunos tienen pozo ciego y en casos únicos como Mondragón, San Antonio y Jesús Valle, tienen sistema de alcantarillado. Al no tener sistemas de saneamiento básico, se restringe la posibilidad de ir al "baño" en las noches, por este motivo deben procurar realizar sus necesidades antes de que anochezca.

- **Participación:** las mujeres ven reducidas sus oportunidades de participación a espacios de reuniones sobre temáticas del agua por el tiempo que dedican a sus actividades del hogar y, en especial, a la ganadería.

- **Propiedades:** en algunas comunidades el saneamiento de tierras (Títulos de Propiedad) no es equitativo. Por ejemplo, en la comunidad Condoriri, si la familia está compuesta por cinco hijas mujeres, sólo dos de ellas pueden obtener título; mientras que, si fueran cinco hijos varones, los cinco tienen derecho a su titulación.

• Mensajes clave de la dimensión de "Poder y Voz" para las comunidades encuestadas de la cuenca Pampa Huari:

- **Participación en las reuniones:** aunque las mujeres participen en las reuniones, se evidencia una gran dificultad en visibilizar sus inquietudes en diferentes temáticas.

- **Toma de decisiones a nivel hogar:** las mujeres son capaces de decidir sobre el uso del agua en el hogar (cocina, higiene, lavado),

pero siguen haciéndose cargo de actividades de recolección de agua.

- **Toma de decisiones a nivel comunidad:** Principalmente, se toma en la cuenta la participación de los varones, incluso en casos en los que las mujeres tengan una formación a nivel técnico o universitario.

- **Organización de mujeres:** en comunidades con secciones más dispersas, se hace más difícil la organización de las mujeres, dado que pueden reunirse solamente cuando van a la ciudad.

• Mensajes clave de la dimensión de "Seguridad Humana" para las comunidades encuestadas de la cuenca Pampa Huari:

- **Violencia como posible problemática:** existencia de Comité de Damas en Tarapaya en el que se trabajan temas de violencia.

- **La calidad de agua:** en algunos casos, la baja calidad del agua impide que se pueda emplear para riego o consumo.

- **Riesgos para las mujeres:** se presentan altos riesgos a caídas o ataques de animales a altas horas de la noche. Asimismo, las mujeres sufren mayores riesgos al no contar con sanitarios y tener mayor exposición (privacidad baja o casi inexistente), por lo que, no pueden realizar la higiene menstrual como corresponde, generando riesgos a su propia salud.

- **Las amenazas naturales:** son aspectos para tomar en cuenta debido a que afectan la producción agrícola, actividad que corresponde a la mayor fuente de ingresos económicos. Entre las amenazas naturales se encuentran la granizada, helada y sequía.

ÍNDICE DE POBREZA MULTIDIMENSIONAL

La construcción del Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) sigue la metodología propuesta por Alkire y Foster en su etapa de identificación, la cual incorpora la construcción de un conjunto de indicadores agrupados en un número definido de dimensiones de la pobreza. Las dimensiones de pobreza y sus indicadores fueron definidos de acuerdo con la información disponible con relación al acceso a servicios básicos de educación, salud, vivienda y acceso a agua y saneamiento. Cada dimensión tiene pesos similares para la construcción del IPM, tal como se muestra la **Figura 66**.

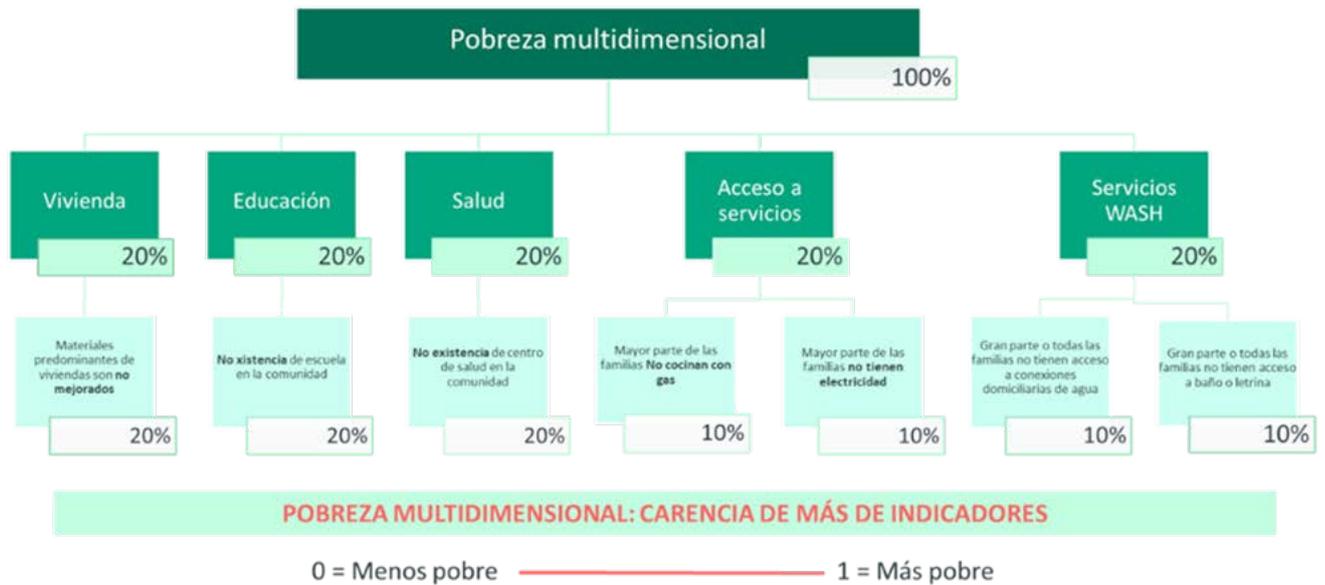


FIGURA 66. ESQUEMA DE CONSTRUCCIÓN DE ÍNDICE DE POBREZA MULTIDIMENSIONAL (IPM) PARA LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI

Los resultados obtenidos a partir de la construcción de índices de pobreza multidimensional permiten establecer recomendaciones sobre la priorización de comunidades para la implementación de proyectos de infraestructura para mejorar el acceso al agua y saneamiento de las cuencas. En el caso de la cuenca de Pampa Huari, las comunidades con mayores niveles de pobreza multidimensional, según la escala de medición del IPM, se encuentran en el municipio de Potosí (Tabla 26). Esta lista representa un criterio para la priorización de comunidades al momento de establecer el plan de implementación de proyectos de infraestructura en agua y saneamiento. La

priorización de las comunidades más pobres permite reducir los niveles de desigualdad existentes en la cuenca.

La **Tabla 26** muestra los resultados de la construcción del IPM a partir de datos primarios recogidos por el proyecto (encuesta WASH) y, adicionalmente, una estimación de IPM a partir del Censo 2012, a modo de referencia base. Esta comparación se debe hacer teniendo en cuenta que no son indicadores exactamente similares, puesto que la información utilizada para la construcción de los índices tiene dimensiones de pobreza similares, pero indicadores diferentes.



Nº	Municipio	Ciudad o comunidad	IMP INE 2012	IMP Bolivia WATCH
1	Potosí	Concepción	63%	90%
2	Yocalla	Paco Chico	47%	90%
3	Potosí	Villa Collo	48%	90%
4	Potosí	Kanatanga	59%	80%
5	Potosí	Huancuri	56%	80%
6	Potosí	Callapampa	57%	70%
7	Potosí	Incahuasi	59%	70%
8	Yocalla	Ingenio	42%	70%
9	Yocalla	Sangari	38%	70%
10	Yocalla	Iscumayu	35%	70%
11	Potosí	Turicaya Grande	63%	70%
12	Potosí	Turicaya Chica	62%	60%
13	Potosí	Thamari	62%	60%
14	Potosí	Condoriri	53%	60%
15	Yocalla	La Puerta	41%	60%
16	Yocalla	Caimani	29%	60%
17	Potosí	Parantaca	53%	50%
18	Potosí	Agua dulce	50%	50%
19	Potosí	Irupampa Grande	55%	50%
20	Tinguipaya	Sumatala	58%	50%
21	Potosí	Tucsapujio	45%	50%
22	Potosí	San Idelfonso	40%	50%
23	Potosí	Jesús del Valle	70%	40%
24	Potosí	Palca Mayu	69%	40%
25	Potosí	Gran Peña	67%	40%
26	Potosí	Manquiri	56%	40%
27	Potosí	Cebadillas	52%	40%
28	Yocalla	Santa Lucia	28%	40%
29	Potosí	Mondragon	43%	40%
30	Potosí	Candelaria	56%	30%
31	Potosí	Villa Concepción	42%	20%
32	Yocalla	La Palca	33%	20%
33	Potosí	Santiago de Ockoruro	62%	20%
34	Yocalla	Paco Grande	45%	10%
35	Yocalla	San Antonio	35%	10%
36	Yocalla	Tотора Pampa	34%	10%
37	Yocalla	Cayara	27%	10%
38	Yocalla	Tотора D	26%	10%
39	Potosí	Miraflores	24%	0%
40	Yocalla	El Molino	23%	0%
41	Yocalla	Agua Dulce Alta	69%	s/d
42	Tinguipaya	Huancarani	68%	s/d
43	Potosí	Pata Kasa	66%	s/d
44	Yocalla	Villacollo	46%	s/d
45	Yocalla	Paitaca	40%	s/d
46	Yocalla	Pampoyo	41%	s/d
47	Yocalla	Huancarani	68%	s/d
48	Yocalla	Chira coro	34%	s/d
49	Potosí	Tarapaya	31%	s/d
50	Potosí	Potosí	10%	s/d

TABLA 26. RANKING DE COMUNIDADES SEGÚN IMP PARA LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI

Especialmente, las comunidades con mayores niveles de pobreza pueden apreciarse en el

mapa siguiente (**Figura 67**), que emplea una desagregación del IPM por quintiles.

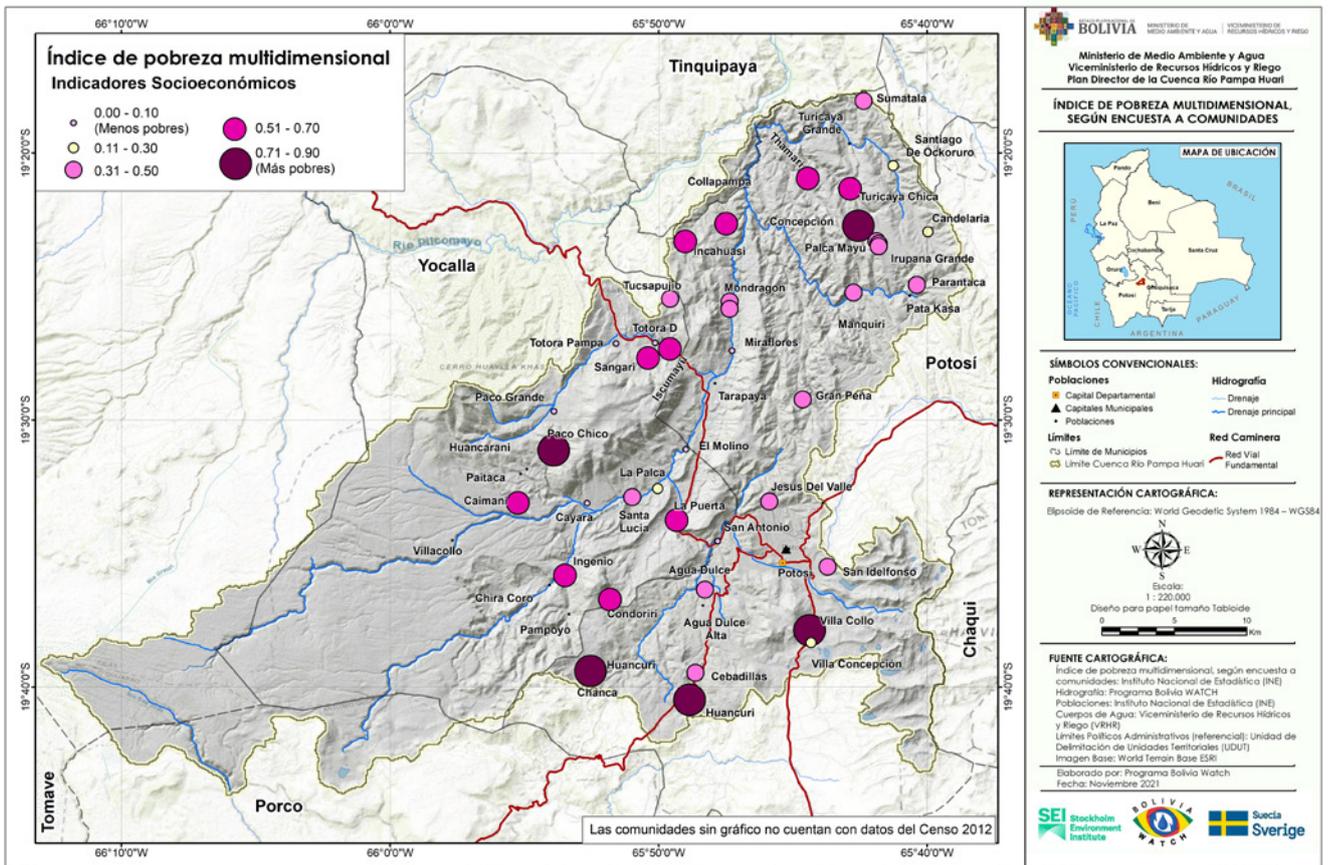


FIGURA 67. ÍNDICE DE POBREZA MULTIDIMENSIONAL PARA LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI, SEGÚN QUINTILES

5.2.8 Riesgos hidroclimáticos

Bolivia es un país cuya diversa geografía y su amplio rango de temperaturas y microclimas, lo convierten en un país de elevada exposición a eventos adversos de origen natural como lluvias intensas e inundaciones, sequías e incendios, y deslizamientos. Por otro lado, la elevada vulnerabilidad de su población e infraestructura (se ubica como el tercer país más vulnerable de Latinoamérica) ocasiona que alrededor del 20% de su población y el 21% de su PIB estén en riesgo. La cuenca del río Pampa Huari no queda exenta de esta vulnerabilidad, ya que históricamente se han registrado 116 eventos desastrosos que en las últimas décadas han tenido un fuerte impacto sobre su población, su infraestructura de servicios vitales y sus procesos productivos. A continuación, se relacionan los eventos extremos más frecuentes, la recurrencia espacial en la cuenca, los mayores impactos registrados, y la gobernanza actual de la gestión de riesgo en la cuenca Pampa Huari.

RECURRENCIA TEMPORAL Y MAGNITUD DE EVENTOS EXTREMOS EN LA CUENCA

La sistematización de la información climática recopilada de bases de datos internacionales y de las propias Unidades de Gestión del Riesgo (UGRs), permitió realizar diferentes tipos de análisis de la recurrencia temporal y magnitud de diferentes eventos extremos (Tabla 27). Las Figura 68, Figura 69 y Figura 70 ilustran la tendencia de los tres principales eventos que ocurrieron en la cuenca Pampa Huari. De la información mostrada en la Tabla 27 se puede concluir que históricamente la cuenca del río Pampa Huari ha sido afectada (mayor recurrencia) principalmente por inundaciones, sequías, granizadas, heladas, y riadas, siendo la helada la amenaza con mayor número de ocurrencia con 48 eventos.

Amenaza	Eventos (#)	Área	Período	Impacto	Causa
Contaminación	2	Urbana	1997, 2007	Contaminación del agua	Minería y bacteria
Deslizamiento	2	Urbana	1987, 1988	Derrumbes	Causadas por lluvias
Epidemia	2	Urbana	1990, 2007	Sarampión y paperas	Viral
Granizada	29	Rural	2003 - 2019	Pérdida de cultivos	Granizo intenso
Helada	48	Rural	1976 - 2019	Pérdida de cultivos	Bajas temperaturas
Incendio	3	Urbana, rural	1999, 2008, 2009	Incendios en viviendas	Mala manipulación de gas
Inundación, riada, lluvias	28	Urbana, rural	1974 - 2019	Viviendas, cultivos, ganado	Lluvias intensas
Nevada	1	Urbana	1974		Nieve
Sequía	1	Urbana	1986	Déficit de agua para consumo y riego	

TABLA 27. RESUMEN DE EVENTOS HISTÓRICOS CON EFECTOS DESASTROSOS EN LA CUENCA PAMPA HUARI

La información histórica también permitió realizar un análisis de la distribución mensual de ocurrencia de eventos extremos donde se observa que enero, febrero y marzo son los meses con mayor recurrencia de eventos desastrosos, siendo febrero el mes más golpeado por eventos combinados (multiamenaza). Adicionalmente, se puede inferir que los eventos se están haciendo cada vez más recurrentes y severos, lo cual es coherente con las tendencias ocasionadas por la

variabilidad y el cambio climático en la región. Por lo tanto, las prácticas productivas, inversiones y actividades de preparación, deben considerar estos periodos para adaptarse a la ocurrencia de los eventos extremos. Para más información se puede consultar el Informe final de Gestión de los riesgos hidroclimáticos en el marco del Plan Director de la Cuenca Pampa Huari (HELVETAS,2021).

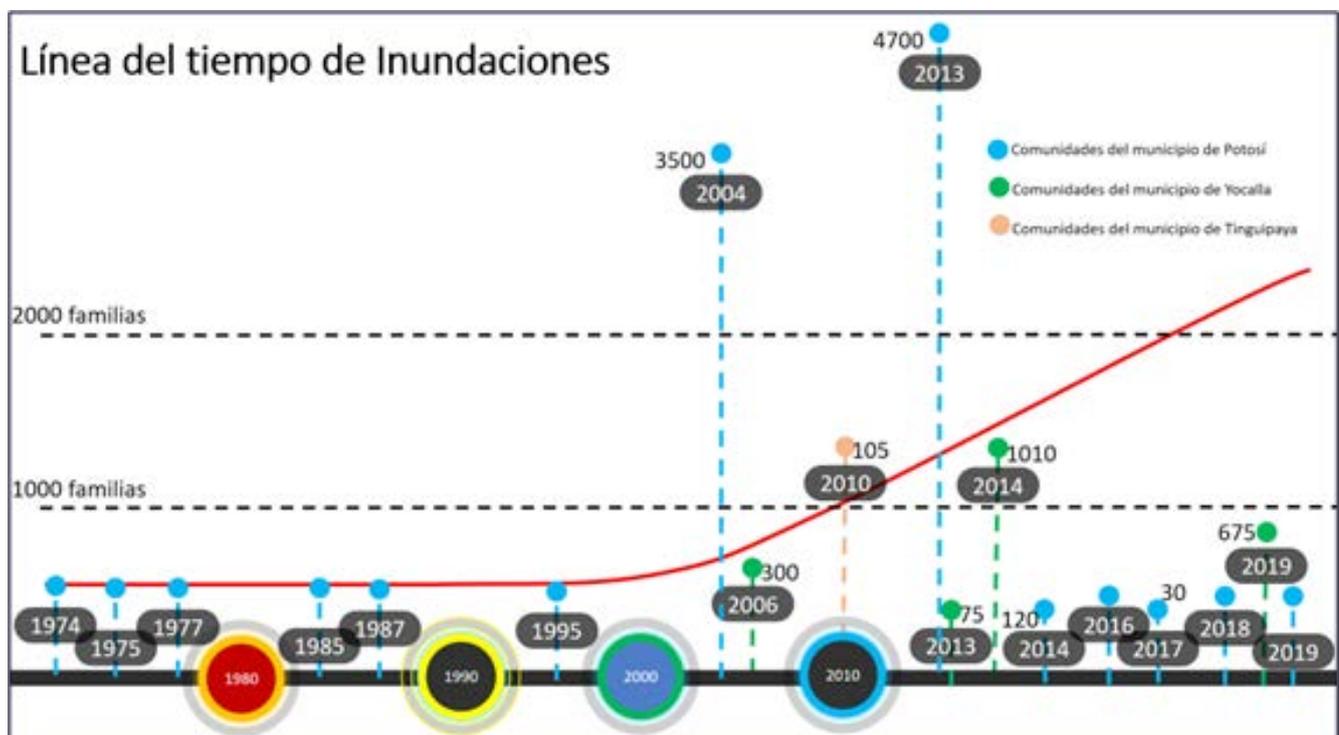


FIGURA 68. INUNDACIONES HISTÓRICAS QUE OCASIONARON EFECTOS DESASTROSOS EN LA CUENCA PAMPA HUARI

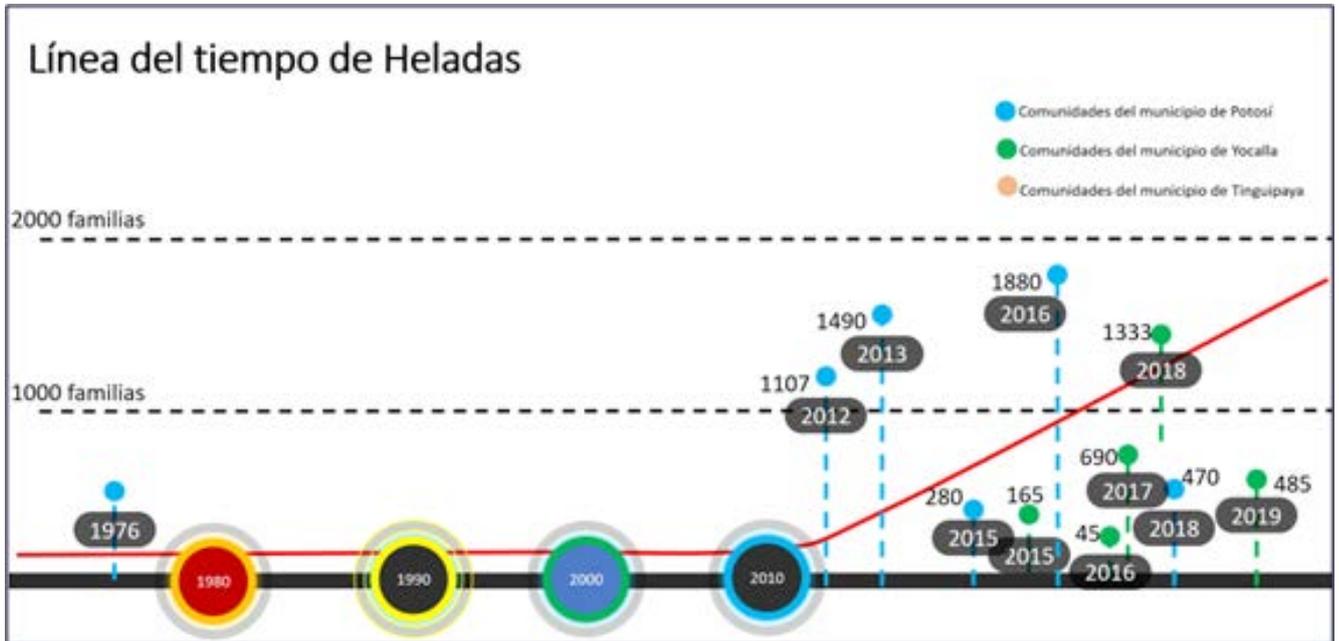


FIGURA 69. HELADAS HISTÓRICAS QUE OCASIONARON EFECTOS DESASTROSOS EN LA CUENCA PAMPA HUARI

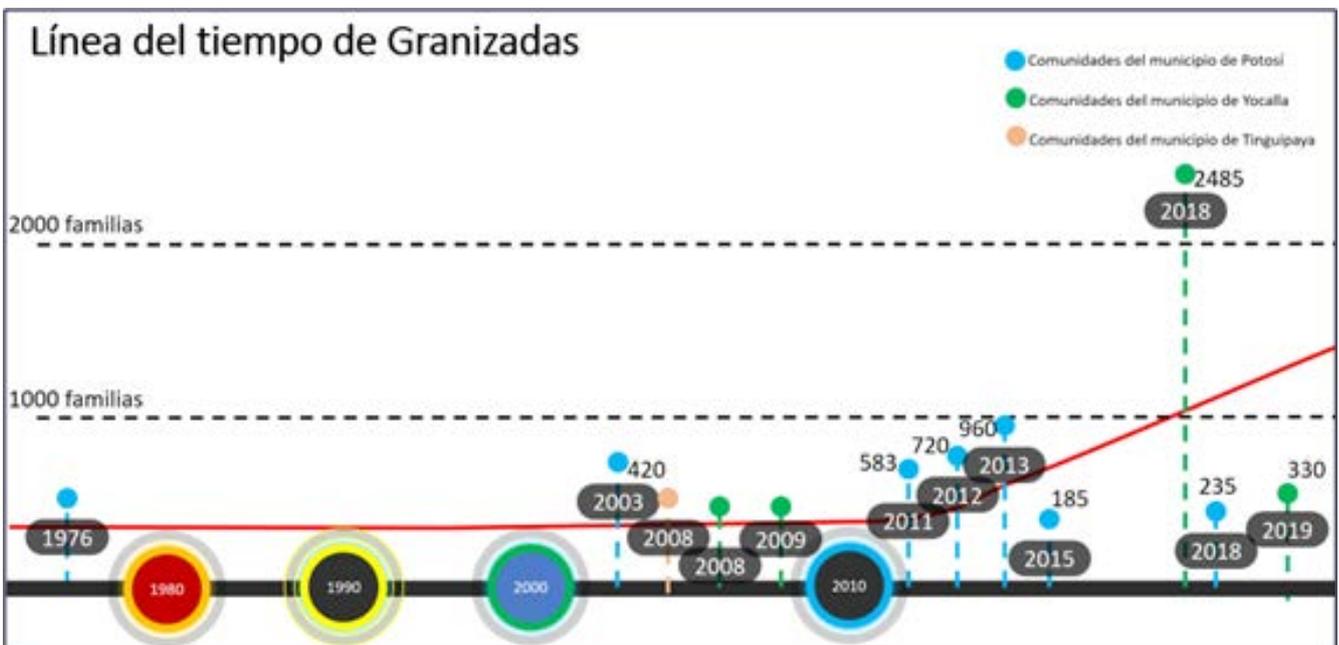


FIGURA 70. GRANIZADAS HISTÓRICAS QUE OCASIONARON EFECTOS DESASTROSOS EN LA CUENCA PAMPA HUARI

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

RECURRENCIA ESPACIAL DE LOS EVENTOS EXTREMOS EN LA CUENCA

Por otro lado, se realizó un análisis espacial que refleja el impacto de las amenazas sobre las comunidades, sus sistemas productivos, sus servicios vitales y sus viviendas. La **Figura 71** muestra la recurrencia de los eventos de inundación, granizo y heladas sobre las diferentes comunidades de la cuenca.

A partir de los análisis de los registros históricos de eventos extremos se pudo determinar que la inundación es la amenaza que mayor número

de habitantes ha afectado con 10.410 personas, así como mayor daño en la infraestructura de servicios vitales (desagües, sistemas de transportes, sistemas de abastecimientos) con 244 ocasiones y más viviendas afectadas con 62 registros (viviendas dañadas). En la **Figura 71** se observa que Potosí y comunidades de la parte media de la cuenca (Chira Coro, Cayara, Santa Lucía, La Palca, El Molino y Tarapaya) son los lugares donde se registra mayor recurrencia de eventos de inundación. Adicionalmente, la inundación históricamente es la amenaza que más afecta a la ganadería de las comunidades.

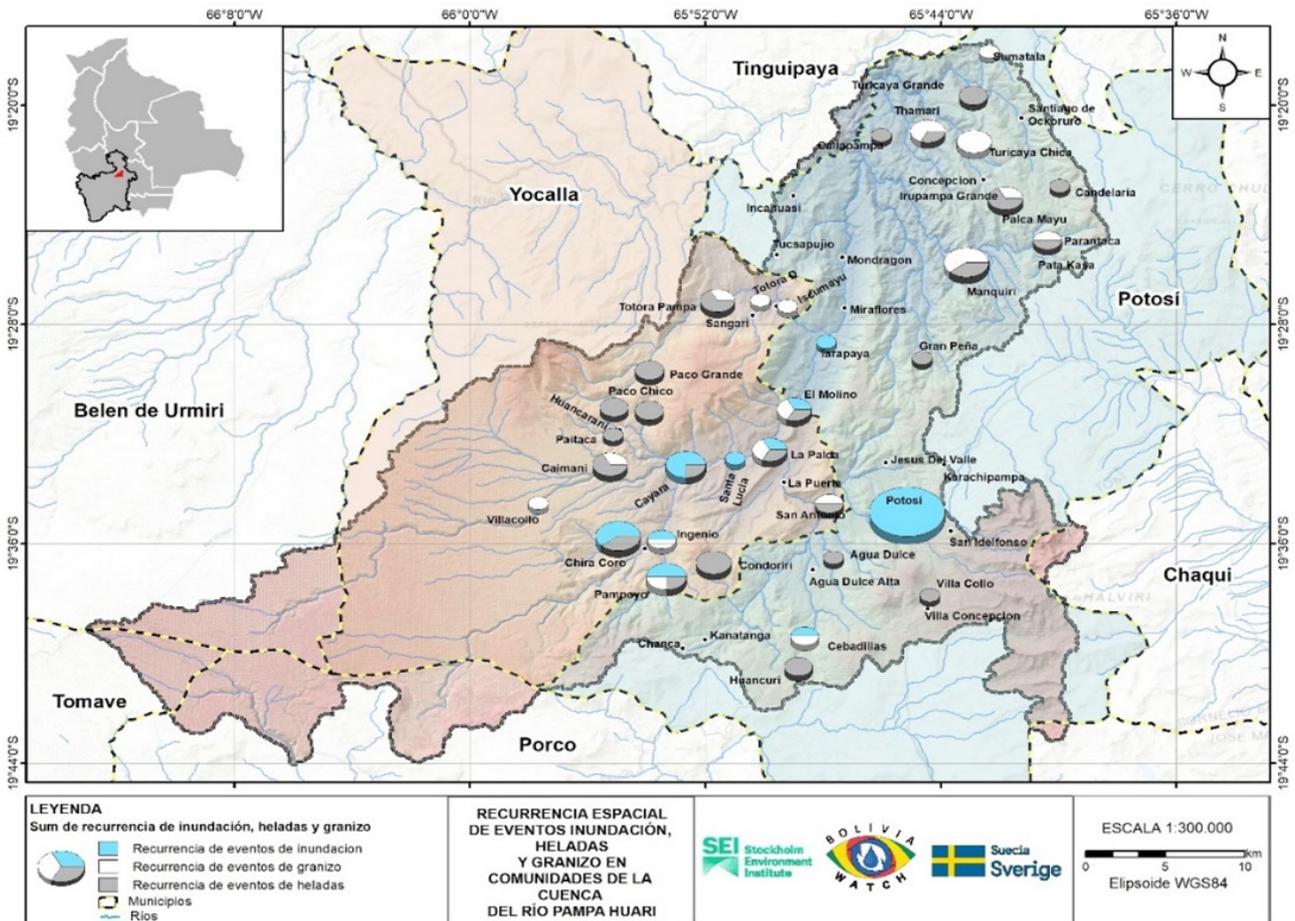


FIGURA 71. RECURRENCIA ESPACIAL DE EVENTOS EXTREMOS EN LA CUENCA PAMPA HUARI

Desde otra perspectiva, se ha identificado que la helada es la amenaza que más superficies agrícolas ha afectado, registrándose un total de 670 ha (situación que podría ser más crítica, ya que existe una subestimación del evento debido a los vacíos de la información disponible). Asimismo, se observó que la granizada es el evento que más daños causa sobre los cultivos, afectando en promedio al 81% de cultivos expuestos. En este sentido, se determinó que los cultivos más vulnerables frente a eventos hidroclimáticos resultan ser la papa (multiamenazas) y el haba (en primera instancia frente a granizadas y luego a heladas). Para más información se puede consultar el Informe final de Gestión de los riesgos hidroclimáticos en el marco del Plan Director de la Cuenca Pampa Huari (HELVETAS, 2021).

GESTIÓN DEL RIESGO EN LA CUENCA

También se realizó un análisis actual de la situación en la Gobernanza del Riesgo en los municipios de la cuenca (Figura 72). Los resultados muestran que la ley Municipal de Gestión de Riesgos se encuentra a nivel de propuesta sin la correspondiente aprobación y reglamentación. La falta de esta normativa no facilita la instrumentación a través de planes

municipales de gestión de riesgo y planes de contingencia para que estos se constituyan como la base para incorporar la reducción del riesgo de desastres (RRD) y adaptación al cambio climático (ACC) en los Planes Territoriales de Desarrollo Integral (PTDI) y permitan promover de forma programática acciones operativas en estas temáticas a corto y mediano plazo. Cabe resaltar que en los Sistemas de Alerta Temprana (SAT) de todos los municipios de la cuenca existen debilidades en el seguimiento, monitoreo y alerta en su capacidad de vigilancia y análisis de la información para la predicción y pronóstico.

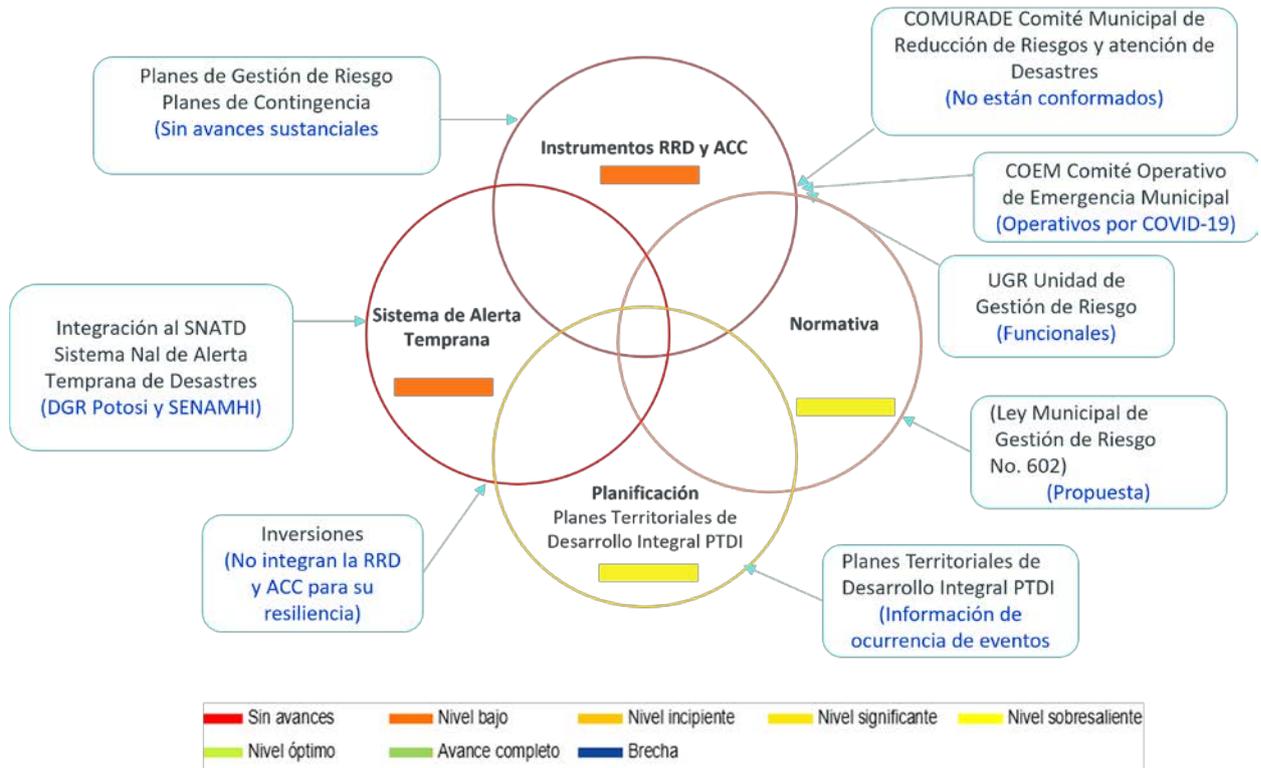


FIGURA 72. GOBERNANZA DEL RIESGO EN MUNICIPIOS DE LA CUENCA PAMPA HUARI

RESUMEN DE LOS IMPACTOS ANALIZADOS

La situación histórica y actual reflejada en el anterior resumen permite concluir que la mayoría de las familias de la cuenca son vulnerables ante desastres naturales y a los efectos del cambio climático. Más de 15.900 habitantes, 1.044 ha, así como infraestructura de vías, servicios y viviendas han sido afectados en los 105 eventos registrados

para inundaciones (28), heladas (48) y granizadas (29). En este sentido, es imprescindible integrar medidas destinadas a mitigar los impactos de eventos extremos en procesos de planificación integral como la construcción del PDC-PH. En la **Figura 73** se muestran los principales resultados obtenidos.

Análisis de resultados y discusión



FIGURA 73. VULNERABILIDAD DE LA CUENCA A RIESGOS HIDROCLIMÁTICOS

La legislación vigente en Bolivia requiere que la RRD y la ACC sean incluidas en procesos de planificación estratégica como la construcción del PDC. Esta integración debe hacer énfasis en la planificación, el reforzamiento de infraestructura indispensable, continuidad de servicios vitales, sostenibilidad de los servicios ambientales y fortalecimiento de capacidades. Tanto el MMAyA, como los gobiernos municipales y departamentales son responsables de cumplir este mandato.

5.3 Gobernanza del agua

Una de las formas para tener una idea de la gobernanza es mediante el nivel de compromiso de participación institucional, para lo que se ha construido una tabla de parametrización que se encuentra en función del grado de participación que han tenido las instituciones en el proceso de conformación y funcionamiento de la Plataforma Interinstitucional del PDC y su participación en los procesos de planificación (implementación y monitoreo) del PDC, tal como se muestra a continuación en la **Tabla 28**.

Grado	Descripción	Rango	Parametrización
Alto	Participa continua y activamente en las sesiones y ha asistido a todas las sesiones. Envía la información solicitada	0,71 - 1	0,855
Moderado	Participación no continua, su participación es irregular. Envío de información es irregular	0,51 - 0,7	0,61
Bajo	Sólo asistió a una sesión. Su participación es aislada	0,21 - 0,5	0,355
Ningún	No participó en ninguna de las sesiones y actividades del PDC	< 0,2	0,1

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A DATOS FASE CAMPO, 2022

TABLA 28. COMPROMISO DE PARTICIPACIÓN INSTITUCIONAL

Aplicando los rangos del anterior cuadro de parametrización, se obtuvieron los resultados mostrados en la **Tabla 29** para una serie de

actores que tienen intereses en la cuenca Pampa Huari.

Grado	Descripción	Rango
	Gobierno Autónomo Municipal de Potosí	0,86 Alto
	Gobierno Autónomo Municipal de Yocalla	0,86 Alto
	Gobierno Autónomo Departamental Potosí	0,86 Alto
	Servicio Departamental de Riego (SEDERI Potosí)	0,86 Alto
	Servicio Nacional de Agua y Saneamiento Básico (SENASBA)	0,86 Alto
	Universidad Autónoma Tomas Frías	0,86 Alto
	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)	0,86 Alto
	Gobierno Autónomo Municipal de Chaquí	0,61 Moderado
	Gobierno Autónomo Municipal de Tinguipaya	0,61 Moderado
	Gobierno Autónomo Municipal de Belén de Urmiri	0,61 Moderado
	Gobierno Autónomo Municipal de Porco	0,61 Moderado
	Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR- MMAyA)	0,61 Moderado
	Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra (APMT)	0,61 Moderado
	Sociedad Potosina de Ecología (SOPE)	0,61 Moderado
	EMAGUA	0,61 Moderado
	Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal	0,61 Moderado
	Administración Autónoma para Obras Sanitarias – Potosí (AAPOS)	0,61 Moderado
	Ministerio de Minería y Metalurgia (MMM)	0,36 Bajo
	Dirección de Medio Ambiente DIMA-COMIBOL	0,36 Bajo
	Servicio Geológico y Minería (SERGEOMIN)	0,36 Bajo
	Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico - MMAyA	0,36 Bajo
	Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambio Climático y Gestión de Des. For. (VMABCCGDF – MMAyA)	0,36 Bajo
	Asociaciones de Productores Agropecuarios	0,36 Bajo
	Asociaciones de Productores Camélidos	0,36 Bajo
	Asociación de Regantes	0,36 Bajo
	Asociaciones de Empresas o Servicios de Agua Potable	0,36 Bajo

Grado	Descripción	Rango
Centro de Investigaciones Minero-Metalúrgicas CEIMM	0,10	Ningún
Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT)	0,10	Ningún
Fondo Nacional de Desarrollo Indígena	0,10	Ningún
Programa Emprendimiento Organizados para el Desarrollo Rural Autogestionario (EMPODERAR) – PAR	0,10	Ningún
Proyecto Creación de Iniciativas Agroalimentarias Rurales Fase II (CRIAR II)	0,10	Ningún
Programa de Fortalecimiento Integral de Camélidos en el Altiplano (PROCAMÉLIDOS)	0,10	Ningún
Viceministerio de la Micro y Pequeña Empresa (VMPE - MDPEP)	0,10	Ningún
Fundación MEDMIN	0,10	Ningún
Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico (AAPS)	0,10	Ningún
Autoridad Jurisdiccional Administrativa Minera (AJAM)	0,10	Ningún
Central Integral de Comercialización de Minerales de las Cooperativas Mineras (COMERMIN)	0,10	Ningún
Comisión Transnacional para la Cuenca del río Pilcomayo	0,10	Ningún
Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo	0,10	Ningún
Federación Nacional de Cooperativas Mineras / Federación Departamental de Cooperativas Mineras Potosí	0,10	Ningún
Fondo de Financiamiento para la Minería (FOFIM)	0,10	Ningún
Fondo Nacional de Desarrollo Forestal (FONABOSQUE)	0,10	Ningún
Mancomunidad Gran Potosí	0,10	Ningún
Servicio Nacional de Registro y Control de la Comercialización de Minerales y Metales (SENARECOM)	0,10	Ningún
Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG)	0,10	Ningún
Autoridad de Fiscalización y de Control de Tierras y Bosques	0,10	Ningún
Viceministerio de Turismo (VT – MDPEP)	0,10	Ningún
Fondo de Apoyo a la Reactivación de la Minería Chica FAREMIN	0,10	Ningún
Programas de Naciones Unidas (PNUD)	0,10	Ningún
Ministerio de Planificación del Desarrollo (MPD)	0,10	Ningún
Viceministerio de Defensa Civil (VIDECI del Ministerio de Defensa)	0,10	Ningún
FPS	0,10	Ningún
Instituto Nacional de Estadística (INE)	0,10	Ningún
Asociaciones de ingenios mineros	0,10	Ningún
Cooperativistas mineros	0,10	Ningún

TABLA 29. GRADO DE COMPROMISO DE PARTICIPACIÓN INSTITUCIONAL

Las instituciones que tienen un alto grado de compromiso y de participación son el Gobierno Autónomo Municipal de Potosí, el Gobierno Autónomo Municipal de Yocalla, el Gobierno Autónomo Departamental Potosí, el Servicio Departamental de Riego (SEDERI Potosí), el Servicio Nacional de Agua y Saneamiento Básico (SENASBA), la Universidad Autónoma Tomas Frías y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Estas instituciones tienen una presencia local en la cuenca. A través de la línea estratégica que relacionará el fortalecimiento institucional se abordarán actividades que consoliden la participación de varias de las instituciones, así como la inclusión de otras nuevas relevantes.

6 MARCO ESTRATÉGICO

El Marco Estratégico del PDC-PH se constituye en la hoja de ruta o carta de navegación que permitirá que la cuenca del río Pampa Huari 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 MMAyA-VRHR 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 PDC Pampa Huari, 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 y formulación de la propuesta de lineamientos estratégicos e institucionales del plan director de la cuenca del río Pampa Huari" en el año 2018, por la empresa Consultora AATEC S.R.L. para el MMAyA; correspondió al Programa Bolivia WATCH realizar la validación de los Lineamientos Estratégicos de acuerdo con el proceso iniciado en 2020. Esto considerando que al haber transcurrido cerca

de 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 nuevos estudios desarrollados para el abastecimiento de la ciudad de Potosí y la revitalización de proyectos de riego, los eventos de desastres causados por las riadas que provocaron el desborde de algunos ríos en la cuenca, la pandemia COVID-19 y la crisis político 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 AATEC S.R.L. de modo que, los Lineamientos Estratégicos fueron revisados, complementados, validados y ajustados en dos momentos:

1. En fecha 04 de febrero de 2022, en modalidad virtual, en un taller con el equipo participante de la formulación del PDC en los diferentes componentes temáticos; así como miembros del MMAyA a cargo de la unidad de gestión de cuencas.

2. En fecha 16 de febrero de 2022, en la ciudad de Potosí, en un taller para socializar la propuesta generada por el equipo Bolivia WATCH SEI sobre los lineamientos estratégicos, misión y visión del PDC, obtener la retroalimentación de los actores de la cuenca sobre la propuesta de marco estratégico presentada, y validar el marco estratégico del PDC de la cuenca Pampa Huari contemplando la perspectiva de los actores de la cuenca. Se contó con la participación de miembros del Consejo Técnico de la Plataforma Institucional, tales como representantes de MMAyA (VRHR), GAMs, GAD Potosí, la UATF e instituciones públicas y de la sociedad civil.

Los resultados de los ajustes y validación de la visión, misión y lineamientos estratégicos se describen a continuación y de forma inextensa se pueden consultar en el consultar el Informe del proceso de definición y validación del marco estratégico del plan director de la cuenca Pampa Huari (LAC-SEI,2022).

6.1 Visión

Cuenca sostenible, resiliente, participativa, inclusiva y con productividad agropecuaria, que cuenta con mecanismos para una buena gobernabilidad e institucionalidad, que permiten el manejo integral de los recursos hídricos superficiales y subterráneos para la regeneración y el acceso al agua para todos, respetando y cumpliendo la normativa ambiental vigente y regionalizada al contexto de la cuenca para generar un desarrollo inclusivo y con equidad de género.

6.2 Misión

El plan director de la cuenca pampa huari es un instrumento participativo e inclusivo para la gestión resiliente y planificación de la gobernanza integral de los recursos naturales de la cuenca, articulado con los instrumentos de inversión pública, que considera acciones de saneamiento sostenible, tomando en cuenta su carácter productivo, ambiental e institucional, que garantiza la equidad de género, la sostenibilidad de los sistemas de vida y el bienestar social para todas las personas en la cuenca, promoviendo la formación y capacitación continua de recursos humanos para su actualización e implementación.

6.3 Lineamientos estratégicos

A continuación, se da un resumen de los 5 lineamientos estratégicos formuladas seguido de los objetivos establecidos para cada uno. Posteriormente se da más detalle de cada uno y sus correspondientes líneas de acción, costos estimados y potenciales actores involucrados.

a) Protección, conservación y restauración de los ecosistemas estratégicos para recuperar sus funciones ambientales

Tiene por objetivo disminuir la degradación de recursos naturales (agua, suelo, vegetación), restaurar los cuerpos de agua y mejorar las coberturas vegetales con funciones ambientales: se han agrupado tres líneas estratégicas propuestas en el 2018 y se ha dado enfoque en manejo integrado de cuencas priorizadas. Regeneración y revitalización de los sistemas de vida en la cuenca PH.

b) Agua sostenible en calidad y cantidad para consumo humano y saneamiento básico

Tiene por objetivo brindar y garantizar la calidad y cantidad de agua para consumo humano de manera sostenible gestionando la cadena de saneamiento para mitigar el impacto ambiental en los cuerpos receptores y proteger la salud

humana y los ecosistemas estratégicos: una gestión integrada y sostenible de los cuerpos de agua superficial y subterránea para saneamiento, garantiza la salud de la población, además de minimizar el impacto ambiental causado por aguas residuales.

c) Gestión del agua para la producción agropecuaria bajo riego

Tiene por objetivo incrementar e innovar la producción agropecuaria bajo riego eficiente: a partir de la línea estratégica propuesta en el 2018, se dio énfasis a desarrollar y mejorar los sistemas de riegos identificados para mejorar la producción agrícola. Desarrollar las capacidades de recursos humanos para el uso eficiente de sistemas de riego para mejorar la producción agropecuaria.

d) Gestión de las actividades mineras para minimizar sus impactos en los recursos hídricos

Tiene por objetivo disminuir el impacto de las actividades mineras en los recursos hídricos: A partir de la línea estratégica propuesta en el 2018, se dio énfasis a mitigar el impacto de las zonas mineras y pasivos mineros ambientales identificados, especialmente en el recurso hídrico en fuentes de abastecimiento.

e) Gestión de acuerdos interinstitucionales para la gestión técnica y financiera y desarrollo de capacidades

Tiene por objetivo fortalecer las capacidades de las instituciones en la gestión y planificación de los ecosistemas en la cuenca y promover la inclusión de la temática de género y equidad social de forma transversal: a partir de la línea estratégica en el 2018, se dio énfasis a fortalecer las estructuras garantizando la gestión institucional y planificación de la cuenca y promover instrumentos para el desarrollo de capacidades al interior de las instituciones en diferentes niveles. En el PDC 2018, se aborda el eje estratégico "Capacitación integral con enfoque de género y difusión", con la línea estratégica enfocada en "Gestionar conocimientos, educar y desarrollar capacidades comunitarias urbano – rural en GIRH de gestores de cuenca y diversos usuarios del agua y de otros recursos naturales". Bajo este marco, también se incorporan acciones que tienen como objetivo la inclusión de la temática de género y equidad social de forma transversal para la toma de decisiones participativa a nivel de cuenca.

Se desarrollaron los siguientes Lineamientos Estratégicos con el fin de responder a las problemáticas y las vulnerabilidades más sobresalientes en la cuenca. A continuación, se enlistan en la Tabla 30.

Línea estratégica	Líneas de acción	Costo de inversión (Bs.)
L.1. Protección, conservación y restauración de los ecosistemas estratégicos para recuperar sus funciones ambientales	LA.1.1. Manejo Integral de la microcuenca Kari Kari	3.355.624,00
	LA.1.2. Manejo Integral de la microcuenca Santa Lucia	8.180.783,00
	LA.1.3. Manejo Integral de la microcuenca Villacollo	2.777.706,00
	LA.1.4. Monitoreo de la calidad del agua	2.150.00,00
	Subtotal L.1.	16.464.113,00
L.2. Agua sostenible en calidad y cantidad para consumo humano y saneamiento básico	*LA.2.1. Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario para la ciudad de Potosí	793.730.596,00
	LA.2.2. Ampliación de la cobertura y mejora del servicio de agua potable y saneamiento básico en comunidades rurales de la cuenca	54.790.608,00
	Subtotal L.2.	54.790.608,00
L.3. Gestión del agua para la producción agropecuaria bajo riego	LA.3.1. Elaboración de 11 Informes Técnico de Condiciones Previas para la revitalización del riego	165.000,00
	LA.3.2. Elaboración y ajustes de 7 Estudios de Diseño Técnico de Preinversión para tecnificación del riego	1.046.252,00
	LA.3.3. Implementación de propuestas técnicas de riego	38.382.162,00
	LA.3.4. Fortalecimiento de la producción y operación de los sistemas de riego	510.783,00
	LA.3.5. Reúso en riego de las aguas residuales tratadas de la PTAR La Puerta	22.302.391,67
	Subtotal L.3.	62.406.592,00
L.4. Gestión de las actividades mineras para minimizar sus impactos en los recursos hídricos	LA.4.1. Gestión del conocimiento para minimizar el impacto de las operaciones mineras	4.000.000,00
	LA.4.2. Gestión de residuos mineros en las microcuencas mineras	3.250.000,00
	LA.4.3. Manejo y control de áreas degradadas en microcuencas mineras	600.000,00
	Subtotal L.4.	8.100.000,00
L.5. Gestión de acuerdos interinstitucionales para la gestión técnica y financiera y desarrollo de capacidades	LA.5.1. Fortalecimiento institucional para mejorar la gestión y planificación del agua en la cuenca	2.044.000,00
	LA.5.2. Fortalecimiento normativo de las instituciones	30.000,00
	LA.5.3. Articulación y dialogo local	438.600,00
	LA.5.4. Fortalecimiento de inversiones resilientes y mecanismos financieros	315.000,00
	LA.5.5. Empoderamiento de mujeres	510.300,00
	LA.5.6. Paridad de género en toma de decisiones	438.600,00
	Subtotal L.5.	3.776.500,00
Inversión total (Bs.)		145.537.813,00

*Línea de Acción que busca ser articulada en el PDC de Pampa Huari, pero que hace parte de un plan sectorial diferente

TABLA 30. RESUMEN DE LOS LINEAMIENTOS Y CORRESPONDIENTES COSTOS DE INVERSIÓN DEL PDC DE PAMPA HUARI

Línea estratégica 1. Protección, conservación y restauración de los ecosistemas estratégicos para recuperar sus funciones ambientales

A partir de la evaluación de la vulnerabilidad de la cuenca Pampa Huari con relación a sus cuerpos de agua y funciones ambientales se proponen acciones para disminuir la degradación de recursos naturales (agua, suelo, vegetación), restaurar los cuerpos de agua y mejorar las coberturas vegetales con funciones ambientales que, por un lado, se desarrollan dentro del marco del Manejo Integral de Cuencas (MIC) con un horizonte de 5 años para para el manejo integral de 3 microcuencas priorizadas (Kari Kari, Santa Lucia, y Villacollo); y por otro lado, para monitorear el estado y tendencia de la calidad de agua de acuerdo con los usuarios de la cuenca. 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-PH.

Las primeras tres Líneas de Acción que se proponen desde el enfoque de manejo integral para la protección de las microcuencas consideran medidas no estructurales como el manejo y conservación de suelos agrícolas, y el manejo de la pradera nativa y ganado; otras estructurales como el manejo y control de áreas degradadas y control hidráulico de cauces; y otras para el fortalecimiento de las capacidades de las comunidades locales. El análisis de priorización de las zonas de intervención dentro de las 3 microcuencas se centró en los niveles de riesgo a la degradación del suelo moderado, alto y muy alto. El fin último con las acciones propuesta es propender por la conservación de suelos y recursos hídricos, incorporando prácticas de

protección y mejoramiento, de tal forma que se controle principalmente la degradación del suelo y a su vez se realice el manejo eficiente del agua, de modo que este recurso asociado con el recurso suelo mantenga o incremente su capacidad productiva.

La Línea de Acción 4 se enfoca en fortalecer el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca

fortaleciendo el Sistema de Monitoreo y Vigilancia Hídrica (SIMOVH), una iniciativa del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) y el Gobierno Autónomo Departamental De Potosí (GADP). A continuación, se da un breve resumen de las Líneas de Acción consideradas en esta Línea Estratégica con sus correspondientes costos (**Tabla 31**).

Líneas de acción	Acciones	Municipio	Costo total (Bs)
Línea de acción 1.1. MIC Kari	- Manejo y control de áreas degradadas	Potosí	3.355.624
Línea de acción 1.2. MIC Santa Lucía	- Control hidráulico de cauces	Yocalla	8.180.783
Línea de acción 1.3. MIC Villacollo	- Manejo y conservación de suelos agrícolas - Manejo de la pradera nativa y ganado - Fortalecimiento y desarrollo de capacidades a nivel local comunal	Yocalla	2.777.706
Presupuesto Líneas de Acción en MIC (Bs)			14.314.113
Línea de acción 1.4. Monitoreo de la calidad del agua	- Optimización, operativización, consolidación de la red de monitoreo y evaluación de la calidad de agua de la cuenca - Establecimiento de los objetivos de calidad de agua para los usuarios del agua de la cuenca considerando la clasificación de calidad de agua de los ríos	Potosí y Yocalla	2.150.000
Presupuesto total de la Líneas Estratégica (Bs)			16.464.113

TABLA 31. RESUMEN DE LAS LÍNEAS DE ACCIÓN EN LA LÍNEA ESTRATÉGICA 1 EN PROTECCIÓN, CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS PARA RECUPERAR SUS FUNCIONES AMBIENTALES

A continuación, se brindan más detalles de las acciones priorizadas para cada Línea de Acción con las inversiones asociadas a cada una.

LÍNEA DE ACCIÓN 1.1. MANEJO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA KARI KARI

En la microcuenca Kari Kari, mediante el proceso de priorización de las zonas de intervención se han distribuido 12 acciones/medidas, las cuales

corresponden a 5 componentes que se describen en la Tabla 32. Este conjunto de acciones contiene medidas estructurales y no estructurales y de fortalecimiento de las organizaciones de gestión de la cuenca. Para más información se puede consultar la Propuesta de acciones MIC en el marco de los PDCs, socializadas y validadas de las microcuencas priorizadas en la cuenca río Pampa Huari (WATCH 08, 2021).

Nº	Acciones específicas	Actividades	Costo (Bs)
1	Manejo y control de áreas degradadas	Desarrollo de plantaciones forestales en la microcuenca	297.326
2		Control de cárcavas con diques en la microcuenca	295.529
3	Control hidráulico de cauces	Construcción de diques colmatadores en la microcuenca	361.964
4	Manejo y conservación de suelos agrícolas	Construcción de terrazas de formación lenta con muros de piedra en la microcuenca	309.837
5		Construcción de terrazas de formación lenta con pastos en la microcuenca	177.309
6		Manejo agronómico de la fertilidad de suelos en la producción agrícola	33.779
7		Provisión de semillas en la microcuenca	33.779
8		Provisión de herramientas en la microcuenca	612.421
9		Plantación de frutales en huertos familiares en la microcuenca	378.044
10		Manejo de pasturas en la microcuenca	3.100
11	Manejo de la pradera nativa y ganado	Prácticas de sanidad animal en la microcuenca	1.192
12		Manejo de ganado y pradera nativa en la microcuenca	715.682
13	Fortalecimiento y desarrollo de capacidades a nivel local comunal	Fomento de cursillos y talleres de capacitación en la microcuenca	9.668
14		Conformación y fortalecimiento de los Organismos de Gestión de Cuencas (OGC)	29.330
15		Intercambio de experiencias a nivel nacional	96.664
Costo total de las intervenciones (Bs)			3.355.624

TABLA 32. ACCIONES PROPUESTAS EN MANEJO INTEGRADO PARA LA MICROCUENCA KARI KARI (MIC-KARI KARI)

En la **Figura 74** se puede observar la ubicación de las diferentes intervenciones, especialmente aquellas enfocadas en manejo y conservación de suelos agrícolas donde se han desarrollado mayores acciones (5 de ellas) para esta microcuenca. Se han identificado 16 áreas de intervención sobre la microcuenca Kari Kari que comprenden control de cárcavas (8), obras de arte (2) y plantaciones forestales (6) y en conjunto buscan promover una agricultura de

conservación, basado en el buen uso de los recursos agua y suelo y en la generación de una mayor rentabilidad de los cultivos por unidad de superficie a través de estrategias participativas entre los técnicos y agricultores. A continuación, se da un breve resumen de los objetivos de cada componente, el número de acciones de intervención, y un estimativo de la inversión requerida

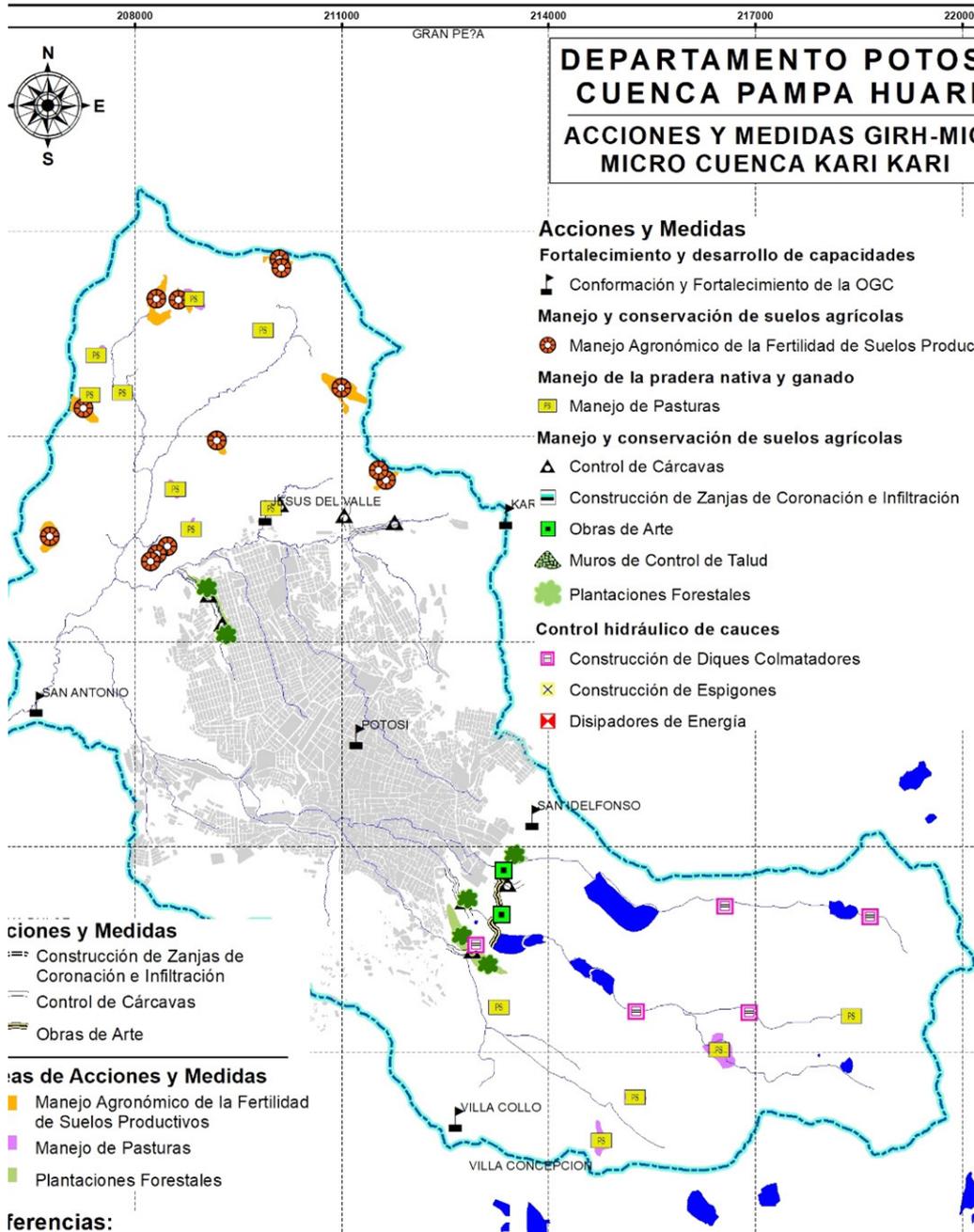


FIGURA 74. UBICACIÓN ESPACIAL DE ACCIONES Y MEDIDAS EN MICROCUENCA KARI KARI

COMPONENTE EN MANEJO Y CONTROL DE ÁREAS DEGRADADAS

Se plantean 2 acciones de intervención, las cuales están destinadas directamente a disminuir los procesos de erosión laminar, erosión en surcos y formación de cárcavas mediante medidas mecánicas de control. Se han identificado 16 puntos de control que comprenden control de

cárcavas (8), obras de arte (2) y plantaciones forestales (6). Se requiere una inversión cercana a los Bs. 592.855.

COMPONENTE EN CONTROL HIDRÁULICO DE CAUCES

Se plantea una acción de intervención, la cual está destinada directamente a proteger los cauces,

disminuir el deterioro de las laderas y taludes y contener los sedimentos producidos durante crecidas. En la microcuenca de Kari Kari se tienen 5 puntos de intervención para construcción de diques colmatadores. Se requiere una inversión cercana a los Bs. 361.964.

COMPONENTE EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS

Se plantean 5 acciones de intervención, las cuales están destinadas directamente a promover una agricultura de conservación basada en el buen uso del suelo, el agua y en la rentabilidad de los cultivos por unidad de superficie. Se tienen comprendidas 13 áreas de intervención sobre la microcuenca Kari Kari. Se requiere una inversión cercana a los Bs. 1.511.390.

COMPONENTE EN MANEJO DE LA PRADERA NATIVA Y GANADO

Se plantean 3 acciones de intervención, las cuales están destinadas directamente a mitigar los efectos negativos de la ganadería en la degradación de la cobertura vegetal. En la microcuenca priorizada de Kari Kari se tendrán 13 puntos de intervención. Se requiere una inversión cercana a los Bs. 719.974.

COMPONENTE EN FORTALECIMIENTO Y DESARROLLO DE CAPACIDADES A NIVEL LOCAL COMUNAL

Se plantean tres acciones de intervención, las cuales están destinadas directamente a sensibilizar, capacitar y difundir conocimientos

y experiencias dentro de las microcuencas para lograr la implementación, adopción y replicación de las diferentes medidas y técnicas conservacionistas, principalmente de manejo y conservación de suelos. En el área de intervención se tienen bien organizados los sindicatos, estos en muchos casos son sindicatos agrarios como sindicatos mineros, por lo que conocen sobre organizar un grupo con el interés de gestionar recursos primordiales. Por tanto, se tendrá en cuenta la creación de 7 OGC. Para desarrollar las tres estrategias se requiere una inversión cercana a los Bs 135.662.

LÍNEA DE ACCIÓN 1.2.

MANEJO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA SANTA LUCIA

En la microcuenca Santa Lucia, mediante el proceso de priorización de las zonas de intervención, se han propuesto 21 medidas, las cuales corresponden a 5 componentes que se describen en la **Tabla 33**. Este conjunto de acciones contiene medidas estructurales y no estructurales y de fortalecimiento de las organizaciones de gestión de la cuenca. Este conjunto de acciones contiene medidas estructurales y no estructurales y de fortalecimiento de las organizaciones de gestión de la cuenca. Para más información se puede consultar la Propuesta de acciones MIC en el marco de los PDCs, socializadas y validadas de las microcuencas priorizadas en la cuenca río Pampa Huari (WATCH 08, 2021).

Nº	Acciones específicas	Actividades	Costo (Bs)
1	Manejo y control de áreas degradadas	Desarrollo de plantaciones forestales	235.608
2		Control de cárcavas con diques	697.894
3		Desarrollo de obras de arte con cunetas	916.160
4		Desarrollo de obras de arte con alcantarillas	21.988
5		Desarrollo de obras de arte de cámaras	6.003
6		Desarrollo de muros para el control de talud	550.790
7	Control hidráulico de cauces	Construcción de diques colmatadores	388.602
8		Desarrollo de disipadores de energía	455.980
9	Manejo y conservación de suelos agrícolas	Construcción de terrazas de formación lenta con muros de piedra	425.125
10		Construcción de terrazas de formación lenta con pastos	240.959
11		Manejo agronómico de la fertilidad de suelos productivos	372.861
12			
13		Provisión de semillas	372.861
14		Provisión de herramientas	1.163.137
15		Plantación de frutales en huertos familiares	717.997
16	Manejo de la pradera nativa y ganado	Manejo de pasturas	56.056
17		Prácticas de sanidad animal	63.845
18		Manejo de ganado y pradera nativa	1.359.255
19	Fortalecimiento y desarrollo de capacidades a nivel local comunal	Fomento de cursillos y talleres de capacitación	9.668
20		Conformación y fortalecimiento de los Organismos de Gestión de Cuencas (OGC)	29.330
21		Intercambio de experiencias a nivel nacional	96.664
Costo total de las intervenciones (Bs)			8.180.783

TABLA 33. ACCIONES PROPUESTAS EN MANEJO INTEGRADO PARA LA MICROCUENCA SANTA LUCIA (MIC-SANTA LUCIA)

En la Figura 75 se puede observar la ubicación de las diferentes intervenciones. Se identificaron 10 actividades en el componente de manejo y conservación de suelos agrícolas, que en conjunto buscan promover una agricultura de conservación, basado en el buen uso de los recursos agua y suelo y en la generación de una mayor rentabilidad de los cultivos por unidad de superficie a través de estrategias participativas entre los técnicos y agricultores.

Por su parte, se han identificado 43 actividades que comprenden control de cárcavas (33),

obras de arte (3) y plantaciones forestales (7) en el componente de manejo y control de áreas degradadas que en conjunto buscan que la protección con muros y obras de arte en el corto plazo den tiempo al prendimiento de las áreas forestales, en el mediano y largo plazo, para evitar el colapso de los suelos erosivos.

A continuación, se da un breve resumen de los objetivos de cada componente, el número de acciones de intervención, y un estimativo de la inversión requerida.

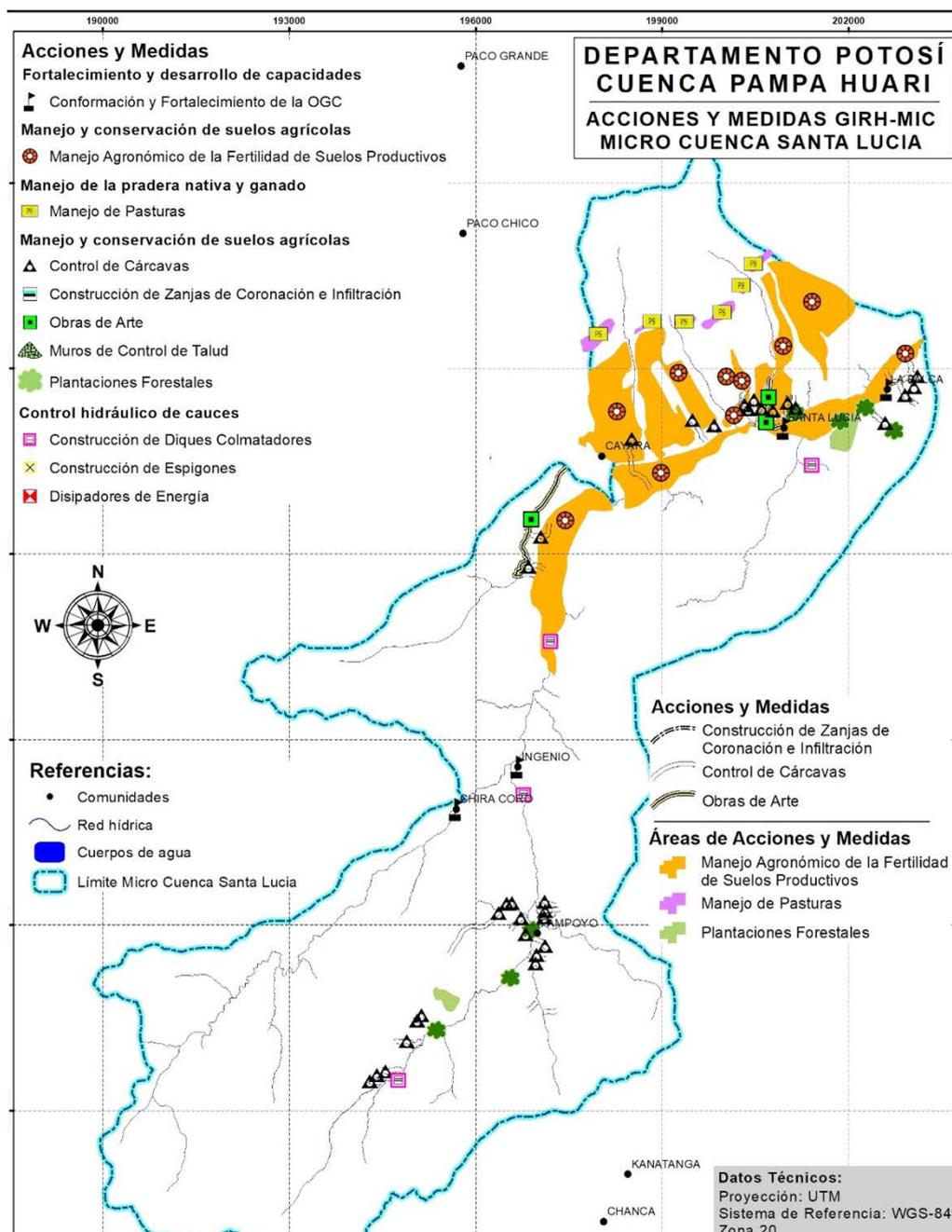


FIGURA 75. UBICACIÓN ESPACIAL DE ACCIONES Y MEDIDAS EN MICROCUENCA SANTA LUCIA

COMPONENTE EN MANEJO Y CONTROL DE ÁREAS DEGRADADAS

Se plantean 6 acciones de intervención, las cuales están destinadas directamente a disminuir los procesos de erosión laminar, erosión en surcos y formación de cárcavas mediante medidas mecánicas de control. Se han identificado 43 actividades que comprenden control de cárcavas (33), obras de arte (3) y plantaciones forestales (7). Se requiere una inversión cercana a los Bs. 2.428.443.

COMPONENTE EN CONTROL HIDRÁULICO DE CAUCES

Se plantean 2 acciones de intervención, las cuales están destinadas directamente a proteger los cauces, disminuir el deterioro de las laderas y taludes y contener los sedimentos producidos durante crecidas. En la microcuenca Santa Lucia se tienen 8 puntos de intervención para construcción de diques sedimentadores (4) y construcción de reductores de velocidad (4). Se requiere una inversión cercana a los Bs. 844.582

COMPONENTE EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS

Se plantean 6 acciones de intervención, las cuales están destinadas directamente a promover una agricultura de conservación basada en el buen uso del suelo, el agua y en la rentabilidad de los cultivos por unidad de superficie. Se requiere una inversión cercana a los Bs. 3.326.719

COMPONENTE EN MANEJO DE LA PRADERA NATIVA Y GANADO

Se plantean 3 acciones de intervención, las cuales están destinadas directamente a mitigar los efectos negativos de la ganadería en la degradación de la cobertura vegetal. Se tienen identificadas 6 áreas de trabajo para el desarrollo de las actividades se realizarán en este

componente en esta microcuenca. Se requiere una inversión cercana a los Bs. 1.479.156.

COMPONENTE EN FORTALECIMIENTO Y DESARROLLO DE CAPACIDADES A NIVEL LOCAL COMUNAL

Se plantean 3 acciones de intervención, las cuales están destinadas directamente a sensibilizar, capacitar y difundir conocimientos y experiencias dentro de las microcuencas para lograr la implementación, adopción y replicación de las diferentes medidas y técnicas conservacionistas, principalmente de manejo y conservación de suelos. Se han considerado el desarrollo de 4 eventos de cursillos y talleres de capacitación, así como 4 intercambio de experiencias a nivel nacional. Se tendrá en cuenta la creación de 5 OGC tomando en cuenta la institucionalidad existente de sindicatos agrarios y sindicatos mineros. Para desarrollar las tres estrategias se requiere una inversión cercana a los Bs. 135.662.

LÍNEA DE ACCIÓN 1.3.

MANEJO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA VILLACOLLO

En la microcuenca Villacollo, mediante el proceso de priorización de las zonas de intervención se han distribuido 21 acciones, las cuales corresponden a 5 componentes que se describen en la **Tabla 34**. Este conjunto de acciones contiene medidas estructurales y no estructurales y de fortalecimiento de las organizaciones de gestión de la cuenca. Este conjunto de acciones contiene medidas estructurales y no estructurales y de fortalecimiento de las organizaciones de gestión de la cuenca. Para más información se puede consultar la Propuesta de acciones MIC en el marco de los PDCs, socializadas y validadas de las microcuencas priorizadas en la cuenca río Pampa Huari (WATCH 08, 2021).

Nº	Acciones específicas	Actividades	Costo (Bs)
1	Manejo y control de áreas degradadas	Desarrollo de plantaciones forestales	318.419
2		Control de cárcavas con diques	132.045
3		Desarrollo de obras de arte con cunetas	192.613
4		Desarrollo de obras de arte con alcantarillas	4.664
5		Desarrollo de obras de arte de cámaras	909
6		Desarrollo de muros para el control de talud	388.793
7	Control hidráulico de cauces	Construcción de diques colmatadores	126.922
8		Construcción de espigones	211.537
9		Desarrollo de disipadores de energía	366.665

Nº	Acciones específicas	Actividades	Costo (Bs)
10	Manejo y conservación de suelos agrícolas	Construcción de terrazas de formación lenta con muros de piedra	353.070
11		Construcción de terrazas de formación lenta con pastos	197.313
12		Manejo agronómico de la fertilidad de suelos productivos	52.239
13		Provisión de semillas	52.239
14		Provisión de herramientas	69.418
15		Plantación de frutales en huertos familiares	42.851
16	Manejo de la pradera nativa y ganado	Manejo de ganado y pradera nativa	81.123
17		Manejo de pasturas	43.603
18		Prácticas de sanidad animal	7.621
19	Fortalecimiento y desarrollo de capacidades a nivel local comunal	Fomento de cursillos y talleres de capacitación	9.668
20		Conformación y fortalecimiento de los Organismos de Gestión de Cuencas (OGC)	29.330
21		Intercambio de experiencias a nivel nacional	96.664
Costo total de las intervenciones (Bs)			2.777.706

TABLA 34. ACCIONES PROPUESTAS EN MANEJO INTEGRADO PARA LA MICROCUENCA VILLACOLLO (MIC-VILLACOLLO)

En la **Figura 76** se puede observar la ubicación de las diferentes intervenciones donde se tienen identificadas 3 áreas de intervención en el componente de manejo y conservación de suelos agrícolas que en conjunto buscan promover una agricultura de conservación, basado en el buen uso de los recursos agua y suelo y en la generación de una mayor rentabilidad de los cultivos por unidad de superficie a través de estrategias participativas entre los técnicos y agricultores.

Por su parte, se han identificado 12 actividades que comprenden control de cárcavas (6), un muro de control de taludes, obras de arte (3) y plantaciones forestales (3) en el componente de manejo y control de áreas degradadas que en conjunto buscan que la protección con muros y obras de arte den tiempo al prendimiento de las áreas forestales en el mediano y largo plazo para evitar el colapso de los suelos erosivos.

A continuación, se da un breve resumen de los objetivos de cada componente, el número de acciones de intervención, y un estimativo de la inversión requerida.

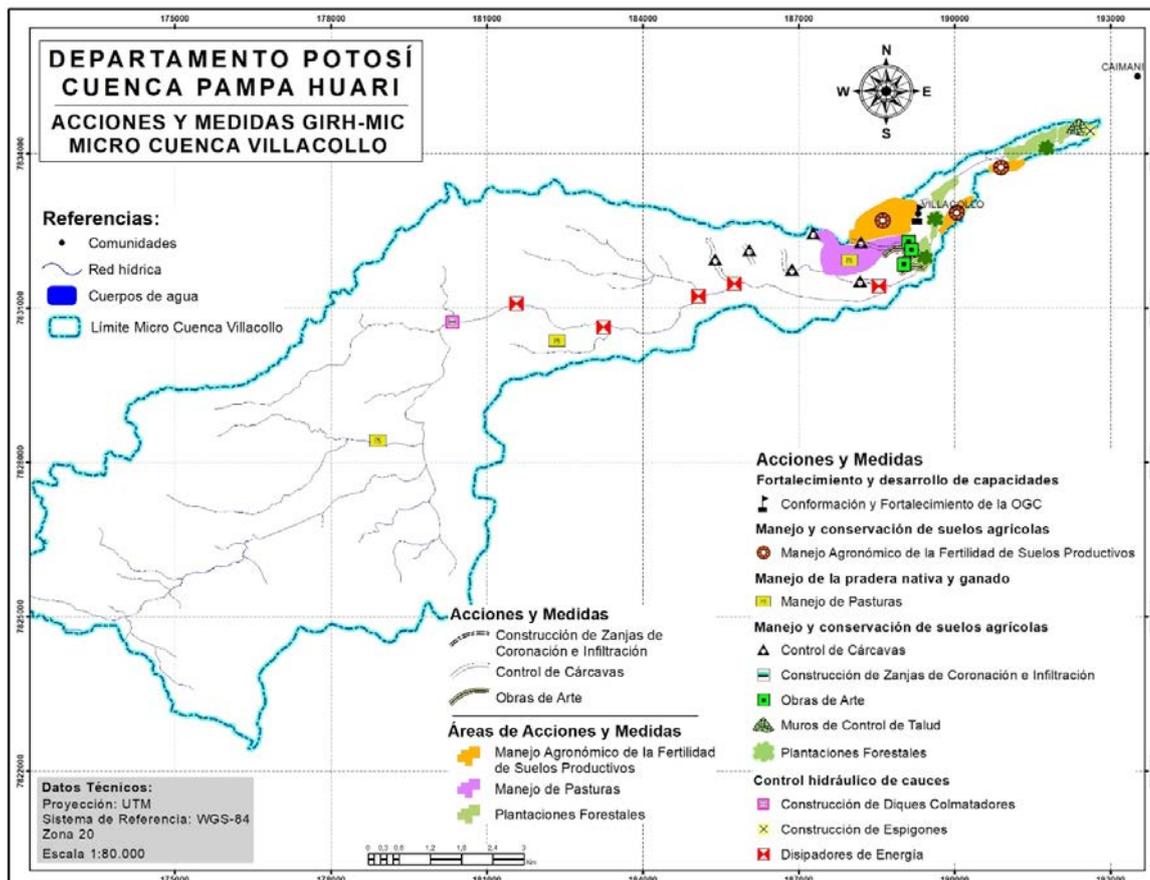


FIGURA 76. UBICACIÓN ESPACIAL DE ACCIONES Y MEDIDAS EN LA MICROCUENCA VILLACOLLO

COMPONENTE EN MANEJO Y CONTROL DE ÁREAS DEGRADADAS

Se plantean 6 acciones de intervención, las cuales están destinadas directamente a disminuir los procesos de erosión laminar, erosión en surcos y formación de cárcavas mediante medidas mecánicas de control. Se han identificado 13 actividades que comprenden control de cárcavas (6), obras de arte (3), muro de control de taludes (1) y plantaciones forestales (3). Se requiere una inversión cercana a los Bs. 1.037.443.

COMPONENTE EN CONTROL HIDRÁULICO DE CAUCES

Se plantean 3 acciones de intervención, las cuales están destinadas directamente a proteger los cauces, disminuir el deterioro de las laderas y taludes y contener los sedimentos producidos durante crecidas. En la microcuenca de Villacollo se tienen 7 puntos de intervención para construcción de diques colmatadores (1), construcción de espigones (1) y disipadores de energía (5). Se requiere una inversión cercana a los Bs. 705.124.

COMPONENTE EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS

Se plantean 6 acciones de intervención, las cuales están destinadas directamente a promover una agricultura de conservación basada en el buen uso del suelo, el agua y en la rentabilidad de los cultivos por unidad de superficie. Se tienen comprendidas 3 áreas de intervención. Se requiere una inversión cercana a los Bs. 767.130.

COMPONENTE EN MANEJO DE LA PRADERA NATIVA Y GANADO

Se plantean 3 acciones de intervención, las cuales están destinadas directamente a mitigar los efectos negativos de la ganadería en la degradación de la cobertura vegetal. Se tienen identificadas 3 áreas de trabajo para el desarrollo de las actividades en este componente. Se requiere una inversión cercana a los Bs. 132.347.

COMPONENTE EN FORTALECIMIENTO Y DESARROLLO DE CAPACIDADES A NIVEL LOCAL COMUNAL

Se plantean tres acciones de intervención, las cuales están destinadas directamente a sensibilizar, capacitar y difundir conocimientos y experiencias dentro de las microcuencas para lograr la implementación, adopción y replicación de las diferentes medidas y técnicas conservacionistas, principalmente de manejo y conservación de suelos. Se tendrá en cuenta la creación de un OGC en base a la institucionalidad existente. Para desarrollar las tres estrategias se requiere una inversión cercana a los Bs. 135.662.

LÍNEA DE ACCIÓN 1.4.

MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Esta Línea de Acción tiene como objetivo evaluar la calidad del agua en fuentes superficiales y subterráneas y establecer los objetivos de calidad de agua de acuerdo con los tipos de usuarios del agua en la cuenca. Para tal efecto se propone dos acciones, las cuales son detalladas con costos en la siguiente **Tabla 35**.

Nº	Acciones específicas	Costo (Bs)
1	Optimización, operativización, consolidación de la red de monitoreo y evaluación de la calidad de agua de la cuenca	2.060.000
2	Establecimiento de los objetivos de calidad de agua para los usuarios del agua de la cuenca considerando la clasificación de calidad de agua de los ríos	90.000
Costo total (Bs)		2.150.000

TABLA 35. MEDIDAS PARA MEJORAR EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA CUENCA

MONITOREO DE LA 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 debajo 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 hay 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 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 red de monitoreo y la definición de los parámetros del agua que deben

ser monitoreados. Los puntos de monitoreo deberían abarcar tanto las fuentes a guisa superficial como subterránea. Para optimizar estos puntos debe considerarse el inventario de usuarios y sus puntos de vertimiento. De acuerdo con el diagnóstico realizado, una de las principales fuentes de contaminación que genera mayor vulnerabilidad a las comunidades asentadas en la cuenca, son los vertimientos de las actividades mineras. Los puntos de monitoreo deberán definirse incluyendo 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. Actualmente, se cuenta con 6 puntos de monitoreo de calidad de agua del SIMOVH, 3 de la comisión Trinacional Pilcomayo, 10 de SERGEOMIN, 16 del monitoreo participativo de Agua Sustentable y 4 del municipio de Potosí, que corresponde a una red con múltiples puntos. La red podría contar con 20 puntos aproximadamente, que tengan ubicaciones estratégicas teniendo en cuenta los criterios ya mencionados porque actualmente hay varios que se encuentran muy cercanos.

- Para la implementación de esta actividad la inversión corresponde al costo de un profesional con perfil de especialización en saneamiento ambiental, ingeniería ambiental o similares (Bs. 15.000) por un tiempo equivalente a 12 meses desde el inicio del PDC, lo que significa que el costo total de la actividad es de Bs. 180.000. Por otro lado, se definen como responsables a los correspondientes municipios y a la gobernación debido a que actualmente son ellos quienes se encargan de la ejecución de las mediciones para el monitoreo de la calidad de agua en la cuenca.

- **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 la red definidos en la actividad anterior. Esto implica que los encargados de la implementación de esta actividad son los municipios y la gobernación. La toma de muestras y análisis de laboratorio debe realizarse con una frecuencia semestral, es decir, dos 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.

El objetivo de esta actividad es mejorar 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 ello se estiman 160 muestras a tomar en dichos cuerpos de agua durante los cuatro años de duración de esta actividad, teniendo en cuenta que inicia en el segundo año del PDC (luego de la culminación de la actividad 1) y termina al final de la implementación del PDC suponiendo 20 puntos en total para el monitoreo semestral. En función de esta cifra de muestras, el costo total asociado a la actividad es igual a Bs. 1.760.000.

- **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 Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) de Bolivia a través del Sistema de Monitoreo y Vigilancia Hídrica (SIMOVH). Esta actividad actualmente es labor del SIMOVH y se recomienda que los monitoreos que se desarrollen por cada entidad sean archivados y procesados bajo su verificación y supervisión.

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

- o Organización de la información del monitoreo de calidad de agua según los formatos establecidos por SIMOVH para los 20 puntos seleccionados.

- o Articulación con el SIMOVH para el flujo de información entre los municipios, la gobernación, el SIMOVH y las poblaciones involucradas.

- o Articulación entre el SIMOVH y las demás entidades que tienen monitoreo de calidad de agua para centralizar la información para la base de datos, siguiendo los protocolos para la toma de muestras y análisis de laboratorio.

- o Cálculo de indicadores de calidad de agua en función de las mediciones realizadas.

- o Visualización de los resultados en la plataforma institucional, en cuanto a la calidad de agua de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos en los puntos definidos en la actividad 1.

o Socialización de la disponibilidad de los resultados en la plataforma con las comunidades, municipios, gobernación y población general interesada.

o 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.

Con el desarrollo de estas actividades, podría lograrse que las instituciones y pobladores cuenten con información garantizada respecto a la calidad y cantidad de los recursos hídricos de la cuenca. Por otro lado, no se especifica el costo total de la actividad debido a que el SIMOVH ya cuenta con un presupuesto para la ejecución de esta.

• **Actividad 4:** Priorización de estrategias de saneamiento, a través de modelos de calidad de agua y simulación de escenarios. Usando la información de los usuarios del agua, información de sus vertimientos, sistemas de tratamiento de agua residual y opciones de mejora de dichos tratamientos, se plantea el diseño de una estrategia de saneamiento basada en la priorización de inversiones.

• En principio, esto requiere de un análisis histórico de resultados de monitoreo de calidad de agua que se plantea para iniciar en el quinto año de implementación del PDC, para contar con al menos tres años de mediciones del monitoreo planteado en la presente acción. Posteriormente, deben identificarse los tramos de río, acuíferos o fuentes de agua que requiere modelación de calidad de agua para la definición de los sistemas de tratamiento y escenarios de simulación de estrategias de saneamiento de acuerdo con el

análisis previo; por lo que debe ejecutarse también durante el quinto año del PDC. Finalmente, es claro que se necesita una fuente de financiación para poder realizar la modelación en una etapa posterior, de tal modo que, una vez se identifiquen los tramos priorizados el último paso es el planteamiento de estrategias de financiación para la modelación de las fuentes de agua requeridas durante el quinto y último año del PDC.

De acuerdo con esto, la actividad completa se implementará durante el quinto año del PDC, pero no requiere el total de este, sino un periodo igual a 8 meses. Este trabajo debe ser ejecutado por un profesional con especialización en saneamiento ambiental, ingeniería ambiental o similares durante el tiempo ya estipulado; por consultoría bajo contrato por remuneración mensual (Bs. 15.000 mensuales). En consecuencia, el costo total de la actividad corresponde a Bs. 120.000.

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. Las **Tabla 36** y **Tabla 37** 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 Pampa Huari, evidenciando que el costo total es de Bs. 2.060.000.

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 36. DURACIÓN DE LA ACCIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI 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 (Bs)				2.060.000

TABLA 37. COSTO DE LA ACCIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI 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 Pampa Huari:

- 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 Pampa Huari. 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 aguas 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 meses bajo contrato de remuneración mensual con un costo promedio mensual del profesional con especialización en saneamiento ambiental o similares de Bs 15.000, equivalente a un costo total de la acción de Bs 90.000. 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 Pampa Huari, posterior a los cinco años definidos en este PDC.

Línea estratégica 2. Agua sostenible en calidad y cantidad para consumo humano y saneamiento básico

Esta línea estratégica tiene como objetivo brindar y garantizar la calidad y cantidad de agua para consumo humano de manera sostenible, gestionando la cadena de saneamiento para mitigar el impacto ambiental en los cuerpos

receptores y proteger la salud humana y los ecosistemas estratégicos.

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 (**Tabla 38**).

Línea de acción	Acciones	Municipio	Costo (Bs)
Línea de acción 2.1 Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario para la ciudad de Potosí	Gestión del abastecimiento para la ciudad de Potosí (aducción)	Potosí	376.341.302
	Gestión de la demanda de agua en la ciudad de Potosí (distribución e IANC)	Potosí	107.388.522
	Tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Potosí	Potosí	202.174.749
	Servicios de saneamiento en la ciudad de Potosí	Potosí	107.826.023
Presupuesto Línea de Acción 2.1.			793.730.596
Línea de acción 2.2 Ampliación de la cobertura y mejora del servicio de agua potable y saneamiento básico en comunidades rurales	Servicios de agua en las comunidades rurales	Potosí, Yocalla, Tinguipaya	16.831.470
	Servicios de saneamiento en las comunidades rurales	Potosí, Yocalla, Tinguipaya	37.959.137.7
Presupuesto total Línea de Acción 2.2.			54.790.608

TABLA 38. RESUMEN DE LAS LÍNEAS DE ACCIÓN EN LA LÍNEA ESTRATÉGICA 2 EN AGUA SOSTENIBLE EN CALIDAD Y CANTIDAD PARA CONSUMO HUMANO Y SANEAMIENTO BÁSICO

LÍNEA DE ACCIÓN 2.1. PLAN MAESTRO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CIUDAD DE POTOSÍ

El Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (PM de AP&AS) para la ciudad de Potosí (2021), desarrollado por la Asociación Accidental Tractebel GWK GmbH y Centro Profesional Multidisciplinario, es un plan sectorial, pero con implicaciones tanto en la parte alta como baja de la cuenca Pampa Huari. En ese sentido, a lo largo de la formulación algunas acciones de

suministro como la incorporación de potenciales fuentes abastecimiento, el mejoramiento de las eficiencias de captación y distribución, la disminución del índice de agua no contabilizada y el reúso en riego de las aguas residuales de la PTAR La Puerta han sido consideradas y sus impactos evaluados. Por esta razón se comparte en términos generales el plan de inversión de los proyectos a corto, mediano y largo plazo que han sido considerados dentro del PM de AP&AS (2021) para la ciudad de Potosí (**Tabla 39**).

Descripción	2026	2036	2051	Total
Presas	53.507.043			53.507.043
Aducción	376.341.302	333.467.878	230.011.695	939.820.875
1. Renovación e independización de tuberías de aducción del Sist. Kari Kari 2. Cons. interconexión tanques PTAP San Juan Tanque Cantumarca 3. Cons. aducción San Jose Tanque alto Potosí PTAP Kari Kari	73.850.389			73.850.389
Cons. Aducción Tayacolque PTAP San Juan		333.467.878		333.467.878
1. Cons. Sist. De Aducción río Sijllawiri 2. Cons. Sist. de agua Tacora-Potosí	302.490.913			302.490.913
Proyecto Multipropósito Paranturi			230.011.695	230.011.695
Canal de trasvase	Sin presupuesto			-
Tratamiento	15.977.778		7.100.000	23.077.778
1. Nueva PTAP Kari Kari para fuentes Tacora y Tayacolque y para los Sist. Lobato y San Jose	15.977.778			15.977.778
1. Nueva PTAP San Juan Para fuente Tayacolque		7.100.000	7.100.000	

Descripción	2026	2036	2051	Total
Almacenamiento	14.516.059	4.780.624		19.296.683
Tanques de almacenamiento en el corto plazo	14.516.059			14.516.059
Tanques de almacenamiento en el mediano plazo	4.780.624		4.780.624	
Distribución	78.240.973	19.308.448	17.280.407	114.829.828
Válvulas e hidrantes	8.724.377	190.282	376.337	9.290.996
Expansión de la red	44.830.704	19.118.166	16.904.070	80.852.941
Nuevas conexiones y reposición de antiguas acometidas	24.685.892			24.685.892
Reducción del agua no contabilizada	29.147.549	9.801.053		38.948.602
Determinación del %IANC	289.342			289.342
Renovación de redes del casco viejo	4.051.410	7.207.242		11.258.652
Renovación de redes AC y FG	19.142.832	2.593.812		21.736.644
Renovación por insuficiencia hidráulica, macromedidores, catastro y sectorización	5.663.965			5.663.965
Subtotal costos directos agua potable	567.730.705	367.358.003	254.392.102	1.189.480.810
Red de alcantarillado	107.826.023	8.107.003	12.249.807	128.182.833
Renovación de redes, cámaras en el caso viejo y área de influencia	29.164.803			29.164.803
Cambio y ampliación colectores	41.018.502	8.107.003	12.249.807	61.375.312
Interceptores	24.056.056			24.056.056
Emisarios	13.586.661			13.586.661
Tratamiento de aguas residuales	202.174.749	15.447.572	58.649.913	276.272.235
Planta de Tratamiento La Puerta	200.792.037		55.596.000	256.388.037
PTAR (descentralizada) Sector Samasa		13.899.000		13.899.000
Tanque séptico Norte	979.426			979.426
Tanque séptico zona sur 1	403.286			403.286
Tanque séptico zona sur 2		770.391		770.391
Tanque séptico Noroeste (salida Oruro)		778.181		778.181
Tanque séptico zona sur 3			1.523.062	1.523.062
Tanque séptico Noroeste (Mondragón)			1.530.851	1.530.851
Subtotal costos directos alcantarillado sanitario	310.000.772	23.554.575	70.899.720	404.455.067
Costos totales directos	877.731.477	390.912.578	325.291.822	1.593.935.877
Costos totales indirectos (24%)	210.655.554	93.819.019	78.070.037	382.544.610
Inversión total	1.088.387.031	484.731.597	403.361.859	1.976.480.487

TABLA 39. RESUMEN DE LAS PRINCIPALES ACCIONES CONSIDERADAS EN EL PLAN DE AGUA Y SANEAMIENTO DE LA CIUDAD DE POTOSÍ

La inversión total en el horizonte 2026-2051 incluye, por un lado, los costos directos de inversión para agua potable y alcantarillado sanitario; y, por otro lado, costos indirectos por diseño final (7%), supervisión de obras (6%), mitigación ambiental (5%) y fortalecimiento institucional (6%) que suelen considerarse en el contexto de Bolivia. En nuestro plan solo se van a considerar los costos directos en el corto plazo de algunos componentes del plan de acción para efecto de simplicidad.

LÍNEA DE ACCIÓN 2.2 AMPLIACIÓN DE LA COBERTURA Y MEJORA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN COMUNIDADES RURALES

En esta línea de acción se plantean distintas tecnologías de solución para incrementar la cobertura y acceso a servicios de agua potable y saneamiento sostenible en 40 comunidades rurales de la cuenca Pampa Huari, en función de las condiciones de vulnerabilidad de cada

comunidad. Las 40 comunidades identificadas son mayoritariamente dispersas y con una población reducida en comparación con el área urbana de la cuenca.

Las metas establecidas en el presente Plan contemplan llegar a 100% de cobertura en agua y 75% de cobertura en saneamiento básico, en las 40 comunidades de la cuenca de Pampa Huari. Las metas de expansión de los servicios de agua potable y saneamiento a ser alcanzadas

hasta la gestión 2025 fueron concebidas bajo el marco de los objetivos generales y prioridades del sector de agua potable y 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 40 comunidades, en un marco de una mejora continua de la eficiencia en la operación de los señalados servicios (**Tabla 40**).

Línea de acción	Acción específica	Línea base cobertura (%)	Tipo de indicador	Meta (%)	Periodo de implementación
Ampliación de la cobertura y mejora del servicio de agua potable y saneamiento básico en comunidades rurales Agua segura para hogares, saneamiento e higiene	Servicios de agua en las comunidades rurales	89,10	Cobertura del Servicio	100	2022 – 2025
	Servicios de saneamiento en las comunidades rurales	19,76	Cobertura del Servicio de Recolección y Tratamiento de Aguas Residuales	75	2022 - 2025

TABLA 40. METAS DEL SERVICIO RESUMEN

En base a estos antecedentes, la línea estratégica 2.2 propone dos componentes: 1) servicios de agua en las comunidades rurales y 2) servicios de saneamiento en comunidades rurales. A continuación, se describen ambos componentes con sus acciones específicas.

A.2.2.1. SERVICIOS DE AGUA EN LAS COMUNIDADES RURALES

Para la selección de las tecnologías de agua potable más adecuadas en las comunidades rurales se ha empleado la metodología QFD detallada en la sección de anexos de lineamientos estratégicos en **Anexo C1. Línea de acción 2.2 Ampliación de la cobertura y mejora del servicio de agua potable y saneamiento básico en comunidades rurales.**

La cuenca Pampa Huari 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 ese sentido, a continuación, se describen las diferentes configuraciones de sistemas de agua potable cuya fuente proviene de aguas subterráneas.

POZO SEMIPROFUNDO CON RED SIMPLIFICADA

Esta acción comprende los siguientes componentes: Perforación de pozo semiprofundo de 70 a 100 metros, con una salida de 4", tanque de almacenamiento de hormigón armado, red de distribución con tubería de PVC 1 a 2", e instalación de piletas públicas de ½". Se ha considerado que las redes existentes ya tienen una antigüedad mayor a 15 años, por lo que se plantea realizar un nuevo sistema para toda la población beneficiaria en 34 comunidades, haciendo un total de 8.210 habitantes para la gestión 2021 (en base a datos de Censo 2012) y que se distribuyen de la siguiente manera:

17 comunidades dentro el municipio de Potosí que serían beneficiadas con esta acción, distribuidos de la siguiente manera (**Tabla 41**):

Comunidad	Población		Comunidad	Población	
	2021	2025		2021	2025
Gran Peña	232	243	Parantaka	284	298
Incahuasi	67	70	Palca Mayu	60	63
Irupampa Grande	200	210	San Idelfonso	169	178
Iscumayu	109	115	Santiago de Ockoruro	477	501
Jesús del Valle	81	85	Tucsapujio	85	89
Kanatanga	64	67	Turicaya grande	111	117
Manquiri	420	442	Turicaya chica	131	138
Mondragón	157	165	Villa Concepción	5	6
Miraflores	227	238			
Total	Población 2021		Población 2025		
	5.712		5.904		

FUENTE: AGUATUYA, 2022

TABLA 41. POBLACIÓN BENEFICIADA CON POZO SEMIPROFUNDO Y RED SIMPLIFICADA- MUNICIPIO DE POTOSÍ

17 comunidades dentro el municipio de Yocalla serían beneficiadas con esta acción, distribuidas

de la siguiente manera (Tabla 42):

Comunidad	Población		Comunidad	Población	
	2021	2025		2021	2025
Caimani	142	150	Paco Grande	217	229
Cayara	619	652	Paco Chico	426	449
Cebadillas	170	179	San Antonio	605	637
Condoriri	219	230	Sangari	142	150
El Molino	506	533	Tucsapujio	435	458
Huancuri	99	104	Turicaya grande	556	585
Ingenio	146	154	Turicaya chica	471	496
La Palca	337	355	Villa Concepción	140	147
La Puerta	101	106			
La Puerta	Población 2021		Población 2025		
	7.459		7.751		

FUENTE: AGUATUYA, 2022

TABLA 42. POBLACIÓN BENEFICIADA CON POZO SEMIPROFUNDO Y RED SIMPLIFICADA- MUNICIPIO DE YOCALLA

POZO SEMIPROFUNDO CON RED CONVENCIONAL

Esta acción comprende los siguientes componentes: Perforación de pozo semiprofundo de 70 a 100 metros, con una salida de 4", tanque de almacenamiento de hormigón armado, red de distribución con tubería de 2 a 4" e instalación de

acometida domiciliaria de ½". De acuerdo con la selección de las comunidades que se enmarcan en esta acción, se pudieron identificar 6, haciendo un total de 1.129 habitantes para la gestión 2021 y que se distribuyen de la siguiente manera (Tabla 43):

Municipio	Comunidad	Población 2021	Población 2025
Yocalla	Agua dulce	107	112
Potosí	Candelaria	339	356
Potosí	Thamari	313	330
Potosí	Irupampa Chica	100	105
Potosí	Callapampa	60	63
Potosí	Sumatala	210	221
Total		1.129	1.187

TABLA 43. POBLACIÓN BENEFICIADA CON POZO SEMIPROFUNDO CON RED CONVENCIONAL

FUENTE: AGUATUYA, 2022

Tomando en cuenta las dos alternativas de sistemas propuestos a nivel comunal, a continuación, se presenta el presupuesto

referencial de costos para las acciones de agua en comunidades rurales de la cuenca (**Tabla 44**)

Acción de agua para consumo en comunidades rurales	Comunidades beneficiadas	Costo Infraestructura Total (Bs)	Costo O&M/mes (Bs)
Pozo semiprofundo con red simplificada para 34 comunidades de la cuenca Pampa Huari	Ver Tabla 41 y Tabla 42	12.924.588	57.141.60
Pozo semiprofundo con red convencional para 6 comunidades de la cuenca)	Ver Tabla 43	3.906.883	18.191.42
Total (Bs)		16.831.470	

FUENTE: AGUATUYA, 2022

TABLA 44. COSTOS REFERENCIALES DE ACCIONES DE AGUA PARA CONSUMO EN COMUNIDADES RURALES DE LA CUENCA

A.2.2.2. SERVICIOS DE SANEAMIENTO EN LAS COMUNIDADES RURALES

Para la selección de las tecnologías de saneamiento básico más adecuadas en las comunidades rurales se ha empleado la metodología QFD detallada en la sección de anexos de lineamientos estratégicos en **Anexo C1. Línea de acción 2.2 Ampliación de la cobertura y mejora del servicio de agua potable y saneamiento básico en**

comunidades rurales. A continuación, se detallan las tecnologías de saneamiento seleccionadas para 34 comunidades de la cuenca Pampa Huari. Cabe resaltar que 6 comunidades rurales (**Tabla 45**) serán beneficiadas con acceso a servicios de saneamiento básico y tratamiento de aguas residuales en el marco de la línea de acción 2.1 del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario para la ciudad de Potosí.

Municipio	PTAR considerada en el Plan Maestro de Agua Potable y alcantarillado Sanitario para la ciudad de Potosí	Comunidad beneficiada dentro del alcance de la PTAR
Yocalla	PTAR La Puerta	San Antonio
Yocalla	PTAR La Puerta	La Puerta
Yocalla	PTAR La Puerta	Jesús del Valle
Yocalla	PTAR La Palca	Santa Lucía
Potosí	PTAR Totorá D	Iscumayu
Potosí	PTAR Irupampa	Palca Mayu

TABLA 45. COMUNIDADES BENEFICIADAS POR PROYECTOS PTAR EN PLAN MAESTRO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CIUDAD DE POTOSÍ

ALCANTARILLADO SIMPLIFICADO CON PTAR DESCENTRALIZADO

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 concentradas y no dispersas. Las comunidades beneficiadas con esta solución tecnológica son (**Tabla 46**):

Comunidad	Comunidad	Población		Comunidad	Población	
		2021	2025		2021	2025
Potosí	Candelaria	339	356	Mondragón	157	165
Potosí	Condoriri	219	230	Miraflores	550	579
Potosí	Gran Peña	232	243	Santiago de Ockoruro	1625	1711
Potosí	Irumpampa Grande	350	369	Tucsapujio	385	405
Potosí	Manquiri	420	442	Turicaya chica	214	225
Yocalla	Cayara	619	652	Paco Chico	426	449
Yocalla	Cebadillas	170	179	Totorá Pampa	556	585
Yocalla	El Molino	506	533	Totorá D	471	496
Yocalla	La Palca	337	355	Villacollo	210	221
Yocalla	Paco Grande	217	229	Sumatala	358	377
Total		Población 2021		Población 2025		
		8.361		8.801		

FUENTE: AGUATUYA, 2022

TABLA 46. COMUNIDADES BENEFICIADAS CON ALCANTARILLADO SIMPLIFICADO Y PTAR DESCENTRALIZADA

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

a) Baño con inodoro de arrastre hidráulico: Se tiene un costo de inversión de Bs. 2.973,42 (Dos Mil Novecientos Setenta y Tres 42/100 bolivianos) por habitante equivalente. La inversión incluye el costo de la acometida domiciliaria.

b) Red de recolección de aguas residuales: Tiene un costo de inversión de Bs. 285,76 (Doscientos Ochenta y Cinco 76/100) por metro lineal.

c) Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) descentralizada. Para este módulo se tiene un costo de inversión de Bs. 249,93 (Doscientos Cuarenta y Nueve 93/100 bolivianos) por habitante equivalente.

Una descripción de los detalles técnicos de cada módulo se encuentra en la sección de anexos de lineamientos estratégicos en Anexo C1. Línea de acción 2.2 Ampliación de la cobertura y mejora del servicio de agua potable y saneamiento básico en comunidades rurales.

BAÑOS SECOS ECOLÓGICOS (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, así mismo en promedio tiene una cobertura de disposición de excretas a pozo ciego del 19% y una cobertura de agua promedio del 61%.

Las comunidades beneficiadas con esta solución tecnológica son (**Tabla 47**):

TABLA 47: COMUNIDADES BENEFICIADAS CON BAÑOS SECOS ECOLÓGICOS (ECOSAN)

Municipio	Comunidad	Población 2021	Población 2025
Yocalla	Caimani	142	150
Yocalla	Sangari	142	150
Yocalla	Ingenio	146	154
Potosí	Incahuasi	67	70
Potosí	Irupampa Chica	100	105
Potosí	Villa Concepción	5	6
Potosí	San Idelfonso	169	178
Total		771	813

FUENTE: AGUATUYA, 2022

Baño ecológico seco con separación de orina contempla la construcción de los siguientes componentes: a) caseta, b) Cámara doble (o simple en el caso de existir servicio de recojo), c) losa, d) asiento o taza separadora, e) tubo de ventilación.

El costo de inversión es de Bs. 2.564,88 (Dos Mil Quinientos Sesenta y Cuatro 88/100 bolivianos) por habitante equivalente. El costo total para las 7 comunidades es de Bs. 2.517.219,4 (Dos Millones

Ochocientos Cuarenta Mil Setecientos Ochenta y Ocho 44/100 bolivianos)

HUMEDALES ARTIFICIALES DOMÉSTICOS

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.

Las comunidades beneficiadas con esta solución tecnológica son (**Tabla 48**):

Municipio	Comunidad	Población 2021	Población 2025
Yocalla	Agua dulce	107	112
Potosí	Thamari	313	330
Yocalla	Huancuri	99	104
Potosí	Turicaya Grande	111	117
Potosí	Parantaka	284	298
Potosí	Kanatanga	64	67
Potosí	Callapampa	60	63
Total		1.038	1.091

TABLA 48. COMUNIDADES BENEFICIADAS CON HUMEDALES ARTIFICIALES

FUENTE: AGUATUYA, 2022

Esta acción consiste en la construcción de los siguientes módulos:

a) baño con inodoro de arrastre hidráulico: Se tiene un costo de inversión de Bs. 2.973,42 (Dos Mil Novecientos Setenta y Tres 42/100 bolivianos) por habitante equivalente. La inversión incluye el costo de la acometida domiciliaria.

b) Reactor UASB modificado: esta infraestructura tiene un costo de inversión de Bs. 100,71 (Cien 71/100 bolivianos) por habitante equivalente.

c) Humedal Artificial: tiene un costo de inversión de Bs. 38,98 (Treinta y Ocho 98/100

bolivianos) por habitante equivalente.

d) Zanja de Infiltración y lecho de secado de lodos: 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 Bs. 24,08 (Veinticuatro 08/100 bolivianos) por habitante equivalente.

Una descripción de los detalles técnicos de cada módulo se encuentra en la en la sección de anexos de lineamientos estratégicos en **Anexo C1. Línea de acción 2.2 Ampliación de la cobertura y mejora del servicio de agua potable y saneamiento básico en comunidades rurales.**

Acción de saneamiento en comunidades rurales	Comunidades beneficiadas	Total (Bs)	Costo O&M/mes (Bs)
PTAR descentralizada + red de alcantarillado simplificada para 20 comunidades de la cuenca Pampa Huari	Ver tabla 46	32.186.382,23	127.755,04
Baños ecológicos secos (Ecosan) para 7 comunidades de la cuenca pampa huari	Ver tabla 47	2.517.219,38	539.700,00
Humedales artificiales domésticos para 7 comunidades de la cuenca Pampa Huari	Ver tabla 48	3.255.536,06	7.211,70
Total (Bs)		37.959.137,7	

TABLA 49. COSTOS REFERENCIALES DE ACCIONES DE SANEAMIENTO EN COMUNIDADES RURALES DE LA CUENCA

Línea estratégica 3. Gestión del agua para la producción agropecuaria bajo riego

A partir de la caracterización de aspectos biofísicos, socioeconómicos y productivos en la cuenca Pampa Huari se siguió una metodología participativa donde se convocaron actores locales e institucionales como: líderes de las organizaciones campesinas, productivas, regantes; asimismo autoridades y técnicos de los Gobiernos Autónomos Municipales de Potosí y Yocalla, Gobernación de Potosí y otras instituciones de relación o interés, que participaron en los talleres, entrevistas y visitas de campo. Durante los encuentros y las visitas a campo se identificaron acciones de intervención que luego fueron sistematizadas y puestas en fichas técnicas con sus respectivos planes plurianual de implementación. Los participantes convocados posteriormente validaron las intervenciones propuestas. En este sentido, esta línea estratégica tiene por objetivo incrementar e innovar la producción agropecuaria bajo riego eficiente.

La estrategia del gobierno nacional para promover la productividad agropecuaria, combatir la

pobreza y garantizar la seguridad alimentaria gira principalmente en torno a la expansión de las áreas bajo riego. A partir de las evaluaciones de programas de inversión pública, se ha visto que los proyectos de mejoramiento de riego tradicionales han logrado apoyar a superar el umbral de pobreza, sobre todo cuando la familia dispone de una superficie de 1.3 ha con riego. Los beneficios de esta estrategia, que surge a partir de la Ley N° 745 de 5 de octubre de 2015 y es conocida como la Ley de la Década del Riego 2015 al 2025, no solo se concentran en la construcción de infraestructura hidráulica para llevar agua a los cultivos sino que adicionalmente los proyectos de sistemas de riego cuentan con acciones de asistencia técnica para la producción agrícola, orientación y facilidades para el acceso a créditos, mercados y otras acciones, lo que se traduce en un mayor impacto del riego, especialmente para mantener la producción agrícola con mayor estabilidad, mejores rendimientos y oportunidades para las cosechas, además de las posibilidades de mejora en la variedad de cultivos.

De acuerdo con el Inventario Nacional de los Sistemas de Riego 2012 (VRHR 2013), hasta el año 2012 se inventariaron más de 5600 sistemas

de riego de diversos tamaños y características, mediante los cuales se riega anualmente un área de 303,000 hectáreas en siete departamentos del país. Esto representa un incremento de 77.000 ha respecto al área regada hasta el año 2000. El Plan Nacional de Desarrollo de Riego, aprobado en 2007 tiene como meta llegar a 1.000.000 hectáreas irrigadas en el año 2025. Aunque existen discrepancias respecto a la superficie regada en la cuenca con otras fuentes, según datos del Inventario Nacional de Sistemas de Riego, en la cuenca Pampa Huari hasta el 2012 se habrían registrado 30 sistemas de riego que estarían regando una superficie de 2.174 ha en invierno y 778 ha en verano.

Como se observa, las áreas bajo riego son escasas en la cuenca Pampa Huari y se debe a sus condiciones topográficas, a que la actividad principal es la minería, y, por tanto, la producción de cultivos está destinada a la alimentación de las familias; y a que los proyectos en cartera se atienden en función de los recursos que se

asignan en los municipios. Los programas del gobierno como MIAGUA y MIRIEGO han permitido una aceleración de la inversión principalmente. En consecuencia, en la línea de gestión del riego se formularon acciones que contribuyan a mejorar los indicadores de inversión en agricultura bajo riego en la cuenca y a su vez en alcanzar la meta de la Agenda de Riego 2025. En general, se proponen acciones enfocadas en mejorar sistemas de riegos existentes a través de rehabilitación o construcción de una nueva infraestructura, construcción de sistemas de riegos para incrementar áreas regables y por tanto su productividad; y finalmente, el fortalecimiento de la producción y operación de los sistemas de riego.

En concordancia con las guías del sector riego la implementación de sistemas de riego sigue pasos de Preinversión e inversión, y se ha incluido otra de post-inversión (**Tabla 50**), por tanto, las acciones se implementarían de la siguiente manera:

Líneas de Acción	Etapa en Inversión	Municipio	Costo (Bs)
Línea de acción 3.1. Elaboración 11 ITCP Resilientes	Preinversión	Potosí y Yocalla	165.000
Línea de acción 3.2. Ajuste y Elaboración de 7 EDTP			1.046.252
Línea de acción 3.3. Implementación de Propuestas Técnicas de Riego	Inversión		38.382.162
Línea de acción 3.4. Fortalecimiento de la producción y operación de los sistemas de riego	Post-inversión		510.783
Línea de acción 3.5. Reúso en riego de las aguas residuales tratadas de la PTAR La Puerta			22.302.391
Presupuesto total Línea Estratégica (Bs)			62.406.592

TABLA 50 RESUMEN DE LAS LÍNEAS DE ACCIÓN EN LA LÍNEA ESTRATÉGICA 3 EN GESTIÓN DEL AGUA PARA LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA BAJO RIEGO

Durante la Preinversión

- Elaboración de 11 Informes Técnicos de Condiciones Previas (ITCPs) para mejoramiento de los proyectos existentes y nuevos.
- Ajuste de 7 Estudios de Diseño Técnico de Preinversión (EDTPs) para construcción o ampliación de proyectos de riego
- Gestión de Financiamiento y Licitación EDTP
- Concertación y Aprobación EDTP
- Gestión de Financiamiento Inversión
- Firma de Convenios Inter gubernativos y Tramites Respectivos

Durante la Inversión

- Concertación de Términos de Referencias, Licitación y Orden de Proceder
- Implementación de Propuestas Técnicas de Sistemas de Riego

- Conclusión y Cierre del Proyecto
- Monitoreo del Proyecto

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

ETAPA DE PREINVERSIÓN PARA REVITALIZACIÓN Y TECNIFICACIÓN DE RIEGO

Para la ejecución de estas acciones en etapa de preinversión se deben tenerse en cuenta los siguientes pasos del 1 al 7:

- **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 de los diferentes GAMs 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:

- o Datos de contactos del proyecto.
- o Datos principales de la idea del proyecto.
- o Concordancia con la normativa nacional.
- o Idea del proyecto.
- o Actas de compromiso social documentado que viabilice su ejecución.
- o Estado de situación legal del derecho propietario de los predios en los que se implementará el proyecto.
- o Identificación de posibles impactos ambientales.
- o Identificación de posibles riesgos de desastres.
- o Otros aspectos que se consideren necesarios de acuerdo con las características y complejidad del proyecto.
- o Conclusiones y recomendaciones.
- o Presupuesto referencial.

• **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 Potosí.

• **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 (11 proyectos para este estudio) y los ajustes y actualizaciones de EDTPs previos (7 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 autoridad nacionales del sector (VRHR), departamentos GADP (Gobierno Autónomo Departamental de Potosí) y el GAM Potosí (Gobierno Autónomo Municipal de Potosí).

• **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 extrajera, según las normas que rigen a Bolivia. Adicionalmente, debe existir una contraparte tanto del GAD Potosí como del GAM Potosí.

• **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 Potosí, de acuerdo con lo establecido en el financiamiento correspondiente.

LÍNEA DE ACCIÓN 3.1. ELABORACIÓN DE 11 INFORMES TÉCNICO DE CONDICIONES PREVIAS (ITCP) PARA REVITALIZACIÓN DEL RIEGO

Se identificaron 11 potenciales proyectos que se podrían elevar a nivel de Informes Técnicos de Condiciones Previas (ITCPs) para desarrollar nuevos proyectos agrícolas bajo riego o mejorar aquellos proyectos de riego que ya cumplieron su vida útil. Estos 11 potenciales ITCPs se identificaron en coordinación con los gobiernos municipales y los actores locales, especialmente con la participación de los técnicos de los GAMs de Potosí. Los potenciales proyectos se encuentran principalmente ubicados en la parte media de la cuenca Pampa Huari, en las microcuencas Santa Lucia y Villacollo donde se encuentran las zonas agrícolas predominantes (Figura 77). En estas microcuencas se observan sistemas de riegos que presentan mal funcionamiento o infraestructura hidráulica deteriorada o en estado rustico ya sea en la captación, conducción o distribución, y, por tanto, presentan bajas eficiencias.

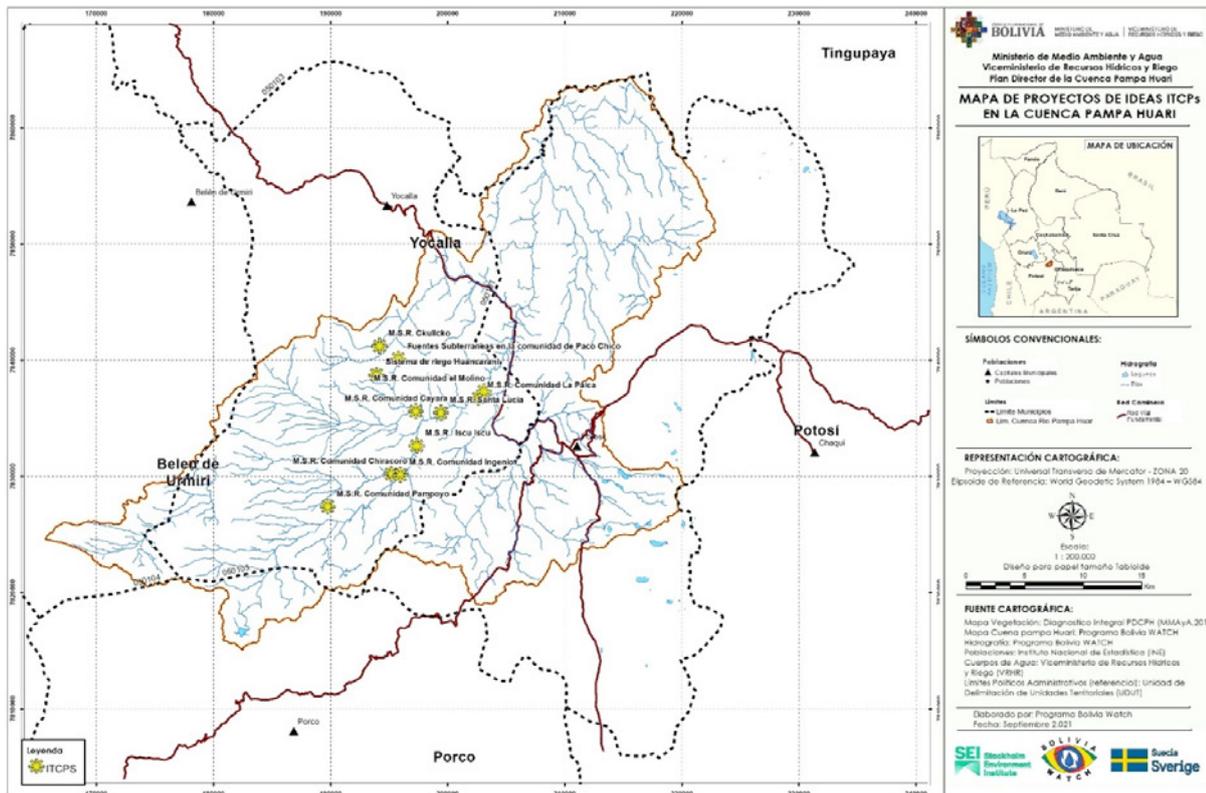


FIGURA 77. UBICACIÓN DE LOS 11 POTENCIALES PROYECTOS EN RIEGO AGRÍCOLA PARA ELEVAR A NIVEL DE INFORMES TÉCNICOS DE CONDICIONES PREVIAS (ITCPS)

A continuación, se comparten mayores detalles de los potenciales proyectos ITCPS y algunas de sus características como beneficiarios, área bajo riego, principales cultivos y si el proyecto buscase rehabilitación o tecnificación de riego (Tabla 51). La mayoría de los proyectos tienen como fin mejorar la conducción en los proyectos de riego en las comunidades de Pampoyo, Chiracoro, Ingenio,

Inscu Mayu, Cayara, Santa Lucia, La Palca y el Molino, exceptuando en Kullcko que se requiere extensión de la red principal, en Huancarani que se busca mejorar el sistema de captación de las vertientes, y Paco Chico que se tiene interés en mejorar la extracción de las aguas subterráneas para riego.

Nº	ITCP	*R/T	Familias Beneficiadas	Área bajo riego estimado	Principales Cultivos
1	Mejoramiento de sistema de Riego Comunidad Pampoyo	R	136	500	Papa, haba, trigo, cebada
2	Mejoramiento de sistema de Riego Comunidad Chiracoro	R	230	420	Papa, haba, cebada, trigo
3	Mejoramiento de sistema de Riego comunidad ingenio	R	55	340	Haba, papa, maíz, cebada, cebolla, ajo
4	Mejoramiento de Sistema de Riego Iscu Iscu	R	50	350	Haba, papa, maíz, cebada, cebolla, ajo
5	Mejoramiento de sistema de riego comunidad cayara	R	250	300	Papa, haba, cebada, trigo
6	Mejoramiento de sistema de riego comunidad santa lucia	R	400	450	Haba, papa, maíz, cebada, cebolla, ajo
7	Mejoramiento de Sistema de riego comunidad La Palca	R	430	465	Haba, papa, maíz, cebada, cebolla, ajo
8	Mejoramiento de sistema de riego comunidad el molino	R	380	340	Haba, papa, maíz, cebada, cebolla, ajo
9	Mejoramiento sistema de riego CKullcko	R	35	23	Maíz, papa, haba, hortalizas
10	Mejoramiento de sistema de riego Huancarani	T	32	20	Maíz, papa, haba, hortalizas
11	Desarrollo de agua subterránea en la comunidad de Paco Chico	T	41	20	Papa, haba, hortalizas

*R DENOTA REVITALIZACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO; *T DENOTA TECNIFICACIÓN DEL RIEGO

TABLA 51. IDENTIFICACIÓN DE 11 POTENCIALES ITCPS EN LA CUENCA RIO PAMPA HUARI

A continuación, se relaciona el presupuesto estimado para elevar los anteriores 11 proyectos a un nivel de ICTP con el fin de revitalizar el riego

y mejorar la productividad agrícola en la cuenca (Tabla 52).

N°	ITCP	Ubicación Geográfica Zona 20			Presupuesto Estimado (Bs)
		S	O	Z	
1	Mejoramiento de sistema de Riego Comunidad Pampoyo	19°37'27,70"	65°57'27,11"	3,753	15.000
2	Mejoramiento de sistema de Riego Comunidad Chiracoro	19°35'58,88"	65°54'19,21"	3,628	15.000
3	Mejoramiento de sistema de Riego comunidad ingenio	19°36'2,30"	65°53'52,87"	3,611	15.000
4	Mejoramiento de Sistema de Riego Iscu Mayu	19°34'41,61"	65°53'4,09"	3,633	15.000
5	Mejoramiento de sistema de riego comunidad Cayara	19°33'5,08"	65°53'5,09"	3,580	15.000
6	Mejoramiento de sistema de riego comunidad Santa Lucia	19°33'10,30"	65°51'51,86"	3,495	15.000
7	Mejoramiento de Sistema de riego comunidad La Palca	19°32'30,81"	65°50'1,42"	3,444	15.000
8	Mejoramiento de sistema de riego comunidad El Molino	19°32'12,21"	65°49'44,49"	3,437	15.000
9	Mejoramiento sistema de riego CKullcko	19°30'29,06"	65°54'48,43"	3,951	15.000
10	Mejoramiento de sistema de riego Huancarani	19°31'48,86"	65°54'58,12"	3,822	15.000
11	Desarrollo de agua subterránea en la comunidad de Paco Chico	19°31'5,97"	65°53'54,35"	3,915	15.000
Presupuesto estimado para elaboración de ICTPs					165.000

TABLA 52. PRESUPUESTO ESTIMADO PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ICTPS

LÍNEA DE ACCIÓN 3.2. ELABORACIÓN Y AJUSTES DE ESTUDIOS DE DISEÑOS TÉCNICOS DE PREINVERSIÓN (EDTPS) PARA LA TECNIFICACION DEL RIEGO

Con el fin de que los diseños de los proyectos identificados a elevar a nivel de ICTPs 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 uno de dichos proyectos. A partir del análisis desarrollado, se identificaron un total de 18 proyectos para esto durante la etapa de preinversión, de los cuales 7 son proyectos previos EDTP y 11 ICTPs que se elevarían a EDTPs, que corresponden a los proyectos de riego que deben ser mejorados a partir de ICTPs mencionados en la acción anterior.

En la Tabla 53 se detallan algunas de las características de los 7 proyectos EDTPs previos que deben ser ajustados. El desarrollo de esta acción partió de la recuperación de información de los proyectos de riego de la cuenca río Pampa Huari. Debido a la transición de nuevas autoridades municipales los nuevos técnicos de los GAMs tienen poco conocimiento sobre los proyectos existentes, por tanto, se tiene poca documentación sobre este tema.

La consolidación de la información fue realizada

en una base de datos y contiene información relacionada con el estado actual, necesidades técnicas y financieras de cada proyecto. También se realizó una evaluación para priorizar algunos de ellos, de acuerdo con criterios técnicos, económicos y sociales como se muestra en Tabla 53. La elaboración de las fichas técnicas fue realizada de manera coordinada con los técnicos de los Gobiernos Autónomos Municipales de Potosí y Yocalla.

Como se puede observar en la Tabla 53, las características de los 7 proyectos son bastantes variadas donde predominan proyectos de riego a escala menor y la tecnificación de riego a nivel de distribución o aplicación del agua en el predio. En la Figura 78 se muestra la distribución de los proyectos en la cuenca, los cuales se ubican principalmente en la parte media y baja donde predomina la agricultura en la cuenca.

En la parte media se tienen los siguientes proyectos construcción y ampliación de infraestructura para almacenamiento, conducción y aplicación del riego en Caimani, Paitaca, Torcuayo, Kullco y Quispe. También desarrollo de infraestructura para riego por microaspersión a nivel de parcelas en Huancarani. Por su parte, en la parte baja de la cuenca se tienen los siguientes proyectos: construcción de una represa o infraestructura de almacenamiento, el sistema de conducción y/o la ampliación del riego existente para mejorar la productividad en Manquiri, Ockoruro, y Turicaya Grande.

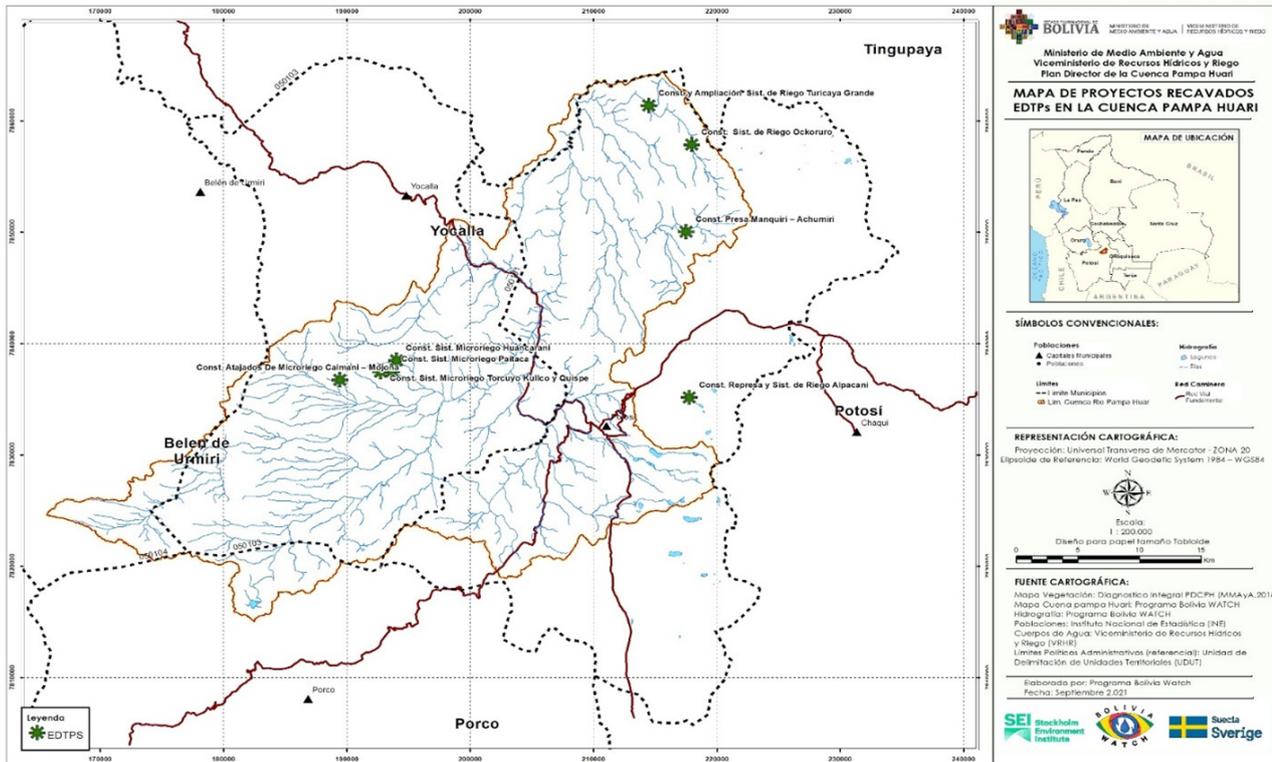


FIGURA 78. UBICACIÓN DE LOS 7 PROYECTOS EN RIEGO AGRÍCOLA PARA AJUSTAR Y ELEVAR A NIVEL DE ESTUDIOS DE DISEÑOS TÉCNICOS DE PREINVERSIÓN (EDTPS)

Proyectos	Localidad	Priorización	Tipo de Proyecto	Área Riego ha	Costo por familia Bs	Costo Beneficio VAN	Costo Beneficio TIR	Carta Intención Comunidad	Análisis Riesgo	Familias Beneficiarias	Costo (Bs)
Construcción de Presa Manquiri – Achumiri	Achumiri	4	R. Mediano	69,95	302.183	79.241	1342	Existe	Buena	40	203.039
Construcción de sistema de Riego Ockoruro	Ockoruro	5	R. Menor	31,82	38.335	17.190	12,98	Existe	Buena	62	124.599
Construcción y ampliación de sistema de Riego Turicaya Grande	Turicaya Grande	5	R. Menor	26,05	26.189	16.189	12,8	Existe	Buena	77	124.335
Construcción de atajados de Microriego Caimani – Mojona	Caimani	4	R. Menor	50,47	114.597	211.688	1342	Existe	Buena	82	214.484
Construcción de sistema de Microriego Huancarani	Huancarani	5	R. Menor	34	54.423	306.873	21,93	Existe	Buena	60	101.872
Construcción de estanque para Microriego Paitaca	Paitaca	5	R. Menor	22,94	37.900	110.574	13	Existe	Buena	61	120.735
Construcción de sistema de Microriego Torcuayo	Torcuayo	4	R. Mediano	166,99	5.742	942.016	13,35	Existe	Buena	90	157.189
Presupuesto estimado para elaboración de EDTPs(Bs)											
1.046.253											

TABLA 53. PRESUPUESTO ESTIMADO PARA LA EDTP

ETAPA DE INVERSIÓN PARA IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTAS TÉCNICAS DE SISTEMAS RIEGO

Para la ejecución de estas acciones en etapa de inversión se deben tenerse en cuenta los siguientes pasos del 8 al 11:

- **Paso 8.** Concertación de TDRs, licitación y orden de proceder. En esta etapa se involucra la unidad encargada de la ejecución de los proyectos de acuerdo con la documentación presentada en el EDTP. Dado que las instituciones encargadas cuentan con el personal correspondiente para la elaboración de este proceso, esta fase no se le asignó 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.

- **Paso 9.** Implementación de propuestas técnicas de sistemas riego: La propuesta técnica es el reflejo de las actividades que se deben realizar en el campo, con todas las especificaciones técnicas plasmadas en el proyecto. Dicha implementación tendrá la supervisión y fiscalización según las normativas

establecidas en el sector.

- **Paso 10.** Conclusión y cierre de proyectos: Los trabajos en la implantación de los sistemas de riego deben cumplir con lo planteado en el proyecto inicial, que vayan a satisfacer las necesidades de los actores involucrados en este propósito de mejorar los sistemas de riego para el buen uso en la producción de la parte agronómica o pecuaria.

- **Paso 11.** Monitoreo del proyecto: El monitoreo de los proyectos se lo debe realizar a medida que se va ejecutando los trabajos programados en campo de acuerdo con una programación de avance de obra.

LÍNEA DE ACCIÓN 3.3. IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTAS TÉCNICAS DE SISTEMAS RIEGO

La **Tabla 54** contiene aquellos proyectos priorizados para riego y que deben ser ajustados de acuerdo con la normativa vigente del Reglamento Básico de Preinversión R.M. 115 y la Guía para la Elaboración de Estudios de Diseño Técnico de Preinversión para Proyectos de Riego (previamente mencionadas en los pasos 1 al 11). Desagregando los costos se encontró que, en general, la inversión para cada proyecto se distribuye en un 89% para cubrir costos de la infraestructura, 5% para la supervisión y los 6% restantes se ubican en la asistencia técnica. Es importante resaltar que la inversión está sujeta a los ajustes que se realicen en la etapa de actualización de los EDTPs.

N°	Código	Proyecto	Estructura financiera			Total (Bs)
			Infraestructura (Bs)	Supervisión (Bs)	Asis. Tec. (Bs)	
1	PD-RI-PH-POT-ACH	Construcción de Presa Manquiri – Achumiri	10.815.940	529.530	741.342	12.086.813
2	PD-RI-PH-POT-OCK	Construcción de sistema de Riego Ockoruro	2.375.785	118.313	262.604	2.756.702
3	PD-RI-PH-POT-TUR	Construcción y ampliación de sistema de Riego Turicaya Grande	2.016.591	100.830	100.830	2.218.250
4	PD-RI-PH-POT-CAI	Construcción de atajados de Microriego Caimani – Mojona	9.396.943	469.847	469.847	10.336.637
5	PD-RI-PH-POT-PAI	Construcción de estanque para Microriego Paitaca	2.311.905	115.595	115.595	2.543.095
6	PD-RI-PH-POT-HUA	Construcción de sistema de Microriego Huancarani	2.864.494	136.355	137.610	3.138.459
7	PD-RI-PH-POT-TOR	Construcción de sistema de Microriego Torcuayo	3.440.785	199.376	412.045	4.052.206
Costo total de inversión						37.132.163

TABLA 54. 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. Por otro lado, se estimó el costo asociado a las fases de la conclusión y cierre de los proyectos y monitoreo con el fin de garantizar que se cumplan las inversiones planeadas en el propósito de revitalizar y tecnificar los sistemas de riego para mejorar la producción agrícola.

LÍNEA DE ACCIÓN 3.4. FORTALECIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

Una vez socializadas las acciones, algunos comunarios y técnicos de instituciones han

resaltado la necesidad de considerar acciones que apoyen la producción a través de herramientas, semillas y abonos, así como capacitación y fortalecimiento de organizaciones de regantes una vez se desarrollen las inversiones en los sistemas de riego. También para fomentar la agricultura resiliente con buenas prácticas para la adaptación al cambio climático. Por tal razón, se consideró un presupuesto para cubrir un conjunto de acciones que buscan dar una resiliencia a las asociaciones de regantes y sostenibilidad a sus proyectos en términos de mejorar sus prácticas de operación y mantenimiento de sistemas de riego y producción de cultivos.

Los costos asociados a las tres etapas de preinversión, inversión y post-inversión para financiar los proyectos de riego se indican en la Tabla 55. También se ilustran algunos de los pasos indicados anteriormente que son importantes a considerar, pero que no tienen costos asociados.

Etapa	Actividad	Financiamiento proyecto de riego (Bs)		
		MMA YA	GADP	GAMS
PREINVERSIÓN	Elaboración 11 ITCP Resilientes			165.000
	Aprobación del ITCP			
	Gestión de Financiamiento y Licitación EDTP			
	Ajuste y Elaboración de 7 EDTP	837.002	104.625	104.625
	Concertación y Aprobación EDTP			
	Gestión de Financiamiento Inversión			
	Firma de Convenios Intergubernativos y Tramites Respectivos			
INVERSIÓN	Concertación de TDRs. Licitación y Orden de Proceder			
	Implementación de Propuestas Técnicas de Riego	29.705.730	3.713.216	3.713.216
	Conclusión y Cierre del Proyecto		150.000	
	Monitoreo del Proyecto	300.000	100.000	700.000
POST-INVERSIÓN	Fortalecimiento de la producción y operación de los sistemas de riego	408.627	51.078	51.078
Subtotal (Bs)		31.251.360	4.118.920	4.733.920
Inversión total en proyectos de riego (Bs)		40.104.200		

TABLA 55. PRESUPUESTOS REQUERIDO PARA INVERSIÓN EN PROYECTOS DE RIEGO EN LA CUENCA PAMPA HUARI

LÍNEA DE ACCIÓN 3.5. REÚSO EN RIEGO DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS DE LA PTAR LA PUERTA

En la cuenca Pampa Huari el recurso hídrico superficial es limitado para cubrir las diferentes actividades que tiene lugar en la cuenca. En parte se debe a la baja precipitación que se da en la zona (aproximadamente 485 milímetros al año), pero también al hecho de que la calidad del agua es

pobre en muchos tramos de los ríos principales. En este sentido, la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR La Puerta) de la ciudad de Potosí y la evaluación de alternativas de reúso en agricultura pueden contribuir a mejorar la seguridad hídrica en la cuenca. Aún más cuando diferentes escenarios de cambio climático en la zona sugieren que la disponibilidad de agua en ríos y lagunas podría disminuir en un futuro a mediano plazo.

Bajo las circunstancias mencionadas, se desarrolló una alternativa para evaluar un escenario donde se use el efluente de una potencial planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Potosí (PTAR La Puerta) en riego de los cultivos que se encuentran en la unidad hidrológica Huancarani. La **Figura 77** muestra en color rojo

oscuro los nodos que representan las PTARs. Se logran diferenciar tres de ellas donde se resalta la potencial ubicación de la PTAR la Puerta. En este sentido, se desarrolló un vínculo de conducción de color verde que llevaría el efluente desde La PTAR La Puerta hasta el nodo de Huancarani que está en la parte media de la cuenca.

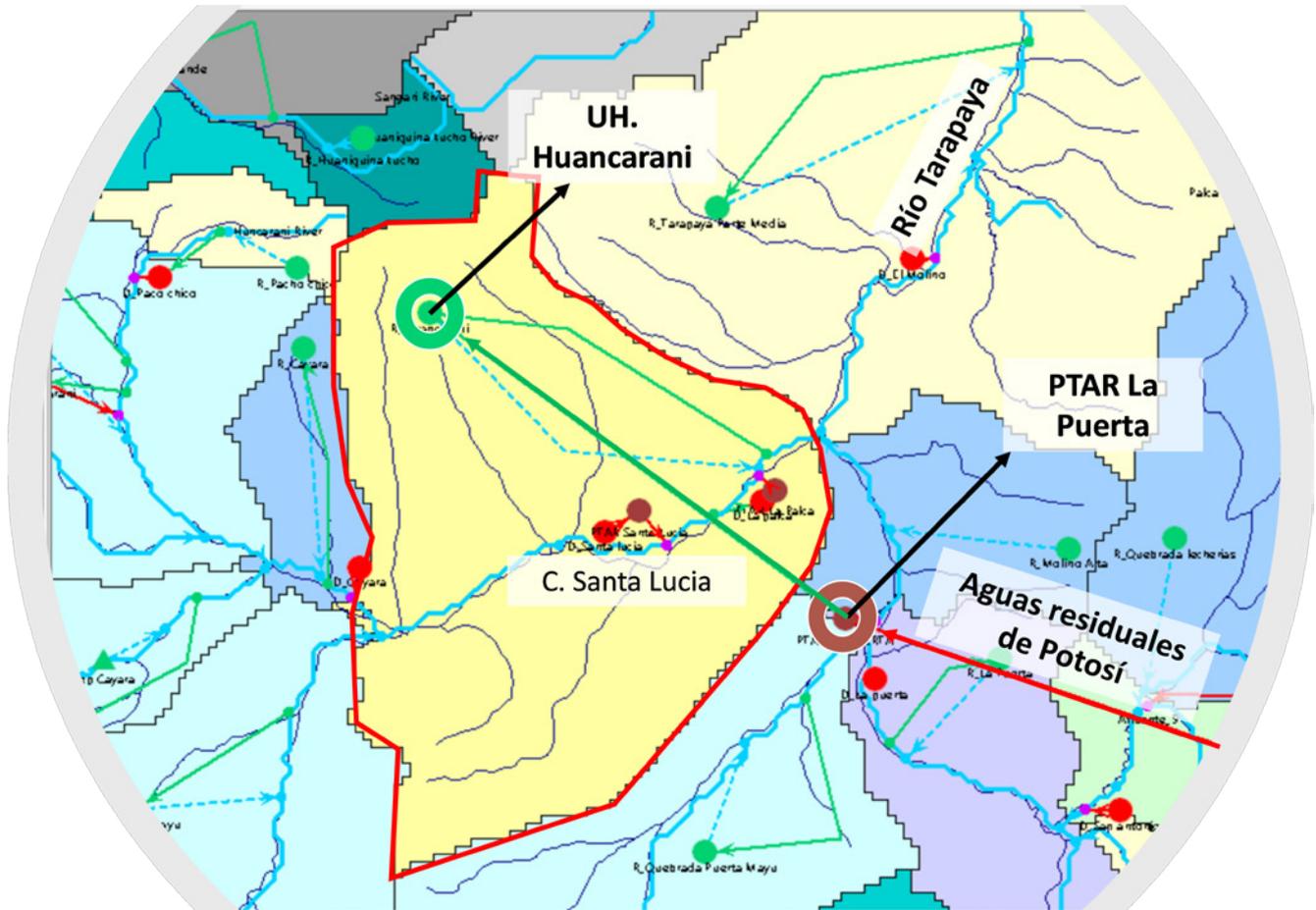


FIGURA 79. ESQUEMÁTICA DE UN ESCENARIO DE REÚSO EN RIEGO EN LA CUENCA PAMPA HUARI A TRAVÉS DE WEAP

El efluente final proveniente de la PTAR La Puerta, considerando el tren de tratamiento propuesto en la **Tabla 56** cumplirá con los parámetros máximos de descarga de aguas residuales domésticas,

conforme a lo establecido en el Reglamento de Contaminación Hídrica de la ley N°1333 (por consiguiente, es apto para el reúso en riego).

Tren de tratamiento PTAR La Puerta	Componentes
Pretratamiento	<ul style="list-style-type: none"> 2 Rejas mecanizadas más uno (1) a futuro y un 1 by pass 1 sistema de descarga del cribado a través de una cita transportadora 1 desarenador/desengrasador aireado de flujo horizontal más uno (1) a futuro 1 sistema de aireación con burbuja gruesa para el desarenador/desengrasador más uno (1) a futuro 1 puente móvil con accesorios como bomba, rascador para limpieza de residuos más uno (1) a futuro 2 clasificadores de arena 1 Tanque de distribución al tratamiento primario
Tratamiento primario	<ul style="list-style-type: none"> 4 tanques Imhoff de sedimentación primaria y digestión de lodos primarios y secundarios más uno (1) a futuro Sistema de extracción de lodos
Tratamiento secundario	<ul style="list-style-type: none"> 4 filtros percoladores más uno (1) a futuro 4 filtros percoladores con tanques de sedimentación secundaria más uno (1) a futuro 4 estaciones de bombeo de lodos en exceso secundarios a los tanques Imhoff más uno (1) a futuro 4 estaciones de bombeo de recirculación a la cabecera de alimentación a los filtros percoladores más uno (1) a futuro Canal de descarga a filtros de disco
Desinfección	<ul style="list-style-type: none"> 3 filtros de disco 2 canales de desinfección UV 1 Canal de descarga de efluente

Tren de tratamiento PTAR La Puerta		Componentes
Tratamiento de lodos	1 tanque de amortiguación 1 estación de bombeo de lodo 4 deshidratadoras de lodos Red de recirculación de agua drenada	
Otras obras	Edificio de operaciones	

FUENTE: PLAN MAESTRO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO, 2021

TABLA 56. TREN DE TRATAMIENTO PROPUESTO PARA LA PTAR LA PUERTA

La PTAR de la Puerta en su primera fase según el Plan Maestro de la Ciudad de Potosí tendrá un caudal de tratamiento de 340 lps al 2026 y 470 lps al 2046. El caudal ofertado por la PTAR puede ser usado en su totalidad en riego. Por tal razón, se seleccionó la unidad hidrográfica de Huancarani por dos razones principales: su ubicación en las inmediaciones de la PTAR La Puerta (entre 5-10 km) y por ser una de las áreas con mayor

vocación agrícola, y, por tanto, con importante presión sobre los recursos hídricos. El área delimitada en rojo considera 285 ha bajo riego y 173 ha con agricultura bajo secano que en un futuro cercano pueden pasar a riego, de acuerdo con la capa de cobertura y uso de suelos. Según información secundaria y validación con visitas de campo la composición de cultivos podría ser la consolidada en la **Tabla 57**.

Comunidad	Municipio	Granos y Tubérculos	Hortalizas	Frutales	Forrajes	Otros
La Palca	Yocalla	51%	23%	10%	6%	10%
La Puerta	Yocalla	73%	27%	0%	0%	0%
Santa Lucia	Yocalla	56%	38%	0%	1%	4%

TABLA 57. COMPOSICIÓN DE CULTIVOS PREDOMINANTES EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE HUANCARANI

La integración de herramientas WEAP-REVAMP puede permitir resultados como los indicados en la **Figura 80**, **Figura 81** y **Figura 82** bajo un escenario de reúso en la Cuenca Pampa Huari. En la **Figura 80** se puede contrastar el volumen anual promedio del efluente de acuerdo con la situación actual o escenario de referencia y un potencial escenario de reúso. En la **Figura 81** también se puede contrastar la concentración y carga de macronutrientes que potencialmente podrían ser

recuperados; y finalmente la **Figura 82** muestra el potencial impacto que esta alternativa podría tener sobre el déficit de riego en Huancarani, donde podría pasar de 104 lps a 54 lps, una reducción importante. De acuerdo con lo anterior, la integración de herramientas WEAP-REVAMP muestra la importancia de gestionar en un corto plazo la construcción de la PTAR y al mismo tiempo, considerar dentro de la misma cuenca una fuente de agua potencial para agricultura.

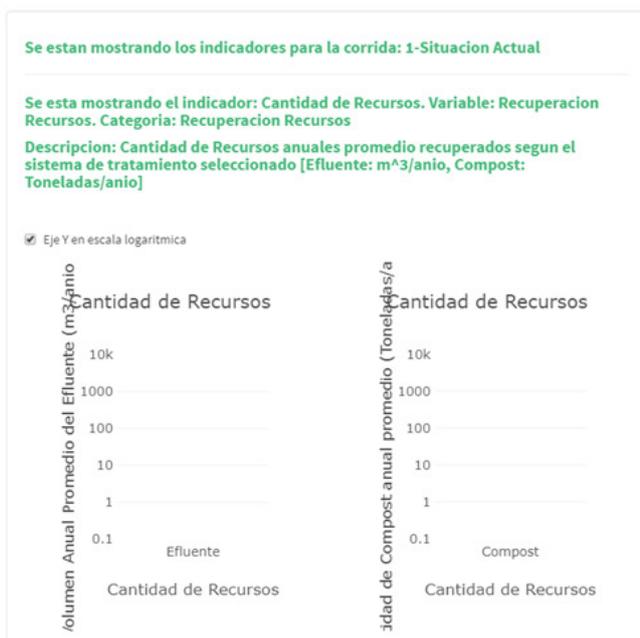


FIGURA 80. VISUALIZACIÓN DE LA CANTIDAD DE RECURSOS RECUPERADOS BAJO LA SITUACIÓN ACTUAL (IZQUIERDA) Y UN ESCENARIO DE REÚSO (DERECHA) EN WEAP-REVAMP

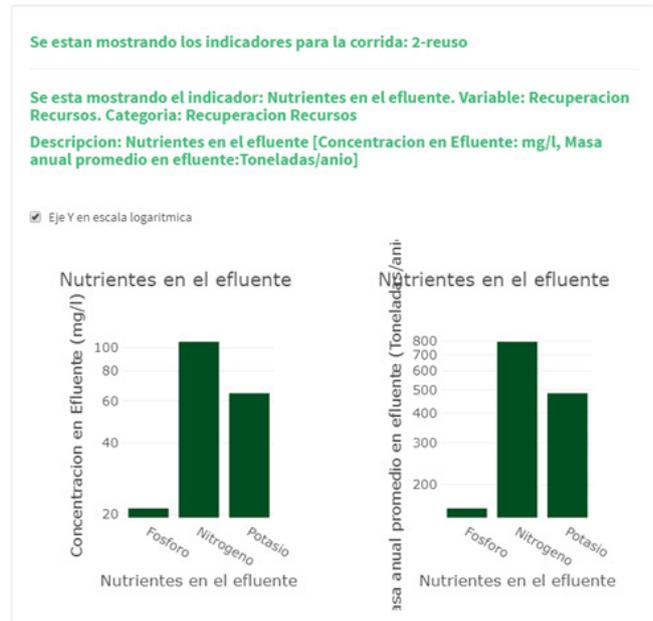
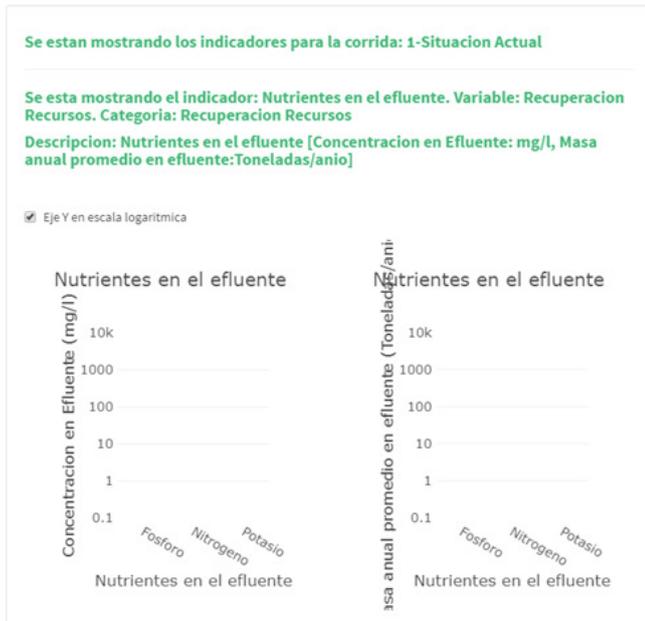


FIGURA 81. VISUALIZACIÓN DE NUTRIENTES EN EL EFLUENTE RECUPERADO BAJO LA SITUACIÓN ACTUAL (IZQUIERDA) Y UN ESCENARIO DE REÚSO (DERECHA) EN WEAP-REVAMP

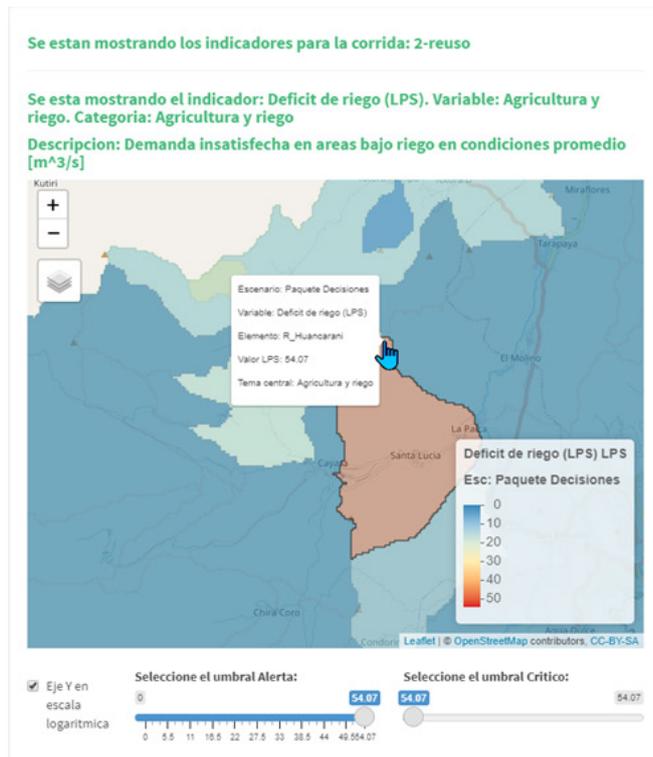
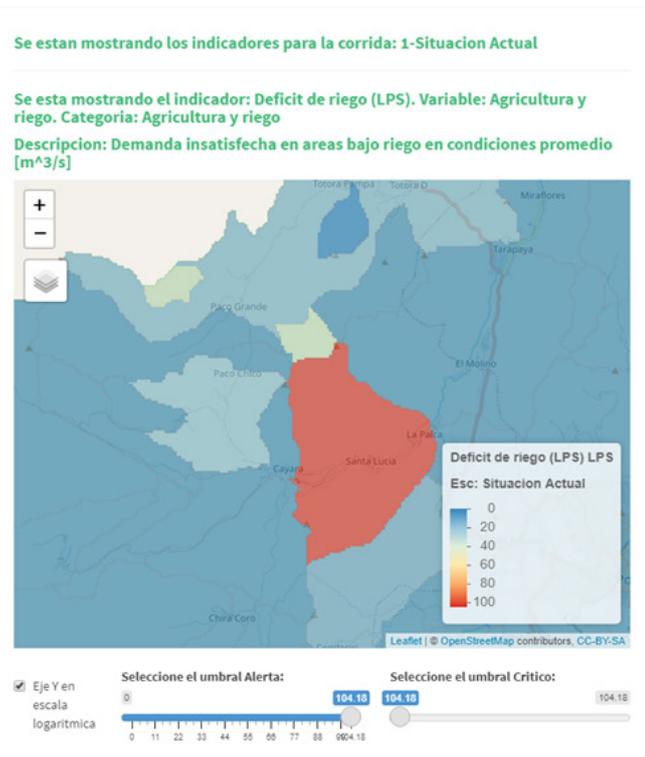


FIGURA 82. EVALUACIÓN DE DÉFICIT DE RIEGO DE ACUERDO CON EL ESCENARIO DE REFERENCIA (IZQUIERDA) Y UN ESCENARIO DE REÚSO EN RIEGO (DERECHA) EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA HUANCARANI

El riego tecnificado implica desarrollar un conjunto de innovaciones tecnológicas y medidas para la gestión del agua, que puede resultar en un ahorro del recurso de entre un 20% hasta un 45%. Esto, sumado al hecho de que con riego es posible duplicar el rendimiento de los cultivos, esta representa una alternativa pertinente en el actual contexto de Cambio Climático. Bajo estas consideraciones el tipo de sistema de riego propuesto es el de aspersión (tecnificado).

La infraestructura planteada en esta acción está compuesta por sistemas de riego tecnificado (aspersión), el cual se propone sea implementado en dos fases dado que el caudal de tratamiento de la PTAR se ira incrementado en función del crecimiento de la población abastecida:

- Primera Fase: Construcción de infraestructura requerida para riego tecnificado para un caudal de 258 hectáreas con un costo de inversión de Bs. 13.350.387,59. Beneficiará a las

comunidades de Palca, La Puerta, Santa Lucia.

- Segunda Fase: Construcción de infraestructura requerida para riego tecnificado para un caudal de 173 hectáreas con un costo de inversión de Bs. 8.952.004,08. Beneficiará a las comunidades de Palca, La Puerta, Santa Lucia.

Las dos fases en su infraestructura están compuestas por los siguientes módulos:

Modulo 1: Obra de toma efluente final PTAR La Puerta, consistente en la infraestructura requerida para captar el efluente final de la PTAR La Puerta a través de canales de recolección y compuerta, el costo de inversión para la primera fase es de Bs. 1.106.047,24 para la segunda fase Bs. 741.651,83.

Modulo 2: Aducción y redes de distribución, consiste en la construcción de aducción principal tubería PVC de 350 mm y secundarias de PVC de

75 mm – 50 mm, para llegar hasta las parcelas objetivo dentro las comunidades. En la primera Fase el costo de inversión de Bs. 12.180.527,64 y para la segunda fase es de Bs. 8.167.563,11.

Modulo 3: Tanques de Almacenamiento, a fin de poder regular el volumen de riego a almacenar se plantea la construcción de tanques de almacenamiento cuyo tamaño será definido durante la a elaboración del proyecto de preinversión, a efectos del Plan se toma en cuenta tanque de 50.000 litros de volumen. En la primera fase el costo de inversión es de Bs. 63.812,72 y en la segunda fase es de Bs. 42.789,15.

Un esquema de los módulos descritos se muestra en la **Figura 84** y un resumen de los costos de inversión estimados para la infraestructura requerida en esta acción se muestra en la **Tabla 58**.

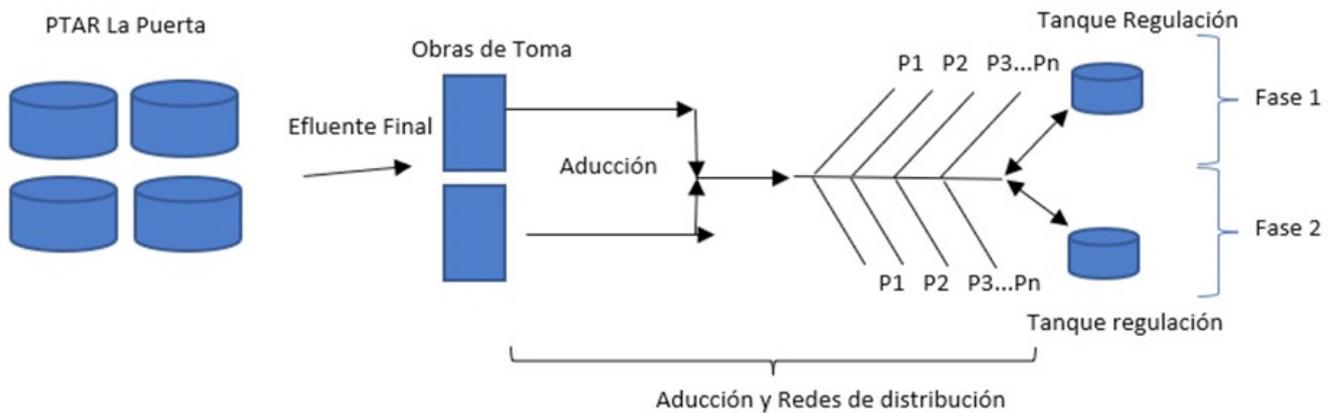


FIGURA 83. ESQUEMA DE SISTEMA DE REÚSO DE AGUAS TRATADAS DE LA PTAR LA PUERTA EN RIEGO DE CULTIVOS

Comunidades beneficiadas	Palca, La Puerta, Santa Lucia	
	Hectáreas regadas (ha)	Inversión (Bs)
Fase 1	258	13.350.387,59
Fase 2	173	8.952.004,08
Total		22.302.391,67

TABLA 58. RESUMEN INVERSIÓN EN ACCIÓN DE REÚSO EN RIEGO AGRÍCOLA

De acuerdo con el tipo de tratamiento propuesto dentro la PTAR de la Puerta (Plan Maestro de la Ciudad de Potosí), la calidad de agua del efluente final esperada, de acuerdo con experiencias similares en Bolivia, tendría los siguientes parámetros (**Tabla 59**).

debe diseñarse en función los parámetros de riego mostrados en la **Tabla 59**.

Caberecalcarque el Estudio Técnico de Preinversión

Parámetro	Unidades	PTAR Tolata (Similar La Puerta)	Parámetros para uso en Riego (esperado para PTAR La Puerta)
DQO	mg/l	95 ± 158	<100
SST	mg/l	18 ± 10	<50
pH	-	7,4 ± 0,2	6,5 – 8,4
CE	mS/cm	2,35 ± 0,75	0,7 – 3,0
N-NH3	mg/l	41,7 ± 26,5	<30 como NT
P	mg/l	8,3 ± 2,2	-

TABLA 59. PARÁMETROS DE CALIDAD ESPERADOS (EN BASE A PTAR SIMILAR) PARA LA PTAR LA PUERTA

Además del componente tecnológico relacionado con la instalación del sistema de riego tecnificado, el componente de agronegocio y más aún el componente social, en este tipo de proyectos implican per se una serie de desafíos que muchas veces no son tomados en cuenta por los proyectistas y que pueden significar su éxito o fracaso. Las evidencias sugieren la necesidad de prestar atención a estos componentes, pero además la necesidad de integrar estos componentes en el marco de una planificación del aprovechamiento del agua para la producción, que esté vinculada con el mercado. De esta manera, nos acercamos a lograr que las inversiones que realiza el estado sean redituables para la sociedad.

Línea estratégica 4. Gestión de las actividades mineras para minimizar sus impactos en los recursos hídricos

En la cuenca Pampa Huari la minería es una de las actividades económicas más importante. En la

Figura 84 se muestran las unidades hidrográficas donde la minería tiene mayor presencia y presión por el recurso hídrico. A partir de la evaluación de la vulnerabilidad de la cuenca a los impactos causados por las operaciones, se priorizaron los problemas más relevantes que afectan a la biota, aspectos socioculturales, al aire y la estabilidad química del agua en la cuenca con el fin de concentrarse en definir las acciones de intervención para cada una de ellas. De manera general, los problemas encontrados son muy similares a los que se reportan en otros sectores mineros del país ubicados en el mismo departamento de Potosí o en Oruro, e incluso guardan mucha relación a problemas existentes en algunas otras regiones mineras de países mineros del entorno latinoamericano, como Perú, Chile, Colombia, o México. Por lo que este marco podría ser ajustado en los contextos mencionados. En este sentido, esta línea estratégica tiene por objetivo disminuir el impacto de las actividades mineras en los recursos hídricos.

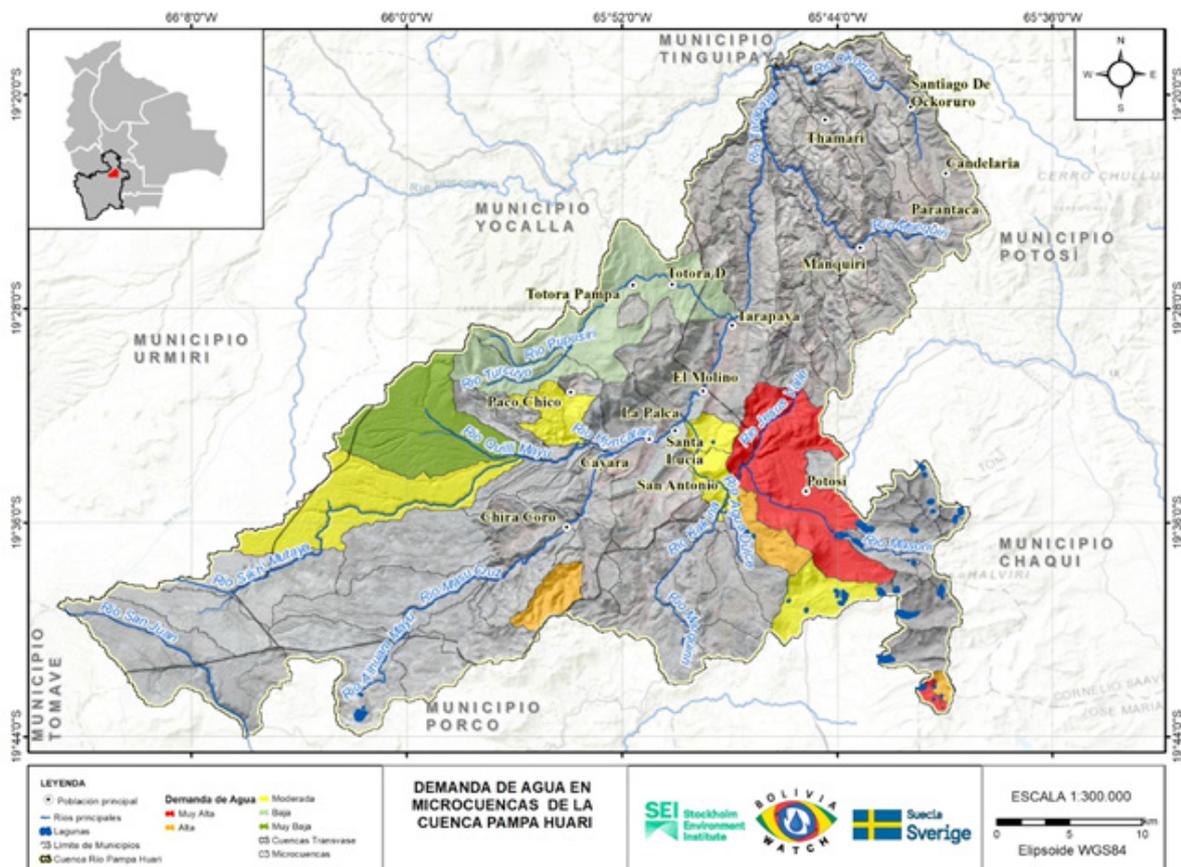


FIGURA 84. UNIDADES HIDROGRÁFICAS MINERAS CON MAYOR PRESIÓN SOBRE EL AGUA

El marco esquemático propuesto para mejorar la gestión ambiental de las actividades mineras en la cuenca contiene tres bloques principales donde se diferencian los entornos, los problemas prioritarios y la gestión ambiental (**Figura 85**). Las diferentes actividades/procesos se presentan en diferentes colores para facilitar su diferenciación donde dentro de los **Entornos**, se incluyen 5 tipos: 1) los eventos naturales relacionados con la movilización de materiales, como el viento y el agua, que son importantes para la recolección y difusión de los elementos contaminantes procedentes de las actividades mineras; 2) los ciclos biogeoquímicos, que de manera natural y/o inducida por las actividades humanas (como la minería), permiten el movimiento o circulación de los principales elementos biológicos y geológicos como el agua, azufre, calcio, carbono, fósforo, calcio, azufre y otros; 3) las fuentes mineras de contaminación (minas, desmontes y colas); 4) los medios de movilización de los contaminantes (viento, aguas superficiales y aguas subterráneas); y 5) los posibles receptores de los efectos contaminantes (comunidades, ríos, lagos, agua subterránea, suelos, agricultura, ganadería, biodiversidad).

Los **Problemas Prioritarios** son detallados en la parte central y se les brinda una dimensión horizontal que representa en que entorno se desenvuelven. Así, por ejemplo, los drenajes de aguas contaminadas, relacionadas a los Drenajes Ácidos (DAR/DAM), se circunscriben principalmente en las áreas de las fuentes de contaminación, que es donde se generan; las alteraciones en la calidad de agua, en cambio, si bien se inician en las fuentes contaminantes, se extienden hacia todos los posibles receptores, aguas debajo de la cuenca.

Por otro lado, en el caso de la **Gestión Ambiental**, se detallan los tipos de medidas o acciones y su aplicación en los diferentes entornos. Las acciones de **Prevención** se concentran principalmente en las fuentes de contaminación, y las acciones de intervención propuestas y relacionadas al componente de prevención, tienen que ver con: *Difusión del PDC Pampa Huari; Implementación de programas de educación y capacitación para las poblaciones y Estudio geológico geotécnico de sitios de almacenamiento de aguas superficiales.*

Respecto a las acciones de **Control** de contaminantes, además de las fuentes de contaminación, se extiende en dirección de los medios de movilización de los contaminantes y de los receptores. Las acciones de intervención

propuestas dentro del componente control, están relacionadas con: *Creación o fortalecimiento de unidades técnicas institucionales; Evaluación de recursos hídricos superficiales; Creación de una plataforma institucional y la Evaluación de PAM.*

Finalmente, las acciones de **Mitigación** como la recolección y tratamiento, si bien se concentra principalmente en los medios de transporte de los contaminantes, también está relacionado con las fuentes de contaminación y los posibles receptores, y la acción de intervención propuesta, en lo que respecta a la mitigación ambiental en la cuenca Pampa Huari, está relacionada con la *Caracterización y evaluación en detalle de los PAM identificados en el PDC de la cuenca.*

De la misma manera, se incluyó dos acciones que son comunes a lo largo de toda la gestión ambiental. Por un lado, el **Monitoreo**, que es una acción que se aplica a todos los otros procesos y es un elemento necesario como parte integral de cada una de las acciones; y, por otro lado, la **Remediación**, que se aplica en todos los entornos y cubren a cada uno de los distintos problemas prioritarios. Este componente se relaciona a las siguientes acciones de intervención propuestas: *Gestión de conflictos y relaciones comunitarias, Adecuación ambiental de mineros formales e informales en proceso de regulación; Estudios a diseño final de obras para PAM y Conservación de suelos a través de forestación y reforestación de áreas en proceso de erosión y degradación de suelos por impacto minero ambiental.*

De manera complementaria, se incluye en el borde inferior derecho, unas flechas que representan la magnitud relativa de costos de cada una de las acciones y confirma que, en términos de costo – beneficio, es mucho mejor **prevenir** que **remediar**.

Finalmente, se incluyen dos problemas que son transversales al resto de los problemas: debilidad de las entidades territoriales en el monitoreo y seguimiento a las actividades mineras y la falta y/o limitada información y conocimiento del desempeño del sector minero. En este sentido, se desarrollaron acciones alrededor de gestión del conocimiento, gestión de los residuos mineros y manejo y control de áreas degradadas en unidades hidrográficas mineras con el fin de minimizar impactos de la minería de acuerdo con este esquema conceptual propuesto (**Tabla 60**).

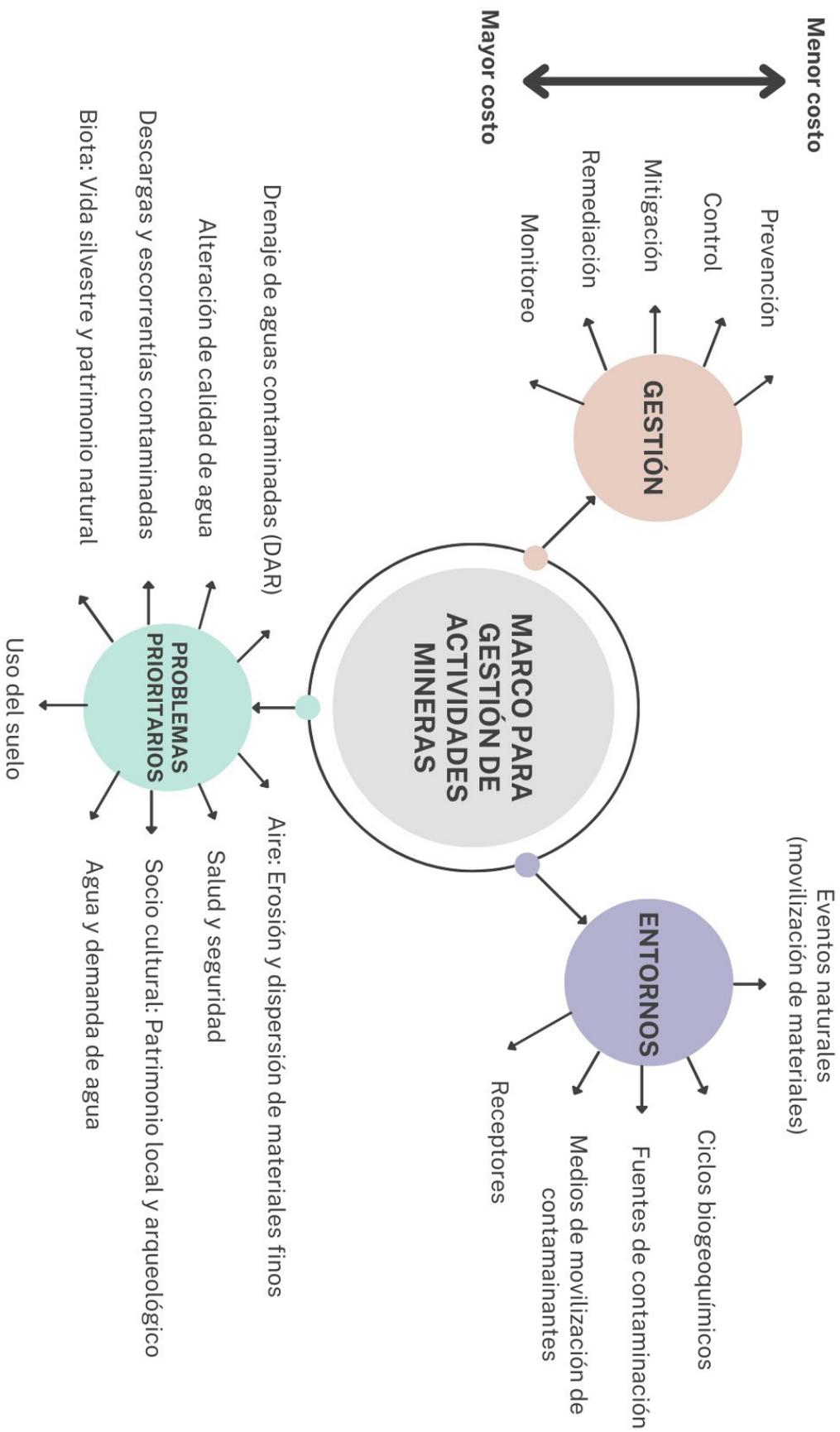


FIGURA 85. RESUMEN ESQUEMÁTICO DE LOS ENTORNOS, LOS PROBLEMAS PRIORITARIOS Y LA GESTIÓN AMBIENTAL EN LA MINERÍA

Línea de acción	Municipio	Costo (Bs)
Línea de acción 4.1. Gestión del conocimiento para minimizar el impacto de las operaciones mineras	Potosí y Yocalla	3.600.000
Línea de acción 4.2. Gestión de residuos mineros en las unidades hidrográficas mineras		3.500.000
Línea de acción 4.3. Manejo y control de áreas degradadas en unidades hidrográficas		1.000.000
Presupuesto total de la Línea Estratégica (Bs)		8.100.000

TABLA 60. RESUMEN DE LAS LÍNEAS DE ACCIÓN EN LA LÍNEA ESTRATÉGICA 4 EN GESTIÓN DE LAS ACTIVIDADES MINERAS PARA MINIMIZAR SUS IMPACTOS EN LOS RECURSOS HÍDRICOS

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

LÍNEA DE ACCIÓN 4.1. GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO PARA MINIMIZAR EL IMPACTO DE LAS OPERACIONES MINERAS

En esta línea de acción se han desarrollado

cinco acciones específicas que podrían contribuir a mejorar el conocimiento que se tienen sobre los problemas en la cuenca, y, por ende, tener un menor impacto de las operaciones mineras. A continuación, se da el presupuesto general en la **Tabla 61** y luego una descripción de las acciones específicas.

Nº	Acciones	Presupuesto (Bs)
1	Evaluar el estado de la calidad y cantidad de los recursos hídricos en las microcuencas mineras de mayor presión de agua	2.000.000
2	Gestión de Planes de Adecuación Ambiental para operadores mineros formales e informales, en proceso de regulación	1.000.000
3	Gestión de información técnica minera a través de una plataforma institucional	250.000
4	Implementación de programas educativos y de capacitación a la población en temas asociados a las microcuencas mineras	350.000
Costo total (Bs)		3.600.000

TABLA 61. PRESUPUESTO TOTAL PARA LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN OPERACIONES MINERA

Se considera que las fuentes potenciales de financiamiento de estas cuatro acciones potencial provendrían de un plan de inversión en función de la gestión de financiamiento o de Control y Seguimiento de Planes Operativos Anuales (POAs) de las entidades municipales, departamentales y nacionales, además de la gestión de intervención de entidades de apoyo internacional. Las federaciones de mineros cooperativizados pueden constituirse en contraparte importante que, al menos en el Cerro Rico de Potosí, en su mayoría trabajan cooperativas mineras. Adicionalmente, se identificó que estas acciones también podrían enmarcarse en el SIMOVH por sus componentes de seguimiento y monitoreo de fuentes y programas de educación. A continuación, se brindan mayores detalles de cada acción.

A.4.1.1. EVALUAR EL ESTADO DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS MICROCUENCAS MINERAS

Con esta acción que tendría una duración de 2.5 años se busca mejorar el conocimiento tanto de la calidad y cantidad de recursos hídricos superficiales y subterráneos en la cuenca de Pampa Huari, priorizando las microcuencas mineras, a través de la evaluación e inventario de

fuentes de agua. En la actualidad no se cuenta con un inventario formal y esta acción podría contribuir con el Sistema de Monitoreo y Vigilancia Hídrica (SIMOVH) que promueve el MMAyA a través del Gobierno Autónomo Departamental de Potosí, incluyendo información de la demanda y usos del agua en zonas de mayor presión a nivel industrial minero, doméstico y agrícola, además de evaluar los niveles de contaminación hídrica a partir de actividades mineras principalmente. Esto también permitiría avanzar en la clasificación y reglamentación de los cuerpos de agua en las unidades hidrográficas donde hay mayor presión por el recurso hídrico como ser Kari Kari, Santa Lucia y Yocalla.

Para lograr cumplir con esta línea de acción es importante contar con un laboratorio de análisis de aguas ácidas y el proyecto SIMOVH en la actualidad cuenta con una infraestructura para el laboratorio, pero falta la implementación de equipos como ser: espectrofotómetro de absorción atómica, equipo multiparamétrico de mesa, balanza analítica, destilador de agua, campana extractor de gases, climatizador, compresor de aire para absorción atómica y otros.

Esta acción permitiría a las autoridades y técnicos de instituciones contar con información del estado y tendencias de los recursos hídricos en la cuenca y beneficiar a los habitantes de las 14 unidades hidrográficas mineras de la cuenca Pampa Huari (PH-18, 22, 23, 36, 37, 54, 57, 58, 60, 69, 79, 83, 84 y 85 en este estudio). La meta consiste en tener un inventario de corrientes con usuarios asignados e información relacionada con el estado de la cantidad y calidad del recurso en esos tramos. Se ha identificado que la implementación de esta acción resulta factible en un periodo de corto plazo y desde el punto de vista de financiamiento. La dirección técnica para la implementación de esta acción de intervención debe estar a cargo del Secretaría de la Madre Tierra del Gobierno Autónomo Departamental de Potosí (GADP), GAM Potosí, GAM Yocalla, con apoyo de la AAPOS y el MMAyA. La ejecución podría estar a cargo de dos profesionales por cada institución (GAMs Potosí y Yocalla y GAD Potosí) para un total de 6 profesionales en las tres microcuencas (Kari Kari, Santa Lucia y Yocalla), uno con experiencia en medio ambiente y el otro en minería, siendo contratados a través de una convocatoria pública.

A.4.1.2. GESTIÓN DE PLANES DE ADECUACIÓN AMBIENTAL PARA OPERADORES MINEROS FORMALES E INFORMALES, EN PROCESO DE REGULACIÓN

Esta acción tendría una duración de aproximadamente 2 años y con ella se buscaría, en primer lugar, generar una base de datos digital para verificación y fiscalización de operaciones mineras informales y desactualizadas. Para esto se debe desarrollar una base de datos completa que identifique concesiones mineras (ATEs), número de operadores mineros y estado actual de la actividad, entre otros. Por otro lado, busca incentivar a los operadores mineros para que desarrollen los planes ambientales respecto a la documentación minero ambiental vigente. Existen limitantes normativas ya que no existe una reglamentación que regule la cuantificación de pasivos ambientales.

Esta estrategia de intervención surge como respuesta a la falta de licenciamiento ambiental de los operadores mineros, la inexistencia o inaccesibilidad de información técnica minera y a la presencia de Pasivos Ambientales Mineros en unidades hidrográficas menores. Consecuentemente, se persigue la gestión de los recursos y condiciones necesarias 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 consolidación de una base de datos con operadores mineros y su estado de acuerdo con las licencias ambientales vigentes. 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 2 años y Bs. 1.000.000, considerando como indicador de impacto la cantidad de operadores mineros que hacen parte de la base de datos y que contarán con la licencia ambiental correspondiente. El presupuesto contempla el pago de recurso humano, movilidad y equipo de monitoreo ambiental.

La dirección técnica, para la implementación de esta acción de intervención, podría estar a cargo de la Secretaría de la Madre Tierra del Gobierno Autónomo Departamental de Potosí (GADP), GAM Potosí, y GAM Yocalla con apoyo del MMAyA, y AAPOS, La Unidad de Gestión del Medio Ambiente de SERGEOMIN, la AJAM, y la Dirección de Medio Ambiente de COMIBOL. El Ministerio de Minería y Metalurgia y su Dirección de Medio Ambiente debería apoyar las sanciones e impulsar las licencias ambientales en el sector. La ejecución de las acciones podría estar a cargo de dos profesionales por cada institución (GAMs Potosí y Yocalla y GAD Potosí) para un total de 6 profesionales en las tres microcuencas (Kari Kari, Santa Lucia y Yocalla) con equipos de monitoreo, uno con experiencia en medio ambiente y el otro en minería, siendo contratados a través de una convocatoria pública.

A.4.1.3. GESTIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA MINERA A TRAVÉS DE UNA PLATAFORMA INSTITUCIONAL

Con esta acción, que tendría una duración de un año, se busca coadyuvar en la conformación de una plataforma institucional que albergue y disponga de información técnica adecuada y oportuna, relativa a las actividades mineras, su producción, uso y demanda de agua, medio ambiente y otros temas relacionados. Es decir, esta acción vincula las dos anteriores relacionadas con inventario de fuentes de aguas y planes ambientales para operadores mineros. Lo anterior nace de una debilidad institucional identificada para desarrollar acciones por

ejemplo de seguimiento y control de las actividades mineras, o de identificar operadores mineros informales, sin licencia ambiental o desactualizada. También surge de la inexistencia o inaccesibilidad de información técnica minera. A través del desarrollo del PDC se ha trabajado en la creación de una plataforma que albergue información técnica para uso de las instituciones y comunidades y a su vez se han compartido los mismos insumos en portales o geovisores del MMAyA para contribuir en la disseminación de información técnica minera. Dentro de los insumos compartidos se encuentran documentos de identificación y análisis de actividad minera, ubicación de concesiones mineras y pasivos ambientales mineros.

Esta acción resulta factible en un periodo de corto plazo y desde una perspectiva de financiamiento. Se alinea con las demandas de las instituciones locales, sin embargo, ninguna institución tiene identificado una acción similar dentro de los planes a corto y mediano plazo para ser parcial o completamente financiada. Esta acción permitiría a las autoridades y técnicos acceder a información técnica minera veraz y de una forma oportuna. La dirección técnica para la implementación de esta acción de intervención debe estar a cargo de la Secretaría de la Madre Tierra del Gobierno Autónomo Departamental de Potosí (GADP) con su oficina de Información Ambiental, el GAM Potosí, GAM Yocalla, MMAyA y la AJAM. La ejecución puede ser realizada a través de un consultor con experiencia en SIG.

A.4.1.4. IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMAS EDUCATIVOS Y DE CAPACITACIÓN A LA POBLACIÓN EN TEMAS ASOCIADOS A LAS MICROCUENCAS MINERAS

Con esta acción, que tendría una duración de dos años, se busca implementar 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. Esta acción nace del 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. 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 los temas anteriormente relacionados. Estaría dirigido a comunidades mineras, cooperativistas y personal de instituciones.

Para la ejecución de esta acción de intervención 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 Bs. 350.000 para ejecutarse en un tiempo igual a dos años. Por otra parte, como parte del seguimiento a la acción se debe medir la cantidad de pobladores, trabajadores mineros e instituciones informadas y conscientes de la problemática minero ambiental como parte de la evaluación del impacto de la acción.

LÍNEA DE ACCIÓN 4.2. GESTIÓN DE RESIDUOS MINEROS EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS MINERAS

En esta línea de acción de se han desarrollado 2 acciones específicas que podrían contribuir a mejorar la gestión de residuos mineros en las unidades hidrográficas mineras, y por ende tener un menor impacto de las operaciones mineras. A continuación, se da el presupuesto general en la **Tabla 62** y luego una descripción de las acciones específicas.

Nº	Acciones	Presupuesto (Bs)
1	Evaluación de Pasivos Ambientales Mineros (PAM) inventariados en el PDC – PH	1.000.000
2	Estudios a diseño final de obras de control, mitigación y remediación ambiental de PAM en las microcuencas mineras	2.500.000
Costo total (Bs)		3.500.000

TABLA 62. PRESUPUESTO TOTAL PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS MINEROS EN LAS MICROCUENCAS MINERAS

La potencial fuente de inversión identificada para implementar estas dos acciones podría estar en los planes de inversión de entidades Municipales, Departamentales y Nacionales, además de la gestión de intervención de entidades de apoyo internacional. Sin embargo, estas acciones

requieren de especial atención dado que por nivel de complejidad y necesidad de involucramiento de varias instituciones resultarían difíciles de implementar desde una perspectiva económica y bajo un periodo de 3 a 5 años.

A.4.2.1. EVALUACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS PAM INVENTARIADOS

Con esta acción, que tendría una duración de 2 años, se busca evaluar los Pasivos Ambientales Mineros (PAM) identificados en las unidades hidrográficas mineras de Pampa Huari con la proyección de priorizar e implementar medidas de mitigación y remediación estructural. 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. Cabe resaltar que para ello se puede partir de los pasivos mineros ambientales mineros identificados a lo largo de la formulación del PDC y luego extender la lista a los activos ambientales mineros, así como las responsabilidades con los mismos para la correcta proyección de la mitigación y remediación de estos.

Esta acción permitiría a las autoridades y técnicos contar con una 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. La dirección técnica, para la implementación de esta acción de intervención, podría estar a cargo de los gobiernos autónomos municipales correspondientes en coordinación con las cabezas de sector. La ejecución puede ser realizada por instituciones con experiencia en el tema, como AJAM o DIMA COMIBOL, o a través de consultoría por producto.

A.4.2.2. ESTUDIOS A DISEÑO FINAL DE OBRAS DE CONTROL, MITIGACIÓN Y REMEDIACIÓN AMBIENTAL DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN LAS MICROCUENCAS MINERAS

Con esta acción, que tendría una duración de 2.5 años, se busca realizar estudios a diseño final de proyectos de control, mitigación y remediación ambiental de los principales PAM identificados y evaluados con anteriores acciones en las unidades hidrográficas mineras de la cuenca de Pampa

Huari. 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 ejemplo, en las comunidades de La Puerta, Villacollo, Huancarani, Iscumayu, Paco Grande, Totorá D, Totorá Pampa, Villa Concepción, Jesús Del Valle, Karachipampa, Potosí, San Antonio, San Idelfonso y Villa Collo.

Esta acción permitiría a las autoridades y técnicos contar con una cartera de estudios a diseño final de obras de control, mitigación y remediación ambiental de los PAM así como, la identificación de minas que requieren un tratamiento de aguas ácidas. Esto implicaría un beneficio directo para los habitantes de las microcuencas mineras y para las poblaciones urbanas mineras y agrícolas aledañas. La dirección técnica, para la implementación de esta acción de intervención, podría estar a cargo de los gobiernos autónomos municipales correspondientes como la Secretaría de la Madre Tierra del GAD Potosí, el GAM Potosí, y el GAM Yocalla, en coordinación con el MMayA, AJAM o DIMA COMIBOL, y operadores mineros. La ejecución puede ser realizada por instituciones con experiencia en el tema, como SERGEOMIN o DIMA de COMIBOL, o a través de consultoría por producto.

LÍNEA DE ACCIÓN 4.3. MANEJO Y CONTROL DE ÁREAS DEGRADADAS EN UNIDADES HIDROGRÁFICAS

En esta línea de acción se ha desarrollado una acción específica enfocada a contribuir en el manejo y control de áreas degradadas en unidades hidrográficas mineras, y, por ende, tener un menor impacto de las operaciones mineras. A continuación, se da el presupuesto general en la **Tabla 63** y posteriormente una descripción de las acciones específicas.

Nº	Acciones	Presupuesto (Bs)
1	Forestación y reforestación de áreas en procesos de erosión inminente para la protección de suelos en las microcuencas mineras	1.000.000
Costo total (Bs)		1.000.000

TABLA 63. PRESUPUESTO TOTAL PARA EL MANEJO Y CONTROL DE ÁREAS DEGRADADAS EN MICROCUENCAS MINERAS

A.4.3.1. FORESTACIÓN Y REFORESTACIÓN DE ÁREAS EN PROCESOS DE EROSIÓN INMINENTE PARA LA PROTECCIÓN DE SUELOS EN LAS MICROCUENCAS MINERAS

Con esta acción que tendría una duración de 2 años se busca, en primera instancia, identificar y evaluar zonas de impacto y erosión de suelos, por contaminación minera o por presencia de PAM, a través de estudios geomorfológicos, hidrológicos y de cobertura vegetal; y en segunda instancia, controlar la erosión y degradación de suelos en microcuencas mineras, a través de la ejecución de programas de forestación y reforestación de suelos. Esta acción puede partir de insumos como los mapas geomorfológicos, geológicos y de riesgos; así como los documentos de identificación y análisis de actividades mineras y pasivos ambientales mineros PAM de la cuenca Pampa Huari.

Esta acción permitiría a las autoridades y técnicos contar con un plan de potenciales áreas forestales, tipo y número de especies a ser sembradas que ayudan al control de la erosión de suelos y al ciclo hidrológico natural. Esto implicaría un beneficio directo para los habitantes de las microcuencas mineras y para las poblaciones urbanas mineras y agrícolas aledañas, especialmente de las microcuencas mineras con mayor presión como el Kari Kari, Santa Lucia y Yocalla. Resulta importante en el proceso considerar especies

que puedan desenvolver su ciclo fenológico en un periodo corto de 2 años. Existen casos locales donde con éxito se han introducido especies, pero resulta importante evaluar los potenciales impactos de estas en las especies nativas.

La potencial fuente de inversión identificada podría estar en los planes de inversión de entidades Municipales, Departamentales y Nacionales, además de la gestión de intervención de entidades de apoyo internacional. La dirección técnica, para la implementación de esta acción de intervención, podría estar a cargo de la Secretaría de la Madre Tierra del GAD Potosí, el GAM Potosí, y el GAM Yocalla, con el apoyo del MMayA, AJAM o DIMA COMIBOL, y FONABOSQUE. La ejecución puede ser realizada por instituciones con experiencia en el tema, y en el proceso involucrar a las comunidades donde se priorizarían las acciones.

Línea estratégica 5. Gestión de acuerdos interinstitucionales para la gestión técnica y financiera y desarrollo de capacidades

Esta línea estratégica tiene por objetivo fortalecer las capacidades de las instituciones en la gestión y planificación de los ecosistemas en la cuenca y promover la inclusión de la temática de género y equidad social de forma transversal (Tabla 64).

Línea de acción	Institución	Costo (Bs)
Línea de acción 5.1. Fortalecimiento institucional para mejorar la gestión y planificación del agua en la cuenca	GAMs. GAD (Secretaria Madre Tierra). y Ministerios MMayA. VRHR. VAPSB	744.000
Línea de acción 5.2. Fortalecimiento normativo de las instituciones	GAM de Potosí (Unidad Gestión del Riesgo)	30.000
Línea de acción 5.3. Articulación y dialogo local	Organizaciones de Mujeres. Centros Educativos. Agrupaciones de jóvenes. Regantes. GAMs Yocalla. GAD Potosí. GAM Yocalla y Tinguipaya	438.600
Línea de acción 5.4. Promoción de inversiones resilientes y mecanismos financieros	UATF. el GAD de Potosí y los GAMs de Potosí. Yocalla y Tinguipaya	315.000
Línea de acción 5.5. Empoderamiento de mujeres	CAPys (Comités de Agua Potable y Saneamiento). Empresas prestadoras de servicio Organizaciones de Mujeres. Regantes. GAMs Yocalla. GAD Potosí. GAM Yocalla y Tinguipaya. ONGs involucradas en temática género y agua. Organizaciones Financieras.	510.300
Línea de acción 5.6. Paridad de género en toma de decisiones	VRHR. GAD. GAMs. SEDERI. EMAGUA e instituciones relacionadas a la temática	438.600
Presupuesto total de la Línea Estratégica (Bs)		2.476.500

TTABLA 64. RESUMEN DE LAS LÍNEAS DE ACCIÓN EN LA LÍNEA ESTRATÉGICA 5 EN GESTIÓN DE ACUERDOS INTERINSTITUCIONALES PARA LA GESTIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA Y DESARROLLO DE CAPACIDADES

LÍNEA DE ACCIÓN 5.1. FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL PARA MEJORAR LA GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL AGUA EN LA CUENCA

Esta línea de acción tiene por objetivo coadyuvar en la creación o fortalecimiento de unidades técnicas de instituciones locales, municipales y departamentales, capaces de responder de

manera eficiente y oportuna a las demandas relacionadas con el agua, minería, agricultura y medio ambiente. En este sentido, se han formulado cuatro diferentes acciones que permiten mejorar la gestión y planificación de los recursos hídricos (Tabla 65).

Nº	Acciones	Presupuesto (Bs)
1	Creación o fortalecimiento de unidades técnicas institucionales para abordar temas de minería, agua y medio ambiente	350.000
2	Implementación de programas de gestión de conflictos y relaciones comunitarias	360.000
3	Capacitación a los representantes de los diferentes niveles de Gobierno en la cuenca en Paridad de Género	34.000
4	Implementación de 10 estaciones agrometeorológicas	1.300.000
Costo total (Bs)		2.044.000

TABLA 65. PRESUPUESTO TOTAL PARA EL FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL PARA MEJORAR LA GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN

A.5.1.1. CREACIÓN O FORTALECIMIENTO DE UNIDADES TÉCNICAS INSTITUCIONALES PARA ABORDAR TEMAS DE MINERÍA, AGUA Y MEDIO AMBIENTE

Esta acción, que tendría una duración de tres años, tiene como propósito la 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. Se resalta su necesidad 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 las unidades hidrográficas mineras como lo son las comunidades de La Puerta, Villacollo, Huancarani, Iscumayu, Paco Grande, Totorá D, Totorá Pampa, Villa Concepción,

Jesús Del Valle, Karachipampa, Potosí, San Antonio, San Idelfonso y Villa Collo.

La implementación de esta acción requiere de tres años y una inversión de Bs. 350.000 y de la elaboración de las ideas y consecuentes proyectos 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, el número de funcionarios (las autoridades y técnicos) institucionales, miembros de subcentrales agrarias y cooperativistas mineros informados y/o capacitados en dichas problemáticas vigentes, así como número de eventos de capacitación o talleres corresponden a los indicadores bajo los cuales se debe medir el impacto de la acción propuesta.

A.5.1.2. IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMAS DE GESTIÓN DE CONFLICTOS Y RELACIONES COMUNITARIAS

Esta acción, que tendría una duración de tres años, busca la 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). Esta acción permite promover y favorecer el acercamiento y relacionamiento positivo y armonioso entre operadores mineros y pobladores de microcuencas mineras y no mineras. 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 locales y municipales 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 Pampa Huari. 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, cooperativistas mineros 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 un año con un costo total de Bs. 360.000 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 del número de autoridades y técnicos institucionales, miembros de sectores sociales, agricultores y población en general que participaron en espacios de talleres y capacitaciones para resolución de conflictos. La implementación estaría a cargo de las Unidades Técnicas del GAM Potosí, GAM Yocalla y Secretaría de la Madre Tierra.

A.5.1.3. CAPACITACIÓN A LOS REPRESENTANTES DE LOS DIFERENTES NIVELES DE GOBIERNO EN LA CUENCA EN PARIDAD DE GÉNERO

Esa acción se destina a informar sobre la importancia de garantizar la equidad de género en la gestión pública en diferentes niveles de

gobierno. Tiene como objetivo central proporcionar conocimientos, técnicas y herramientas para desarrollar habilidades, cambios de actitudes y comportamientos. Es un proceso continuo y de largo plazo que requiere la voluntad política y el compromiso de todas las partes con el fin de crear sociedades inclusivas que promueven la igualdad de género. Esa acción considera todos los niveles de gobernación de la cuenca (local, municipal y departamental). Su implementación estaría a cargo de los GAMs, GAD (Secretaría de la Madre Tierra), y Ministerios (MMAyA, VRHR, VAPSB).

Esa acción tiene un costo total de Bs. 34.000 y es implementable en el mediano plazo, siendo recomendable su ejecución siempre y cuando se identifique la necesidad.

A.5.1.4. IMPLEMENTACIÓN DE 10 ESTACIONES AGROMETEOROLÓGICAS

Esta acción busca implementar durante tres años 10 estaciones meteorológicas telemétricas para fortalecer el sistema de alerta temprana en la cuenca Pampa Huari. Actualmente la cuenca cuenta con la estación meteorológica Potosí Los Pinos y la estación hidrológica Tarapaya, que resultan insuficientes para monitorear el clima y los drenajes principales. En este sentido, se proponen estaciones HYQUEST modelo iRIS 270 de origen australiano, las cuales tienen sensores para medir temperatura, humedad, velocidad del viento, precipitación, radiación, presión barométrica, entre otros parámetros y transmitiendo la información de forma automática. La estación tendría soporte y garantía por aproximadamente 2 años. Vale la pena reiterar la necesidad de implementar y rehabilitar estaciones hidrológicas, y aunque esta acción tendría un enfoque principalmente en las estaciones agrometeorológicas, dependiendo de los recursos económicos se podrían considerar un conjunto de estaciones agrometeorológicas e hidrológicas.

Esta acción se enmarcaría en el diseño de una red de monitoreo de recursos naturales donde inicialmente se podrían considerar la ubicación en comunidades con vocación agrícola, vulnerables a eventos extremos, estratégicamente ubicadas y con influencia económica y comerciales tales como Yocalla, Tarapaya, Thamari, La Palca, Belén de Umiri, Chira Coro, Tinguipaya, San Ildefonso, Chaqui, y la Ciudad de Potosí. Otros criterios que resultan importante para implementar la red de monitoreo es que las estaciones se ubiquen en sitios con índices de aridez altamente deficitarios

de agua. La conformación de una red de monitoreo no solo resultaría útil para un sistema de alerta temprana sino para el desarrollo de modelos predictivos en varios campos.

La dirección técnica, para la implementación de esta acción de intervención, podría estar a cargo de SENAMHI Potosí, GAD Potosí, GAM Potosí, GAM Yocalla, GAM Chaqui y GAM Belén de Urmiri en coordinación con las cabezas de sector que es el MMAyA. La ejecución puede ser realizada por

instituciones con experiencia en el tema, y en el proceso involucrar a las comunidades donde se priorizarían las acciones.

LÍNEA DE ACCIÓN 5.2. FORTALECIMIENTO NORMATIVO DE LAS INSTITUCIONES

Esta línea de acción busca fortalecer y/o mejorar la capacidad normativa de las instituciones, especialmente para avanzar en la gestión del riesgo de desastres en los municipios que tienen lugar en la cuenca Pampa Huari.

Nº	Acción	Presupuesto (Bs)
1	Formulación de la Ley de Gestión de Riesgo Municipal y su correspondiente reglamentación	30.000
Costo total (Bs)		30.000

TABLA 66. PRESUPUESTO TOTAL PARA EL FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL PARA MEJORAR LA GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN

A.5.2.1. FORMULACIÓN DE LA LEY DE GESTIÓN DE RIESGO MUNICIPAL Y SU CORRESPONDIENTE 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 Bs. 30.000.

LÍNEA DE ACCIÓN 5.3. ARTICULACIÓN Y DIÁLOGO LOCAL

Esta línea de acción busca sensibilizar, capacitar y difundir conocimientos y experiencias dentro de las microcuencas para lograr la implementación, adopción y replicación de las diferentes medidas y técnicas conservacionistas, así como promover capacitación en temáticas transversales para la gestión de cuenca. Como fin mayor busca mejorar la articulación entre instituciones, comunidades y sectores productivos.

Nº	Acción	Presupuesto (Bs)
1	Capacitación de hombres, mujeres y jóvenes en gestión del agua, saneamiento y riego	438.600
Costo total (Bs)		438.600

TABLA 67. PRESUPUESTO TOTAL PARA EL FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL PARA MEJORAR LA GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN

A.5.3.1. CAPACITACIÓN DE HOMBRES, MUJERES Y JÓVENES EN GESTIÓN DEL AGUA, SANEAMIENTO Y RIEGO

Esta acción busca mejorar el entendimiento de diversos grupos vulnerables de la cuenca sobre la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH), la demanda del agua para el consumo humano y agropecuario, así como los componentes de agua, saneamiento e higiene (WASH) en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El enfoque se extiende a toda la población - hombres, mujeres y jóvenes - para garantizar el mayor acceso a la información sobre la GIRH y su aplicación en la Cuenca Pampa Huari. Las comunidades beneficiadas son especialmente las que cuentan con organizaciones de mujeres, centros educativos o internado de jóvenes. La implementación de la acción estaría a cargo de organizaciones de mujeres, centros educativos,

agrupaciones de jóvenes, grupos de regantes, GAMs de Yocalla y Tinguipaya y GAD Potosí.

Esa acción tiene un costo total de Bs. 438.000 y es implementable en el corto plazo (en un periodo de 3 a 5 años), siendo recomendable su apoyo con campañas de capacitación, talleres y continuidad con creación de posgrados específicos en el mediano plazo.

LÍNEA DE ACCIÓN 5.4. PROMOCIÓN DE INVERSIONES RESILIENTES Y MECANISMOS FINANCIEROS

Esta línea de acción busca adoptar metodologías de resiliencia en inversiones y mecanismos financieros para adaptación al cambio climático. En la **Tabla 68** se relacionan las acciones y sus correspondientes costos asociados.

Nº	Acción	Presupuesto (Bs)
1	Desarrollo de capacidades y destrezas en personal técnico municipal y operadores de servicios esenciales para incorporar la reducción de riesgo de desastre y adaptación al cambio climático en proyectos de inversión resiliente	315.000
Costo total (Bs)		315.000

TABLA 68. PRESUPUESTO TOTAL PARA EL FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL PARA MEJORAR LA GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN

A.5.4.1. Desarrollo de capacidades y destrezas en personal técnico municipal y operadores de servicios esenciales para incorporar la reducción de riesgo de desastre y adaptación al cambio climático en proyectos de inversión resiliente

Esta acción, con duración de dos años, 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 PH. 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 Pampa Huari, entre otros.

De modo que, la meta principal consiste en el desarrollo de capacidades en al menos 30 técnicos municipales (Potosí, Yocalla y Tinguipaya), así como de entidades operadoras de servicios esenciales (agua, saneamiento, riego, entre otras) 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 69**) 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 Pampa Huari	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 Resiliencia	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 69. PROPUESTA DE NIVELES DE CURSOS PARA EL PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES

El costo total para implementar esta acción es de Bs. 315.000 el cual se detalla a continuación en la **Tabla 70**. Puede haber limitaciones o

restricciones iniciales en su implementación en el corto plazo, así que sería considerada una acción de implementación en el mediano plazo.

Nº	Actividad	Costo (Bs)
1	Identificación y adaptación de herramientas de integración de RRD y ACC.	70.000
2	Cursos cortos	20.000
3	Cursos especializados	55.000
4	Cursos con grado académico (Maestría)	120.000
5	Desarrollo de normativa municipal para la integración de la RRD y ACC en todos los proyectos municipales en cumplimiento del Reglamento Básico de Preinversión.	50.000
Costo total (Bs)		315.000

TABLA 70. COSTOS ESTIMADOS PARA EL DESARROLLO DE CAPACIDADES EN INTEGRACIÓN DE LA RRD Y ACC

LÍNEA DE ACCIÓN 5.5. EMPODERAMIENTO DE MUJERES

Esta línea de acción busca promover oportunidades de participación para fortalecer

el liderazgo de las mujeres en los espacios de toma de decisión en la cuenca. En la **Tabla 71** se relacionan las acciones con sus respectivos presupuestos.

Nº	Acción	Presupuesto (Bs)
1	Fortalecimiento de mujeres en liderazgo y participación para la toma de decisiones	418.300
2	Generación de fondo concursable para mujeres lideresas de la cuenca para apoyarles en múltiples temáticas, como agua potable, saneamiento, riego y organización de comités de agua	92.000
Costo total (Bs)		510.300

TABLA 71. PRESUPUESTO TOTAL PARA EL EMPODERAMIENTO DE LA MUJER

A.5.5.1. FORTALECIMIENTO DE MUJERES EN LIDERAZGO Y PARTICIPACIÓN PARA LA TOMA DE DECISIONES

Esta acción busca fortalecer las capacidades de mujeres en liderazgo para la toma de decisiones y representatividad en temáticas de gestión del agua, en espacios de comités de agua, consejos sociales y otras instancias de participación en la cuenca Pampa Huari. La participación más activa de las mujeres en la cuenca apoya a la toma de decisiones más equitativa. Las comunidades beneficiadas son especialmente las que cuentan con organizaciones de regantes y comités de agua donde exista la participación de las mujeres. La

implementación de la acción estaría a cargo de los CAPyS (Comités de Agua Potable y Saneamiento) y de las empresas prestadoras de servicio. El costo total para implementar esta acción es de Bs. 418.300. Puede haber limitaciones o restricciones iniciales en la implementación de la acción en el corto plazo, así que su implementación se daría en el mediano plazo.

A.5.5.2. GENERACIÓN DE FONDO CONCURSABLE PARA MUJERES LIDERESAS DE LA CUENCA PARA APOYARLES EN MÚLTIPLES TEMÁTICAS, COMO AGUA POTABLE, SANEAMIENTO, RIEGO Y ORGANIZACIÓN DE COMITÉS DE AGUA

Esta acción busca capacitar las mujeres para acceder fondos financieros específicos para temáticas de género y agua, identificando cuáles organismos están encargados de esas temáticas, apoyando las mujeres en la postulación de proyectos y promoviendo la articulación con fondos concursables ya existentes. La acción debe ser considerada dos momentos en el año: i) capacitación para postulación de proyectos a financiación, y ii) seguimiento a las iniciativas financiadas.

Las comunidades beneficiadas por esa acción serían Huancuri, Cebadillas, Iscumayu, Caimani, Tarapaya, Molino, Irumpampa Grande, Gran Peña, Villa Concepción, Tucsapujio, Palcamayu,

Miraflores, Manquiri, Turicaya, Jesus Valle, Santiago de Ockoruro. Su implementación estaría a cargo de organizaciones de mujeres, regantes, GAMs de Yocalla y Tinguipaya, GAD Potosí, ONGs involucradas en temática género y agua, y otras organizaciones financieras que apoyan al emprendimiento social. El costo total para implementar esta acción es de Bs. 92.000 y su implementación se daría al mediano plazo.

LÍNEA DE ACCIÓN 5.6. PARIDAD DE GÉNERO EN TOMA DE DECISIONES

Esta línea de acción busca asegurar la paridad de género en las instancias de participación. En la siguiente **Tabla 72** se relaciona el presupuesto para esta línea de acción.

Nº	Acción	Presupuesto (Bs)
1	Capacitación a los representantes de los diferentes niveles de gobierno en la cuenca, promoviendo la paridad de género	438.600
Costo total (Bs)		438.600

TABLA 72. PRESUPUESTO TOTAL PARA LA PARIDAD DE GÉNERO EN LA TOMA DE DECISIONES

A.5.6.1. CAPACITACIÓN A LOS REPRESENTANTES DE LOS DIFERENTES NIVELES DE GOBIERNO EN LA CUENCA, PROMOVRIENDO LA PARIDAD DE GÉNERO

Esta acción busca capacitar en temáticas relacionadas a la GIRH y MIC, integrando la temática de género de forma transversal para la gestión de cuenca, generando información desagregada por género e identificando grupos vulnerables para un trabajo inclusivo. Esta acción puede ser implementada en un periodo mínimo de 2 años, siendo recomendable su ejecución siempre y cuando se identifique la necesidad. Serán beneficiados especialmente la población que esté en las cuencas priorizadas en las acciones de la GIRH y el MIC. Su implementación estaría a cargo del VRHR, GAD, GAMs e instituciones relacionadas a la temática, como el SEDERI y EMAGUA. El costo total para implementar esta acción es de Bs. 438.600 y se plantea su implementación en el mediano plazo.

COMENTARIOS FINALES 7

En esta sección se destacan algunos puntos comentados a lo largo del documento y que son claves para la implementación de las acciones.

7.1 Descripción de la cuenca del río Pampa Huari

Se desarrolló una caracterización robusta de atributos biofísicos, climáticos, y socioculturales de la cuenca Pampa Huari. Los diferentes actores cuentan ahora con información relevante para entender mejor algunos procesos que ocurren a lo largo de la cuenca. Estos insumos han sido compartidos a través de geodatabases, del SIRH geovisor del MMAyA y de un atlas. A partir de estos insumos pueden derivar investigaciones en conservación, climatología, gestión de recursos naturales y desarrollo territorial.

7.2 Lineamientos estratégicos

En la Sección Marco estratégico se desarrolló una visión y visión consensuada que guía las cinco (5) líneas estratégicas propuestas. En esta sección refleja un esfuerzo por promover el PNC a través de acciones que se enmarcan en el MIC, Suministro de agua potable y saneamiento básico, Desarrollo de Riego, Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH), Y Fortalecimiento Institucional y Desarrollo de Capacidades. Esta sección ofrece una idea de las acciones requeridas, su ubicación, los costos estimados de inversión y los actores que serían clave para su implementación. En este sentido, se considera importante dar seguimiento a las acciones MIC propuestas en las microcuencas priorizadas del Kari Kari, Santa Lucia y Villacollo. Fortalecer el trabajo que viene realizando el SIMOVH con algunos puntos que se sugieren donde se han identificado problemas de calidad de agua en las microcuencas priorizadas. Por su parte, se han articulado algunas acciones consideradas en el Plan Maestro de agua potable y alcantarillado sanitario para la ciudad de Potosí, y se hace especial énfasis en la revitalización de líneas de aducción, disminución de pérdidas de agua en el sistema de distribución y la construcción de La PTAR La Puerta.

Se han recabado proyectos de desarrollo para

riego agrícola que están en varias fases. Entre ellos, se identificaron 7 proyectos que podrían ser elevados a EDTP. Un aspecto resaltado por diferentes agricultores es la necesidad de mejorar la transferencia de tecnologías de riego, especialmente en lo relacionado con mantenimiento y operaciones de la infraestructura. Este punto es clave para extender la vida útil de estas inversiones. Adicionalmente, se ha identificado una muy buena oportunidad con la construcción de La PTAR La Puerta y en el reúso de sus aguas residuales en riego agrícola en la microcuenca Huancarani, un área con mucha presión por el agua tanto para esta actividad como el abastecimiento de comunidades.

De igual forma se han identificado tres líneas de acción para minimizar el impacto de las actividades mineras en la cuenca. Las áreas de mayor actividad minera coinciden con las microcuencas Kari Kari, Santa Lucia y Villacollo, por tal razón los esfuerzos podrían enfocarse en estas microcuencas priorizadas. Miembros del Consejo Técnico reiteraron las dificultades en tiempo y costo de poder llevar a cabo las acciones relacionadas con la Gestión de residuos mineros en las unidades hidrográficas mineras y el Manejo y control de áreas degradadas en unidades hidrográficas. Por lo tanto, la atención de las partes interesadas podría enfocarse en la Gestión del conocimiento para minimizar el impacto de las operaciones mineras, especialmente para mejorar la fiscalización de actividades mineras y del cumplimiento de las licencias ambientales. Tarea vital para garantizar la protección de las fuentes de agua.

Finalmente, se propusieron líneas de acción para fortalecer tanto las instituciones como las capacidades locales en función de fortalecimiento de unidades técnicas, de espacios de diálogos o para transitar quejas y reclamos, de temas de género y normativos.

7.3 Plataforma interinstitucional

La plataforma interinstitucional es un organismo intersectorial que ha sido utilizado como espacio de intercambio de criterios y seguimiento al

desarrollo y la elaboración de varias acciones en el marco del Programa Bolivia WATCH. El Directorio cuenta con la capacidad para congregarse a las entidades y actores en la cuenca, así como coordinar y prever por la implementación de las Líneas Estratégicas para mejorar la gestión y planificación del agua en la cuenca; una vez que el mismo sea elaborado, aprobado y presentado a las entidades y actores en la cuenca. Por ello, la última fase del proyecto buscó consolidar los respaldos para que la plataforma continúe operando pasada la entrega del documento del plan director de cuenca.

El proceso de conformación de la plataforma aún no ha concluido. Actualmente, se encuentra en etapa de ejecución un análisis profundo sobre los mecanismos administrativos y financieros necesarios para que exista un reconocimiento y vinculación con las entidades participantes del PDC. Los lineamientos orientativos del reciente Plan Plurinacional de Recursos Hídricos 2021-2025 del MMayA predisponen un escenario de propuesta y fortalecimiento que potencialmente pueden en un futuro próximo robustecer lo avanzado en el marco de este Programa.

Se generó una serie de documentos en temas de constitución, procedimientos, reglamentos y mecanismos de funcionamiento tanto para la plataforma interinstitucional como para las dos dependencias de esta, el Concejo Técnico y la Instancia de Gestión Operativa del Plan Director. Se cuenta con esta documentación que fue complementada con un análisis de gestión institucional y financiera con el fin de consolidar los instrumentos legales e institucionales para que ambas dependencias queden integradas, reconocidas y vinculadas con las instituciones participantes del directorio del plan director de Pampa Huari.

Por otro lado, a lo largo de la implementación de la Plataforma se presentaron desafíos, especialmente a nivel operativo y en la claridad del involucramiento de los actores clave. Asimismo, se debe resaltar que el proceso de consolidación de la Plataforma requiere el involucramiento constante por parte de dos de sus instancias (el Concejo Técnico y la Instancia de Gestión Operativa) para asegurar el rol estratégico de la Plataforma en la ejecución del PDC-PH.

Dado que la plataforma interinstitucional se encuentra en etapa de consolidación se identificó que todavía se están dando las apropiaciones de los roles de los actores dentro de la misma. En

ese sentido, los espacios de participación dentro de la formulación del PDC-PH representaron una oportunidad para fortalecer el rol de los actores involucrados en el Concejo Técnico y la Instancia de Gestión Operativa. De modo que, de continuar este camino, los miembros de la Plataforma podrán apropiarse de todo el contenido desarrollado en el marco del PDC y movilizarse para garantizar su implementación técnica-financiera y su continuidad, especialmente con miras a posibles cambios institucionales a diferentes niveles de gestión en Bolivia.

Se sugiere que el Directorio esté conformado por el Gobierno Autónomo Municipal de Chaquí, Gobierno Autónomo Municipal de Tinguipaya, Gobierno Autónomo Municipal de Belén de Urmiri, Gobierno Autónomo Municipal de Porco, Gobierno Autónomo Municipal de Potosí, Gobierno Autónomo Municipal de Yocalla, Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR- MMayA), Gobierno Autónomo Departamental Potosí, Universidad Autónoma Tomas Frías, Administración Autónoma para Obras Sanitarias – Potosí (AAPOS) y la Sociedad Potosina de Ecología (SOPE).

Para contar con un Consejo Técnico sólido y con poder de decisión en las diferentes actividades planificadas, todas las instituciones propuestas deben contar con dos representantes acreditados: un titular y un suplente. Las instituciones propuestas para su conformación son: Gobierno Autónomo Municipal de Chaquí, Gobierno Autónomo Municipal de Tinguipaya, Gobierno Autónomo Municipal de Belén de Urmiri, Gobierno Autónomo Municipal de Porco, Gobierno Autónomo Municipal de Potosí, Gobierno Autónomo Municipal de Yocalla, Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR- MMayA), Gobierno Autónomo Departamental Potosí, Ministerio de Minería y Metalurgia (MMM), Dirección de Medio Ambiente DIMA-COMIBOL, Servicio Geológico y Minería (SERGEOMIN), Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico – MMayA, Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra (APMT), Servicio Departamental de Riego (SEDERI Potosí), Servicio Nacional de Agua y Saneamiento Básico (SENASBA), Universidad Autónoma Tomas Frías, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), EMAGUA, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal y Administración Autónoma para Obras Sanitarias – Potosí (AAPOS).

Para la conformación del Foro o Consejo Social, se propone la participación de las Asociaciones

de Productores Agropecuarios, Asociaciones de productores camélidos, Asociación de regantes, Asociaciones de empresas o servicios de agua potable, Asociaciones de ingenios y Cooperativistas mineros.

La Instancia Técnica de Gestión de Cuenca (ITGC), tendrá las atribuciones de coordinar, articular,

monitorear y consensuar las acciones ejecutadas por la Plataforma Interinstitucional. La ITGC está conformada por los técnicos de los GAMs, GAD Potosí, Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego.



EQUIPO DE BOLIVIA WATCH DURANTE UN TALLER DE CAPACITACIÓN EN AGOSTO DE 2021

8 REFERENCIAS

- HELVETAS. (2021). Informe final de Gestión de los riesgos hidroclimáticos en el marco del Plan Director de la Cuenca Pampa Huari (HELVETAS,2021). Vinculo vinculo Análisis del riesgo para el PDC PampaHuari Informe final corregido 13 12 21.docx
- Latin America Centre of the Stockholm Environment Institute (LAC-SEI). (2021). Informe de Escenarios de variabilidad y cambio climático en el modelo WEAP de la cuenca del río Pampa Huari en Potosí. Vinculo Escenarios_CC_23.06.21.docx
- Latin America Centre of the Stockholm Environment Institute (LAC-SEI). (2022). Informe del proceso de definición y validación del marco estratégico del plan director de la cuenca Pampa Huari. Vinculo Informe_TallerME_PDCPampaHuari.docx
- 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. Vinculo <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
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia (MMAyA). (2018). Balance Hídrico Superficial de Bolivia.
- OMS y UNICEF (2017). Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene: informe de actualización de 2017 y línea de base de los ODS. Ginebra- Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponible en: <https://washdata.org/reports?text=&reports%5B0%5D=date%3A2017>
- 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
- Rodríguez-López F., y otros, 2020 "Efectos de la minería en el desarrollo económico, social y ambiental del Estado Plurinacional de Bolivia", Documentos de Proyectos, (LC/TS.2020/42), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2020.
- SIDA. 2017. Swedish International Development Cooperation Agency. Dimensions of Poverty Sida's Conceptual Framework. Disponible en: <https://www.sida.se/en/publications/dimensions-of-poverty-sidas-conceptual-framework>
- 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.
- WATCH. (2021). Memoria técnica del mapa de cobertura y uso actual de la tierra en la cuenca Pampa Huari. Vinculo MEMORIA TECNICA. PAMPA HUARI FINALpdf.pdf
- WATCH 03. (2021). Estudio hidrogeológico para la cuenca de Pampa Huari en el departamento de Potosí. Vinculo Informe final de avance de actividades ver 1.2 enviado 9.7.2021.docx
- WATCH 08. (2021). Propuesta de acciones de manejo integral de cuencas (mic) en la cuenca del río Pampa Huari. Entregable B. Vinculo Documento Entregable B_Pampa Huari_V3f.docx
- WATCH 08. (2021). Propuesta de acciones MIC en el marco de los PDCs, socializadas y validadas de las microcuencas priorizadas en la cuenca río Pampa Huari. Entregable C. Vinculo Documento_Entregable C_Pampa Huari_Formato_VP2.docx
- WATCH 11. (2021). Informe 3 de Caracterización e Identificación de Problemas, y memorias del proceso de socialización con actores clave en la cuenca Pampa Huari. Vinculo Informe Avance No3. Gestión Ambiental Minera Watch.pdf.
- WATCH 26. (2021). Propuesta de Acciones para la gestión del riego en la cuenca río Pampa Huari. Vinculo Documento_Entregable_PH_WATCH_26_VF.docx.

Anexo A. Formulación del PDC Pampa Huari y conformación de la Plataforma Interinstitucional

Anexo A1. Conformación de la plataforma interinstitucional

La conformación de la Plataforma Interinstitucional tiene por objetivo fortalecer la gobernanza del agua en la cuenca Pampa Huari; y con ello, tener un organismo compuesto de actores con diferentes intereses que puedan garantizar la implementación de las acciones formuladas en las líneas estratégicas del Plan Director de Cuenca. SU constitución siguió varias fases que continuación se relacionaran:

OBJETIVO DE LAS PLATAFORMAS

El desarrollo de la institucionalidad para una gestión efectiva de una cuenca estratégica, como se espera en la cuenca Pampa Huari, se consolidará durante el proceso de implementación de un Plan Director de Cuenca (PDC), el cual debe contener la visión conjunta de los actores de la cuenca, con el objetivo de promover la articulación y concurrencia de actores e instituciones involucrados en procesos de Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) y del Manejo Integral de Cuenca (MIC), a través de la planificación de acciones e inversiones. La institucionalización de las plataformas parte de la consolidación de su estructura (directorio e instancias) y su operativización permite la consolidación de las siguientes funciones:

- Identificar, proponer y desarrollar acciones para la planificación hídrica en coordinación y concurrencia con los distintos actores de la cuenca que desarrollan actividades de GIRH/MIC.
- Promocionar, concertar y aprobar líneas de investigación y estudios en la cuenca.
- Seleccionar, priorizar y concertar inversiones en GIRH/MIC para su inclusión en un PDC.
- Formular y consensuar un Plan de Acción.
- Realizar el seguimiento y monitoreo de

implementación de un PDC.

En base al "Taller de Lineamientos para la Conformación de Plataforma Nacional y Departamental en Planes Directores de Cuenca", a cargo del Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR), realizado en la ciudad de Cochabamba el 13 de septiembre de 2012, se estableció que el liderazgo a nivel de una Plataforma Interinstitucional y de instancias supeditadas a esta debería estar a cargo de las Gobernaciones correspondientes.

A la fecha, se viene realizando la formulación del Programa Plurianual para la gestión integral de recursos hídricos en Bolivia para el próximo quinquenio (2021 – 2025). Esta formulación viene acompañada de nuevas líneas para la conformación de las Plataformas Interinstitucionales, así como la definición del camino que seguirán las Plataformas ya constituidas para adaptarse a estos nuevos lineamientos. A la fecha, se tiene un marco orientador oficial con base a algunas recomendaciones realizadas por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua-MMAyA sobre los nuevos lineamientos para las Plataformas Interinstitucionales. Asimismo, se tiene una reestructuración interna en el MMAyA para hacer frente a los nuevos retos de la gestión hídrica en Bolivia.

PROCESO DE CONFORMACIÓN

La conformación de la plataforma interinstitucional inició en el año 2021 empleando las directrices disponibles para el proceso de elaboración de planes directores de cuenca dispuestos por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA). Las actividades han presentado diferentes desafíos debido al contexto y avance del sector para la consolidación de este tipo de espacios y herramientas, lo que ha implicado un esfuerzo grande desde el Programa Bolivia WATCH en generar reconocimiento por parte de las contrapartes locales hacia el concepto de plan director de cuenca. El Ministerio de Planificación para el Desarrollo Boliviano (MPD) también ha

identificado estos desafíos en un reciente informe del estado de evaluación nacional¹².

Con relación a la implementación del marco de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) utilizado en un PDC, se procedió de acuerdo con los siguientes cinco pasos:

1. Mapeo de actores y clasificación según Análisis de incidencia/impacto¹³,
2. Elaboración de Estatutos y reglamentación para la Plataforma Interinstitucional,
3. Apoyo en la puesta en operación de las Plataformas,
4. Conformación de un órgano de trabajo proveniente de la Plataforma (Concejo Técnico) que trabaje de forma conjunta con el proyecto en la elaboración de los planes directores de cuenca, y
5. Diagnóstico y desarrollo de una propuesta de una instancia operativa que implemente el plan respectivo en cada una de las cuencas.

El grado de acercamiento e involucramiento de las contrapartes locales (actores) ha sido variado, dependiente de condiciones como su ubicación en la cuenca con relación a la ciudad de Potosí, conexión de internet, y su condición rural y con menor disponibilidad de recursos económicos,

donde los actores que han mayoritariamente han participado pertenecen o son aledaños a las áreas urbanas más relevantes de la cuenca. En todo caso es muy oportuno considerar un estudio complementario en cada región desde el punto de vista de estos dos perfiles (urbano y rural) que permita rescatar y asimilar un procedimiento de trabajo para cada tipo de cuenca, ya que el comportamiento e interacción con el proyecto ha sido claramente diferente, existen factores endógenos y exógenos en las comunidades que influyen en el grado de empoderamiento a procesos de gestión interinstitucional¹⁴, y que para el caso del manejo de ámbito de cuenca tienen que ser necesariamente mapeados para poder consolidar unos lineamientos sectoriales robustos, en nuestro caso esto queda como una lección y experiencia asimilada.

La conformación de las plataformas interinstitucionales pasa por un proceso consultivo sobre el estatuto con un consecuente proceso de retroalimentación. Pasado ese proceso se pasa a reunir a todas las partes interesadas para su aprobación. De acuerdo con lo anterior, se presenta un cuadro resumen de los aspectos más relevantes de la conformación de la plataforma interinstitucional para el PDC Pampa Huari.

Fecha de conformación	Instrumento de validación	Observaciones
23 de abril de 2021	Estatuto, reglamento y acta de la Plataforma	Los actores cuentan con predisposición para acciones mancomunadas en el marco del PDC

Fuente: WATCH 02 (2021)

TABLA 73. RESUMEN DE LA CONFORMACIÓN DE PLATAFORMAS INTERINSTITUCIONAL DE LA CUENCA PAMPA HUARI

¹² Ministerio de Planificación del Desarrollo – Bolivia MPD (2021). Aportes a la planificación integral del estado para el ciclo 2021 - 2025.

¹³ Quijano Samper Pedro. 2009. Mapa de Actores y Escenarios para la Revisión y Actualización de la Política Nacional de Biodiversidad. Universo de actores institucionales y sociales que participan en la gestión de la biodiversidad en Colombia. Pontificia Universidad Javeriana. Instituto de estudios ambientales para el desarrollo - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - Dirección de Ecosistemas. Colombia. 2009

¹⁴ Nacho Mamani Lourdes Graciela (2015). Factores exógenos y endógenos que inciden en la participación comunitaria. Facultad de ciencias sociales, Universidad Mayor de San Andrés (UMSA)

DOCUMENTOS DE ORIENTACIÓN PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LAS PLATAFORMAS E IMPLEMENTACIÓN DE SUS RESPECTIVOS PDC

La puesta en operación de la plataforma interinstitucional de la cuenca Pampa Huari siguió los formatos y lineamientos establecidos por el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego

(Figura 27). Para ello se cuenta con: 1) Estatuto orgánico de la Plataforma Interinstitucional¹⁵, 2) Reglamento¹⁶ y conformación del Concejo Técnico, y 3) Estrategia de financiamiento, Manual de procesos y Reglamentación para el funcionamiento de una Instancia de Gestión Operativa¹⁷ para el PDC.

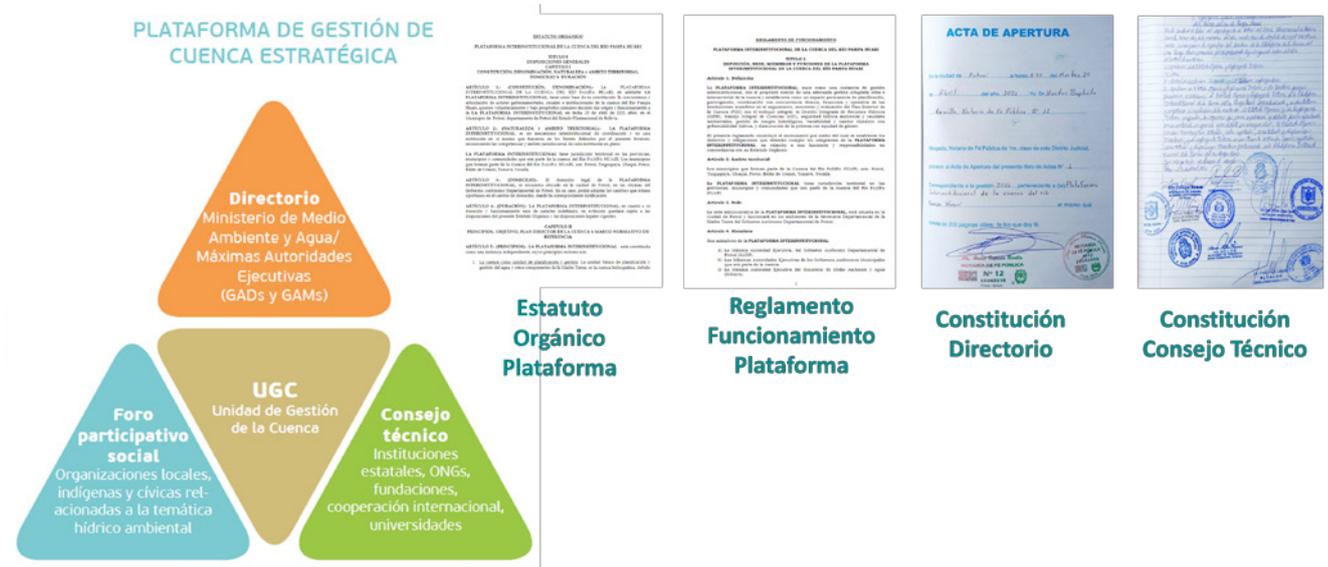


FIGURA 86. CONFORMACIÓN DE LA PLATAFORMA INTERINSTITUCIONAL DE LA CUENCA PAMPA HUARI

ESTATUTO ORGÁNICO

Se focaliza en la carencia de un conocimiento y aplicación concreta de la política de Gestión Integral de Recursos Hídricos por parte de entidades territoriales que participaron en las diferentes actividades. Se debe realizar un diagnóstico sobre este hecho, sin embargo, se puede concluir que el Plan Director de Cuenca, al no ser vinculante desde el punto de vista operativo y presupuestario para los actores, queda a responsabilidad del desarrollador del Plan, para su difusión tanto sobre los beneficios, responsabilidades como consecuencias de la adopción de dicha política. Más allá, el formulador debe diagnosticar, proponer y prever una estructura específica para la sostenibilidad del plan, debido a que el sector cuenta con una guía de lineamientos, no así normativa inter e intra sectorial vinculante e integrada aplicable en la escala territorial subnacional.

La disposición de los actores a participar fue un factor que ayudo en la consolidación de los

estatutos orgánicos, esto también apoya el poder llevar adelante las siguientes fases pendientes.

REGLAMENTACIÓN PARA INSTANCIAS DEPENDIENTES DE LA PLATAFORMA INTERINSTITUCIONAL (CONCEJO TÉCNICO)

También se contribuyó en la elaboración de los documentos para definir reglamentos específicos sobre las responsabilidades, actividades y organización de las plataformas inter institucionales para la cuenca Pampa Huari. Existe una limitación en aspectos relacionados con los alcances y grados de involucramiento de las instituciones que hacen parte del Directorio de la Plataforma, sin embargo, los documentos han considerado algunos aspectos de diagnóstico institucional tanto en cuencas ya intervenidas¹⁸ por el Plan Nacional de Cuencas (PNC) como en los actores identificado en la cuenca Pampa Huari (Figura 87). Por ello, la reglamentación presenta un cierto grado de adecuación a las formas de operación ya practicadas en la cuenca, considerando algunos criterio en temas de fleibilizacion identificados¹⁹ y que se consolidaron como necesarios.

¹⁵ Aprobadas en la cuenca.

¹⁶ El reglamento es un documento interno generado y validado por los actores a pedido del Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR)

¹⁷ La documentación generada para la Instancia de Gestión Operativa tampoco fue validada y socializada a pedido del Viceministerio de Recursos hídricos y Riego (VRHR).

¹⁸ Guadalquivir en la región Sur, Rocha en la zona central, Katari y Poopo en la región del altiplano boliviano.

¹⁹ Investigación Social y Asesoramiento Legal en Potosí (ISALP), 2006

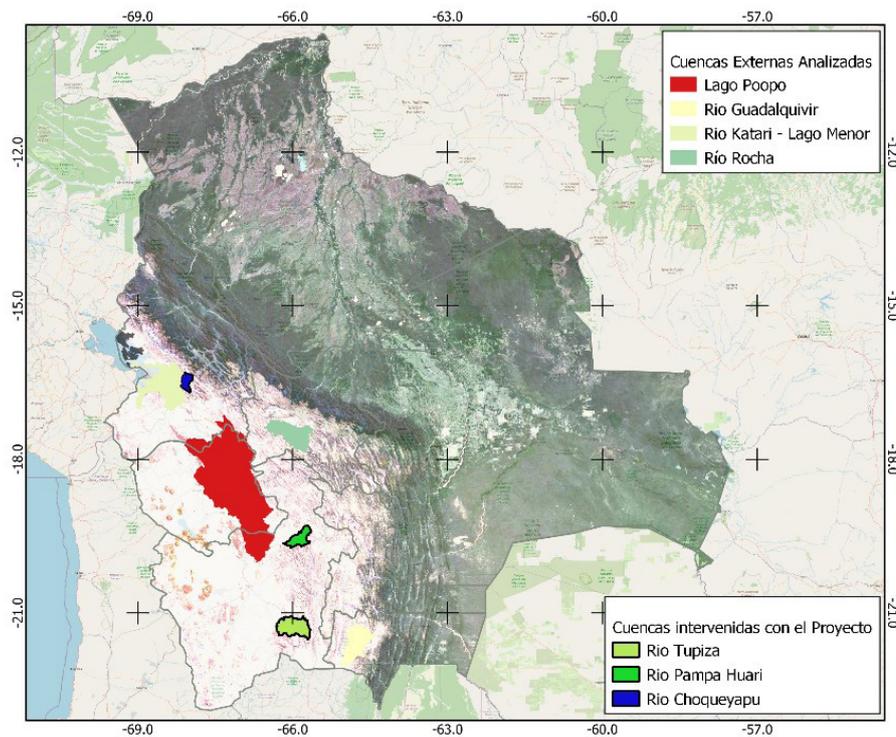


FIGURA 87. CUENCAS INTERVENIDAS POR BOLIVIA WATCH Y CUENCAS ANALIZADAS PARA EL DIAGNÓSTICO INSTITUCIONAL EN EL PROCESO DE CONFORMACIÓN DE PLATAFORMAS INTERINSTITUCIONALES (FUENTE: ELABORADO EN BASE A DATOS DEL MMAyA, 2021)

Si bien los contextos y los grados de avance en la implementación de los planes son diversos, uno de los pasos que queda pendiente es la definición de procedimiento, mecanismo y protocolo por el cual se induce la reglamentación para que los actores desde sus respectivas instituciones apropien los roles acordados para el funcionamiento de la misma plataforma. Los siguientes pasos del proyecto han sido dimensionados en ese sentido, para la realización de un diagnóstico institucional, así como la conformación de una estrategia de financiamiento no solo de las acciones establecidas en los planes, sino también el mantenimiento de las diferentes funciones identificadas para la plataforma interinstitucional en el proceso de elaboración del PDC en la cuenca Pampa Huari. La reglamentación con relación al estatuto orgánico actual disponible en la documentación generada fue aprobada.

La reglamentación para el Consejo Técnico de la plataforma Interinstitucional fue socializada y aprobada a través de una invitación del MMAyA durante el 2021.

INSTANCIA DE GESTIÓN OPERATIVA PARA EL PLAN DIRECTOR DE CUENCA

En la planificación y lineamiento original provisto

para la elaboración de los planes directores asignados al proyecto por parte de MMAyA, se consideraban los diseños y planteamientos de Unidades de Gestión de Cuenca (UGC), para implementar y poner en operación las acciones que sean identificadas en los planes directores en las dos regiones. Debido a la solicitud de MMAyA sobre los lineamientos actualizados del PNC a ser publicados en 2022, se decidió generalizar el ámbito de este componente de la Plataforma y la sostenibilidad de los planes. Sin embargo, el programa adecuó los recursos delegados para proveer en la gestión 2021, 1) Una estrategia de financiamiento operativo para la implementación de los planes directores de cuenca a través de una instancia de Gestión Operativa²⁰ (IGO), 2) Manual de procesos y procedimientos de responsabilidad de la plataforma en cada una de las cuencas para los planes asignados al proyecto, y 3) Reglamento de funcionamiento y operación de la IGO, en términos generales y consecuentes a un modelo único, producto del diagnóstico institucional desarrollado al momento de la conformación del directorio de la plataforma interinstitucional.

Un producto del diseño de esta IGO, estima que se requieren mínimamente 131 000,00 USD/año para el funcionamiento rutinario considerando un

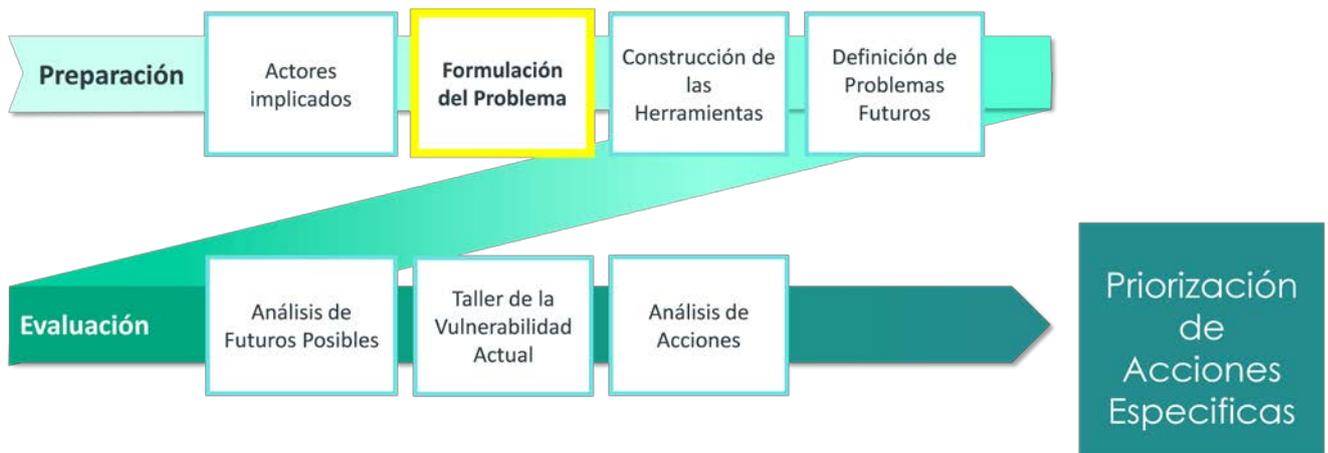
²⁰ La terminología fue modificada para no limitar el alcance del diagnóstico a la estructura original que pone en situación de actualización o reformulación de acuerdo con solicitud del MMAyA

mínimo de actividades de organización a través de la plataforma interinstitucional, así como actividades relacionadas con la recopilación y coordinación técnico/administrativa/jurídica con cada entidad participante de la plataforma. En el caso de cada cuenca se ha establecido un esquema de escenarios para la prestación de contrapartes para alcanzar este monto, también el apoyo del nivel nacional es parte del esquema de los escenarios. La puesta en funcionamiento y disposición del presupuesto a ser implementada según ley 491 del 25 de enero de 2014, pone como herramienta de consolidación del presupuesto de la IGO a la aplicación del convenio Inter

gubernativo.

Anexo A2. Aplicación del marco de Apoyo a las Decisiones Robustas

La aplicación del marco ADR parte de una construcción colectiva (**Figura 88**), de un grupo de representantes de diferentes colectivos de la cuenca, incluidas sus autoridades y técnicos de los gobiernos subnacionales (departamental, municipal) y nacional (MMAyA). La interacción de estos actores permite el diálogo e intercambio de criterios para definir y priorizar problemáticas (**Figura 89**):



FUENTE: SEI, FORNI, 2019

FIGURA 88. ETAPAS DEL APOYO A LAS DECISIONES ROBUSTAS EN EL MARCO DE XLRM

En la etapa de preparación se identificaron a los actores (a partir del diagnóstico generado por el MMAyA previamente, que se complementa con la precisión del trabajo de campo del equipo de SEI), los cuales fueron convocados para que, a partir de sus experiencias, vivencias y percepciones, puedan de forma participativa identificar las incertidumbres o factores que influyen en la gestión y uso del agua, pero que escapan de las manos de los gestores del agua (X) y sus métricas o indicadores (M) para evaluar su desempeño. Este proceso en el ADR se denomina formulación

del problema.

Esta información sobre las X y M percibidos por los actores o partes interesadas de la cuenca, se sistematizan, agrupan y priorizan en los denominados Problemática o Temáticas Centrales (**Figura 89**). Como se aprecia en la **Figura 89** los diferentes grupos de temáticas constituirán los ejes estratégicos y representan a más de un centenar de opiniones de los actores del taller.

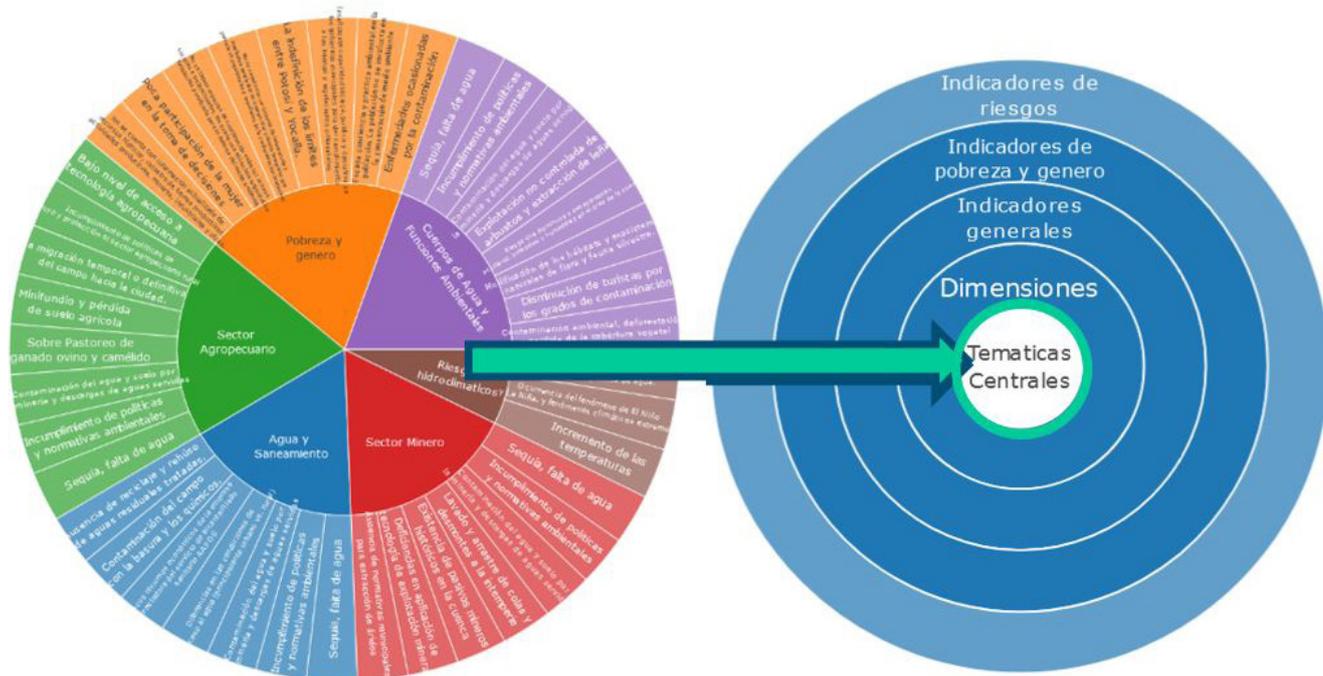


FIGURA 89. PROBLEMAS IDENTIFICADOS CLASIFICADOS EN PROBLEMÁTICAS/TEMÁTICAS CENTRALES

En la etapa de evaluación se definieron los indicadores que permiten precisar las rutas o caminos para llegar a tener una cuenca ideal (definida en la Visión de la cuenca del PDC). Por tanto, se analizaron los posibles futuros

y de forma participativa, nuevamente con las partes interesadas se analizó la vulnerabilidad de la cuenca que es causada por los problemas agrupados (Figura 90).

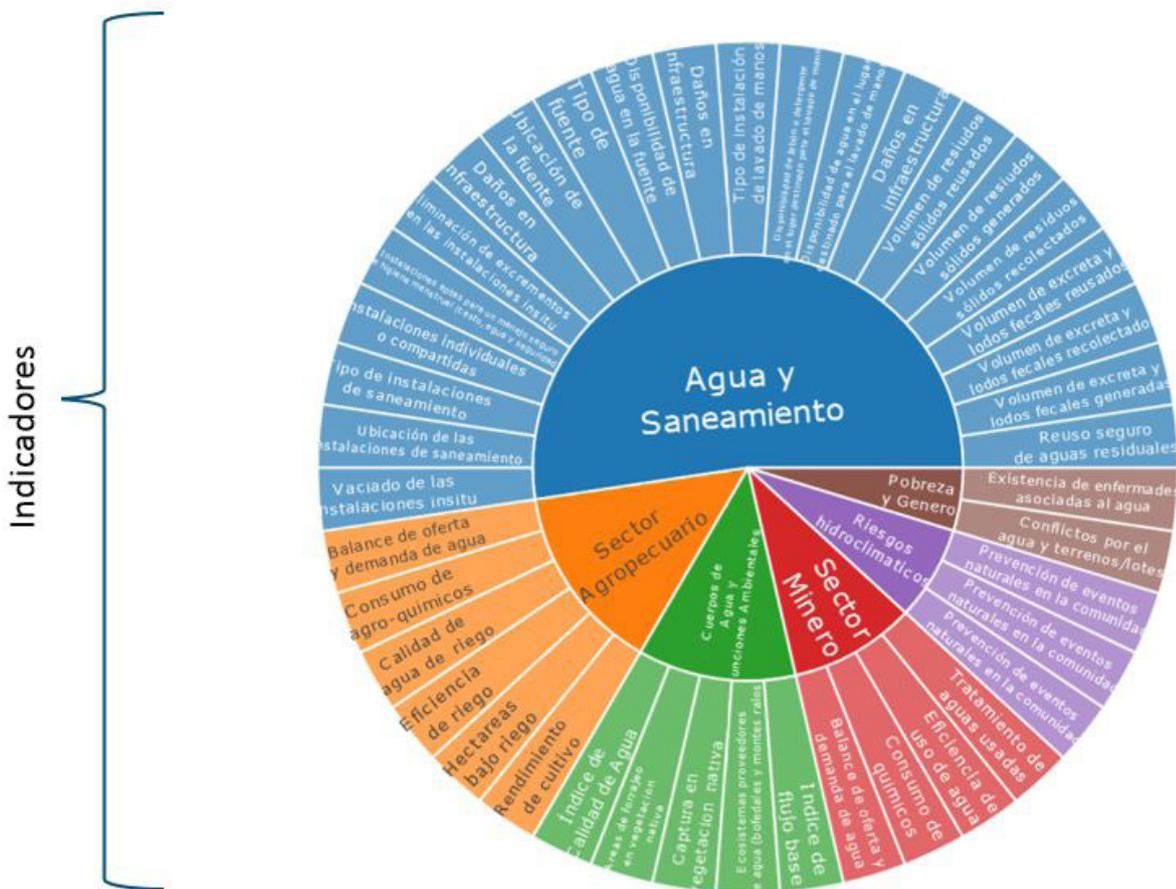


FIGURA 90. INDICADORES QUE PERMITEN EVALUAR LA VULNERABILIDAD DE LA CUENCA A PARTIR DE TEMÁTICAS CENTRALES

Anexo A3. Representación de la gestión del agua en la cuenca basada en WEAP

**EL MODELO DE LA CUENCA
HIDROLOGÍA Y DATOS DE ENTRADA**

La simulación de la hidrología se realizó con el modelo "Soil Moisture" de WEAP (Yates et al., 2005²¹), 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 cual 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 91) con formato compatible con WEAP.

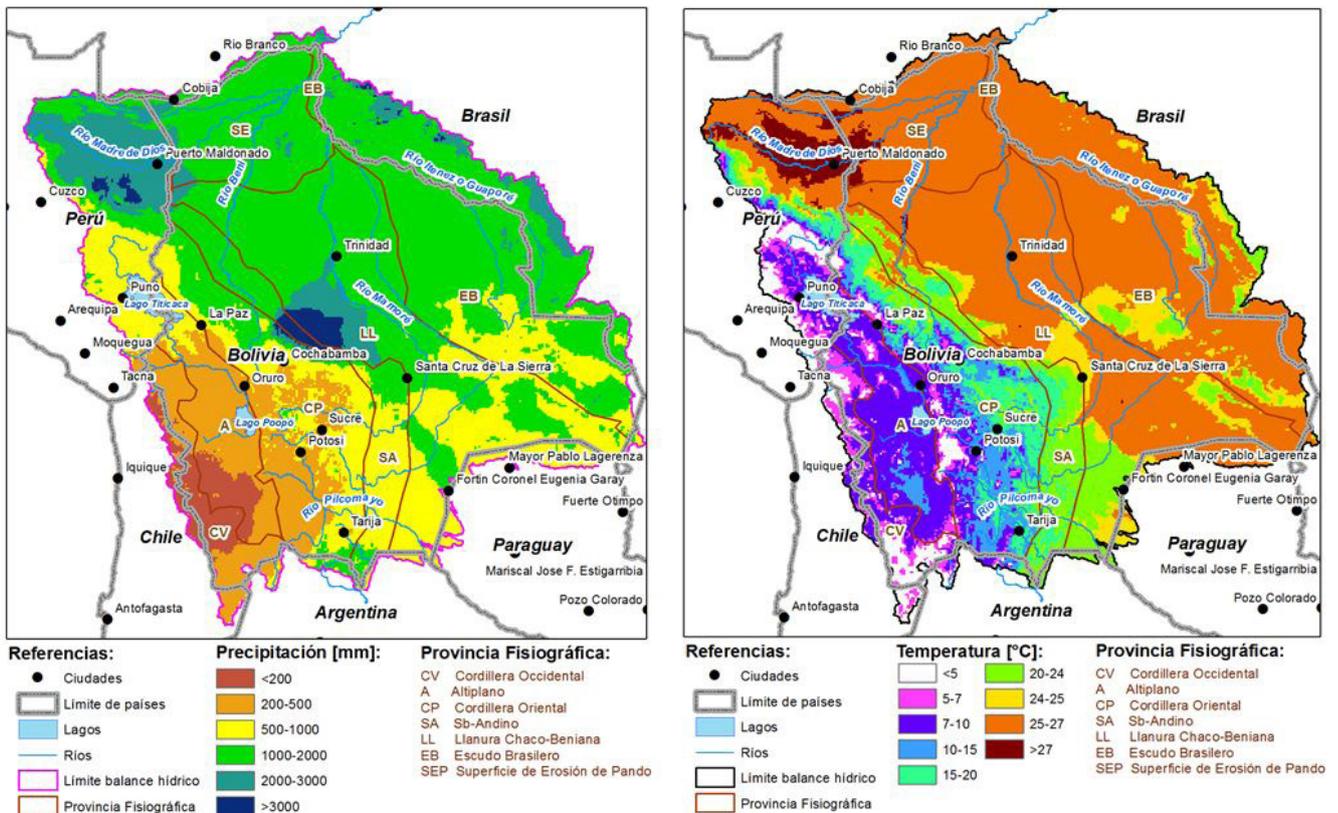


FIGURA 91. PRODUCTO GRILLADO DE GMET BOLIVIA A UNA RESOLUCIÓN ESPACIAL DE 0.05° Y UNA RESOLUCIÓN TEMPORAL DIARIA

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 apropiada parametrización y calibración del modelo hidrológico "Soil Moisture".

la Figura 91). 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. Para más información consultar la Memoria técnica del mapa de cobertura y uso actual de la tierra en la cuenca Pampa Huari (WATCH, 2021).

En el marco de la formulación del PDC, se generó un mapa de cobertura y uso de la tierra a escala 1:100,000 a partir de la clasificación de imágenes Sentinel y posterior validación en campo de las clases generadas (margen izquierda de

Para simplificar la representación de la cobertura y uso de suelo en el modelo WEAP, se unieron algunas categorías que presentan características similares, generando una capa mosaica con las categorías que se muestran en la Tabla 74.

²¹ Yates, D., Sieber, J., Purkey, D., & Huber-Lee, A. (2005). WEAP21—A Demand-, Priority-, and Preference-Driven Water Planning Model. *Water International*, 30(4), 487-500. <https://doi.org/10.1080/025080605008691893>

N°	Categorías Originales	Categorías Unidas
1	Agricultura bajo riego	Agricultura bajo riego
2	Agricultura de secano	Agricultura de secano
3	Bosque o Monte Ralo Andino Montano Semiárido	Bosque o Monte Ralo Andino
4	Bosque o Monte Ralo Andino Subpuna Semiárida	
5	Cuerpos y Cursos de Agua: Lagos, Lagunas, Embalses, Estanques de decantación o Sedimentación, Ríos y Arroyos	Cuerpos y Cursos de Agua: Lagos, Lagunas, Embalses, Estanques de decantación o Sedimentación, Ríos y Arroyos
6	Depósitos de Arena Playas y Dunas	Depósitos de Arena Playas y Dunas
7	Derrumbes o Deslizamientos Erosivos, Cárcavas	Derrumbes o Deslizamientos Erosivos, Cárcavas
8	Estructura urbana y rural ciudades y pueblos	Estructura urbana y rural ciudades y pueblos
9	Herbazal Graminoide Vivaz Bofedal Puneño	Herbazal Graminoide Vivaz Bofedal Puneño
10	Herbazal Graminoide Vivaz Puna Altoandina Árida	Herbazal Graminoide Vivaz Puna Altoandina Árida
11	Vegetación Dispersa Vivaz en arenales Puna Semiárida	Vegetación Dispersa Vivaz en arenales, pedregales y playas salinas
12	Vegetación Dispersa Vivaz en pedregales Puna Altoandina Semiárida	
13	Vegetación Dispersa Vivaz en playas salinas Puna Árida	

TABLA 74. RESUMEN DE PROCESO DE UNIÓN DE CLASES DE COBERTURA Y USO DEL SUELO

El mosaico de la capa de la cobertura y uso de suelo fue transformada a formato NetCDF para ser incorporado en WEAP donde a cada categoría

se le fue asignado un valor, como se muestra en la **Tabla 75**.

Valor	Cobertura
1	Agricultura bajo riego
2	Agricultura de secano
3	Bosque o Monte Ralo Andino Subpuna Semiárida
4	Cuerpos y Cursos de Agua: Lagos, Lagunas, Embalses, Estanques de decantación o Sedimentación, Ríos y Arroyos
5	Depósitos de Arena Playas y Dunas
6	Derrumbes o Deslizamientos Erosivos, Cárcavas
7	Estructura urbana y rural ciudades y pueblos
8	Herbazal Graminoide Vivaz Bofedal Puneño
9	Herbazal Graminoide Vivaz Puna Altoandina árida
10	Vegetación Dispersa Vivaz en pedregales Puna Altoandina semiárida

TABLA 75. RESUMEN DE CLASES DE COBERTURAS Y VALORES EN EL MODELO WEAP

El mapa geológico en escala 1:75.000 generado en el marco del Programa Bolivia WATCH y sus correspondientes características litológicas (Figura 8), resultaron útiles para la caracterización de algunos parámetros como la conductividad hidráulica del suelo y la percolación. Tres grupos de unidades geológicas resultaron relevantes para la calibración hidrológica por su predominio en la zona. Estos son formaciones de la Era Paleozoica, formaciones de intrusivo ígnea de la Era Cenozoica y colas de lavas pertenecientes tanto a la Era Cenozoica como a la Era Mesozoica.

DEMANDA DE AGUA

En términos de demanda de agua, se consideró el consumo en las comunidades y riego agrícola. La minería es otra actividad que cuenta con un importante uso del agua en la cuenca, sin embargo, no fue posible caracterizar la demanda debido a la escasa información disponible. En el caso

de consumo en hogares, se tuvieron en cuenta tanto las comunidades (zona rural) como la zona urbana. La información fue recopilada tanto desde las instituciones que operan el servicio de agua en la ciudad de Potosí (Administración Autónoma Para Obras Sanitarias-AAPOS) como en trabajo de campo para relevar información de suministro de agua para uso doméstico como riego agrícola. Los datos considerados para caracterizar la demanda y suministro de agua para consumo humano 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. En términos generales, las demandas de agua en los sistemas de riego agrícola se representaron empleando información del censo agrícola relacionado área de cultivo, porcentaje de

cultivos y de categorías por comunidad, así como coeficientes de cultivos tradicionales con sus respectivos calendarios agrícolas y las fuentes de información secundaria. Finalmente, se generaron valores de coeficientes de cultivos por categoría de cultivo, las cuales fueron asociadas a zonas con cobertura agrícola bajo riego en WEAP (Figura 92).

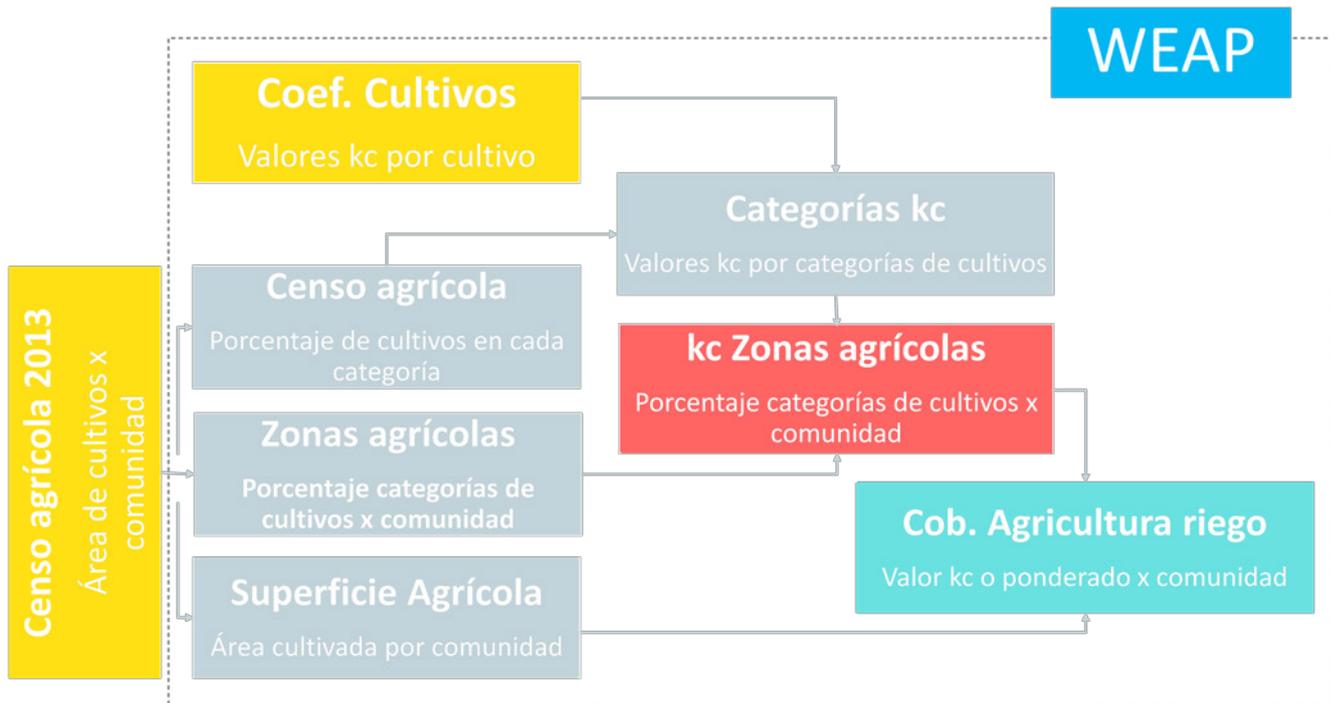


FIGURA 92. RESUMEN DEL FLUJO DE TRABAJO PARA GENERAR VALORES DE COEFICIENTES DE CULTIVOS POR ZONAS AGRÍCOLAS

TRANSFERENCIA DE AGUA DESDE OTRAS CUENCAS

En Pampa Huari se identificaron transferencias de agua para el abastecimiento de las diferentes actividades que tienen lugar en la cuenca. En este sentido, se representaron, por un lado, los trasvases de las cuencas Kari Kari para alimentar el sistema de aducción de la ciudad de Potosí; y, por otro lado, se representó la aducción de la toma del río San Juan. Adicionalmente, se incluyeron potenciales trasvases de proyectos de corto, mediano y largo plazo como lo son la aducción de Tacora, Tayacolque, Sijllawiri, proyecto Multipropósito Paranturi, y aducciones del Pilcomayo. En el modelo se representan de color naranja y se identifican cerca de 31 líneas de conexión.

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. Sin embargo, no se representó alguna conexión a aguas subterráneas. Las conexiones de vertientes u ojos de aguas salen directamente del río.

Anexo B. Vulnerabilidades priorizadas en la cuenca

Anexo B1. Funciones Ambientales

La metodología empleada para identificar unidades hidrográficas susceptibles a degradación de sus funciones ambientales parte de una priorización de acuerdo con diferentes atributos que presentan estas. La priorización de cuencas o unidades hidrográficas se genera de un análisis espacial multicriterio como un instrumento para la evaluación de distintas posibilidades que permitan la priorización de áreas susceptibles a la aplicación de medidas de manejo, conservación y desarrollo. Esto implica que se considere una serie de atributos, que pueden tener o no una relación directa con la cuenca, en términos de aspectos biofísicos, hidroclimáticos, ambiental y riesgos, socioeconómicos,

infraestructura/proyectos, entre otros (**Tabla 76**). De manera que, se estandariza esta 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 (componentes, variables y unidades) a utilizar en la metodología de priorización se requiere un proceso de consulta y discusión con un equipo multidisciplinario.

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
Riesgos	Helada	Categorías de nivel de riesgo
	Sequía	Categorías de nivel de riesgo
	Inundación	Categorías de nivel de riesgo
Ambiental	Contaminación minera	Presencia de acciones contaminantes
	Concesiones mineras	Presencia de concesiones mineras
	Calidad del agua	Niveles de calidad del agua
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 76. CRITERIOS UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE PRIORIZACIÓN DE MICROCUENCAS DE LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI

A partir de la matriz de componentes, variables y unidades se realiza una asignación y ponderación de valores a cada variable con el fin de priorizar las cuencas con mayores valores (Figura 93). 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. Para más información consultar la Propuesta de acciones de manejo integral de cuencas (MIC) en

la cuenca del río Pampa Huari (WATCH 08, 2021).

PRIORIZACIÓN DE LAS MICROCUENCAS

El primer mapa reclasificado presenta valores numéricos entre 237 y 297, resultantes de la suma de los 25 mapas ponderados, tal como se muestra en la Figura 94. Se puede observar que los valores más elevados corresponden a zonas donde existe mayores condiciones en cuanto a vinculación, población, educación, servicio. Luego se generaron niveles de priorización (Bajo, Medio, Alto y Muy Alto).

Posteriormente, la cuenca del río Pampa Huari fue delimitada y clasificada en su interior en 49 microcuencas de nivel 6 y 7 (método Pfafstetter), cuya delimitación y clasificación fue la base para determinar las unidades hidrográficas priorizadas, donde se aplicó el método de análisis multicriterio.

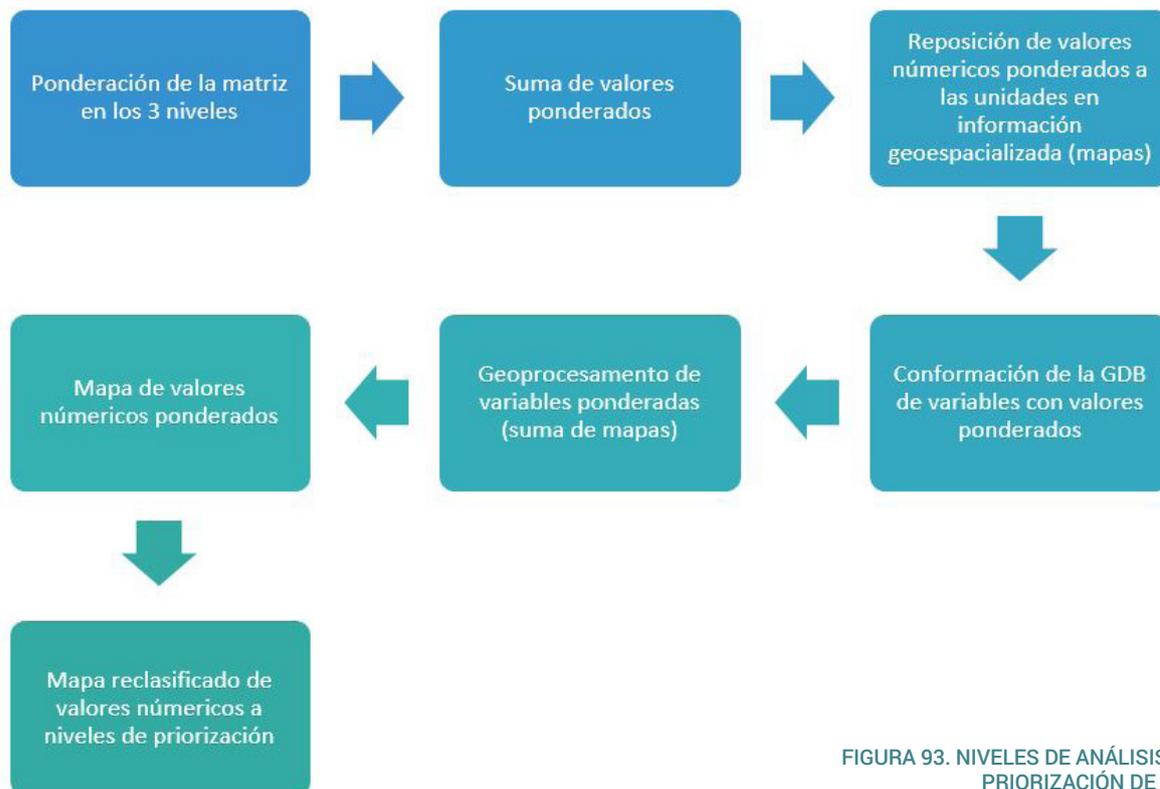


FIGURA 93. NIVELES DE ANÁLISIS PARA LA PRIORIZACIÓN DE CUENCAS

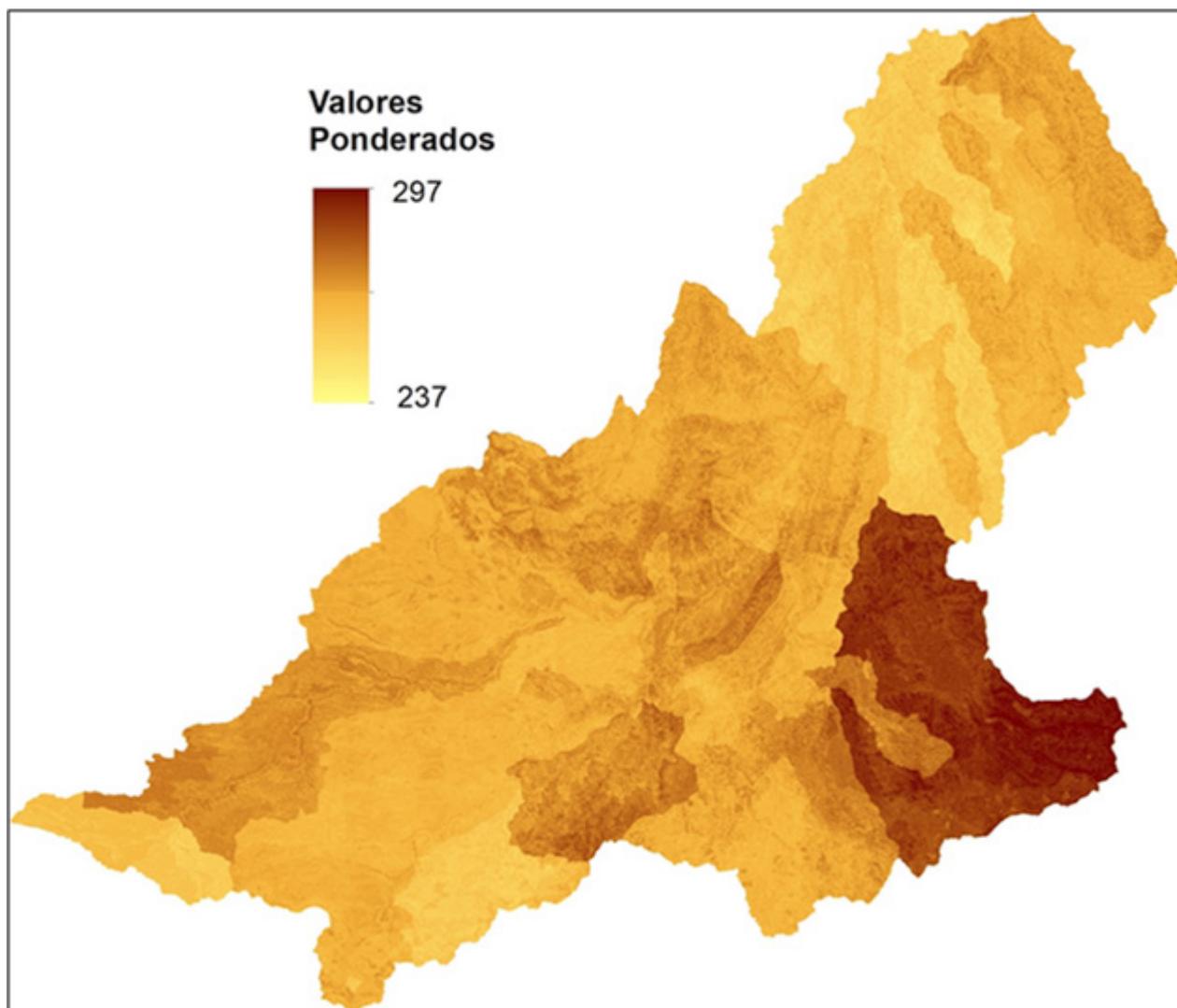


FIGURA 94. VALORES PONDERADOS DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE MANEJO, CONSERVACIÓN Y DESARROLLO DE DEGRADACIÓN EN LA CUENCA RÍO PAMPA HUARI

Con la implementación de este análisis multicriterio para la priorización de las microcuencas, se logró identificar y espacializar niveles de priorización en 49 microcuencas donde de mayor a menor se tienen 25 microcuencas de nivel Medio, seguido de 18 microcuencas de nivel Alto, 4 microcuencas de nivel Bajo y 2 de nivel Muy Alto. Los mayores niveles de priorización han sido influenciados por el componente biofísico y sus correspondientes variables (especialmente suelos, cobertura y uso, vegetación), cuyos valores de ponderación y número de variables son las más elevadas en la matriz de ponderación. También se encontró que los valores más elevados y extremos, se concentran y son muy influenciados por la ciudad de Potosí que resulta ser el centro poblado más grande en la cuenca.

A partir del proceso de socialización y concertación social de la priorización técnica resultante del análisis multicriterio, se priorizaron 7 unidades hidrográficas que corresponden a 3 municipios (Potosí, Yocalla y Belén de Urmiri). 5 unidades hidrográficas (12, 25, 26, 28 y 30) fueron agrupadas ya que éstas tienen colindancia geográfica, continuidad de la red hídrica y una extensión de 92.38 km² (superficie inferior a lo indicado en el Programa Plurianual de GIRH y MIC 2017 – 2020 para promover la implementación de proyectos de GIRH y MIC a nivel de microcuencas). En la Tabla 77 se relacionan las 3 unidades hidrográficas finales que fueron priorizadas en la cuenca Pampa Huari (UH Kari Kari, UH Santa Lucia y UH Villacollo).

N°	Unidades hidrográficas		UH Concertada	Superficie (km ²)	Rango de altitud (msnm)	Municipio
	Microcuenca	UH				
1	Río Villacollo	13	Villacollo	76.60	3,860-4,695	Urmiri-Yocalla
2	Río Santa Lucia	12	Santa Lucia	92.38	3,470-4,835	Yocalla
3	Río Pampoyo	25				
4	Río Ingenio Mayu Baja	26				
5	Río Ingenio Mayu Alta	28				
6	Río Pampa Huasi Mayu	30				
7	Río San Antonio	35	Kari Kari	90.63	3,610-5,070	Potosí

TABLA 77. PRIORIZACIÓN DE MICROCUENCAS EN EL PROCESO DE CONCERTACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI

El trabajo de socialización y concertación se realizó con la parte técnica de los municipios de Potosí, Yocalla y con la Gobernación de Potosí. En esta concertación también se planteó un orden de prioridad de intervención en la cuenca del río Pampa Huari, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Prioridad 1 Microcuenca Kari Kari: Protección de las fuentes de agua para la población de Potosí
- Prioridad 2 Microcuenca Santa Lucia: Reversión

de procesos de erosión, mejora de la gestión del agua para producción. Cuenca modelo pedagógica.

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

En la Figura 95 se presenta el mapa de unidades hidrográficas priorizadas y concertadas.

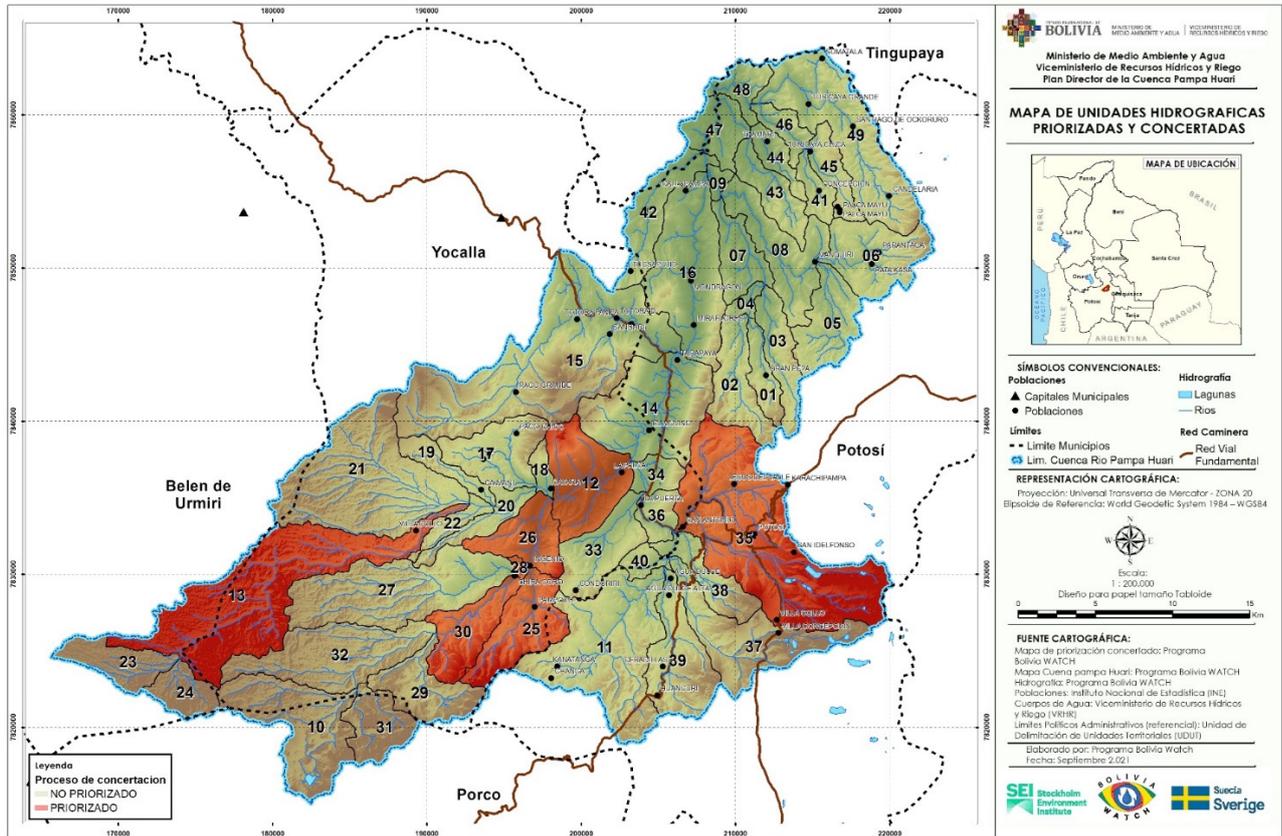


FIGURA 95. MAPA DE PRIORIZACIÓN DE MICROCUENCAS EN EL PROCESO DE CONCERTACIÓN PARA LA CUENCA DEL RÍO PAMPA HUARI

Anexo B2. Género y pobreza

Las entrevistas fueron realizadas en los meses de agosto y septiembre de 2021. Algunas de las entrevistas fueron realizadas vía telefónica, previamente a las entradas a campo (mes de julio), o en el caso de no haber podido ser aplicadas en campo. La guía de entrevista consta de 45 preguntas que recogen información general de la comunidad, acceso a propiedad y educación, actividades productivas, agua para uso doméstico, agua para riego, saneamiento y manejo de basura, minería, amenazas naturales, problemas y demanda de proyectos, participación de la mujer en la estructura organizativa de la comunidad y grupos marginados en el acceso a los servicios de agua y saneamiento, y actividades productivas (ver guía con las preguntas de la entrevista para mayores detalles). La entrevista abierta fue aplicada en un total de 42 comunidades pertenecientes a los municipios de Yocalla, Potosí y Tinguipaya. No se pudo realizar las entrevistas a cuatro comunidades que presentan actividades mineras, Huancarani, Pampoyo, Paitaca y Chiracoro, en el Municipio de Yocalla. Para mayores detalles sobre los resultados para el tema de género y equidad, consulte la guía con las fichas de las comunidades entrevistadas.

Se realizaron entrevistas a mujeres identificadas como lideresas de cada comunidad, las mismas se llevaron a cabo de manera individual y en algunos casos de manera grupal, con la participación de varias mujeres, como es el caso de las comunidades de Sangari, Manquiri, Tucsapujio y Parantaca. En las entrevistas grupales se obtuvo mayor riqueza en la información y descripción de la situación de las comunidades, debido a que, en algunos casos, las entrevistadas (individualmente) no conocían todas las secciones de las comunidades, por lo que cada lideresa aportó desde su perspectiva.

Las participantes de las entrevistas fueron todas mujeres en el rango de edad entre 28 y 70 años, cuyos cargos o roles fueron: Corregidora, Mama Talla (Curaca o Mayora), Alcaldesa, Sindicato Agrario, Comité de Agua, Sub Central Totorá, Subcentral Iscumayu, Concejal Municipio de Yocalla, Secretaría de Hacienda, Comunaria de base, Bartolina Representante de las Federaciones de Mujeres Campesinas de Bolivia "Bartolina Sisa", Vocal, Femenina (cargo de las mujeres que se dedican a cocinar para las visitas) directiva del Centro de Madres, Comité de Apoyo al Comité de Agua (Personas Escogidas en Asamblea), Portera (Colegio), Secretaría de Hacienda, Colaboradora

del Alcalde Comunal, Agente Comunal y ex autoridades.

Las lideresas en su totalidad hablan el idioma quechua, y así también la mayoría hace el uso del idioma español. Se presentaron casos en los que las lideresas de mayor edad hablaban únicamente quechua, por lo cual fue necesaria la presencia de un traductor. Esta situación se dio, por ejemplo, en las comunidades de Santa

Lucía, Agua Dulce Alta, Mondragón, Santiago de Ockoruro y Cayara. El perfil de las mujeres entrevistadas corresponde en su mayoría con una identificación étnica quechua; por otro lado, se pudo observar que la mayoría de las lideresas tienen un nivel de educación a nivel primario (**Figura 96**). A continuación, se presentan los resultados resumidos por dimensión del Marco de SIDA.

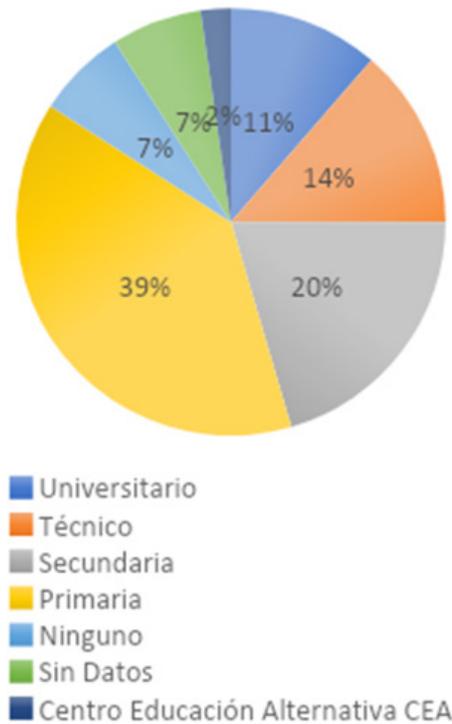


FIGURA 96. NIVEL DE ESCOLARIDAD DE LAS LIDERESAS ENTREVISTADAS EN LA CUENCA PAMPA-HUARI.
FUENTE: ENTREVISTAS DE CAMPO REALIZADAS 2021

RECURSOS

Las comunidades poseen fuentes de agua para consumo provenientes de vertientes o pozos, pero en algunos casos son caudales reducidos, lo cual cubre necesidades de consumo y en algunos casos no de higiene. El agua de las fuentes también se emplea de uso compartido, ya sea entre dos o más comunidades, lo que genera inseguridad en la comunidad que depende del aprovisionamiento del agua, o entre comunidad y empresa.

Uno de los recursos hídricos en la Cuenca que está asociado al turismo son las aguas termales que tienen diferentes comunidades entre Tarapaya y Miraflores, principalmente, las que una vez utilizadas van en descarga al río principal que recibe el mismo nombre de las comunidades por donde pasan. Esta actividad puede convertirse en una actividad de ecoturismo para tener un adecuado manejo de estas, ya que tiene

actualmente un aprovechamiento económico directo por el flujo de visitantes.

Otro tema clave para la dimensión de "Recursos" son los **pagos por el agua a nivel de comunidad y la necesidad de recolección del agua**. El pago por el agua en promedio es menor a 10 Bs por mes en las comunidades, desde un mínimo de 2 Bs. En algunos sectores el pago es mayor, dado que las distancias de las secciones de las comunidades están alejadas y requieren un costo de transporte. El mapa a continuación (**Figura 97**) trae la información sobre cuáles comunidades pagan por el uso del agua.

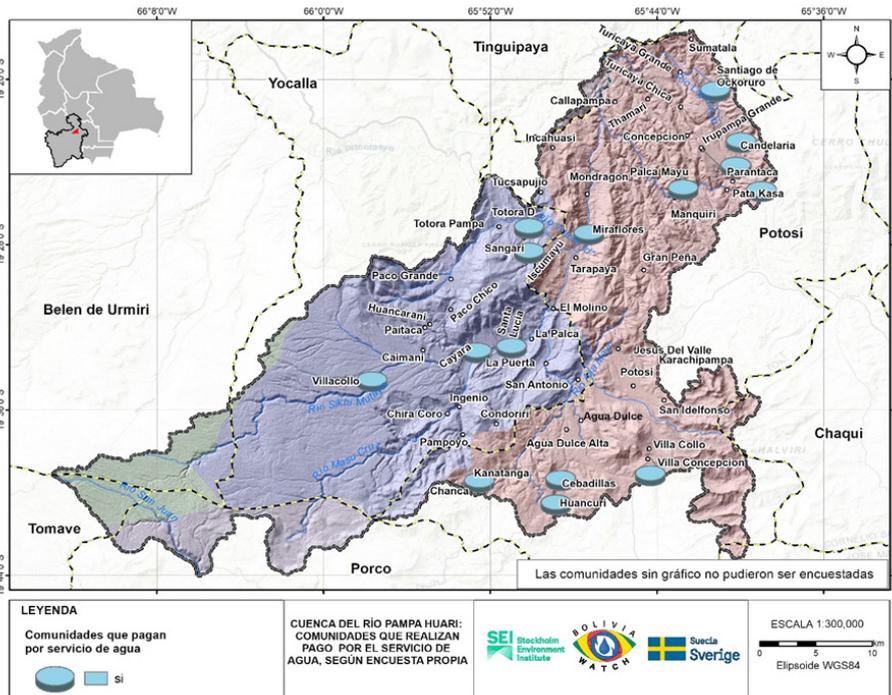


FIGURA 97. COMUNIDADES QUE REALIZAN PAGO POR EL SERVICIO DE AGUA, SEGÚN ENCUESTA PROPIA (2021), EN LA CUENCA PAMPA-HUARI

El costo que representa para algunas familias viviendo en sectores alejados, mediante el pago a cisternas para llevar el suministro, es más elevado que en sectores que se tienen sistemas de distribución con conexión domiciliaria, afectando a la economía de los más vulnerables. En las comunidades independientemente del pago por el agua, se realizan trabajos comunales de mantenimiento e las que participan hombres y mujeres en este trabajo, de forma que se organiza con sus autoridades comunales en realizar esta tarea una vez al año o cuando tienen afectaciones en sus sistemas de agua o de riego.

Un ejemplo de marginalidad social por el pago del agua es la Comunidad de Santiago de Ockoruro, en la que el agua se provee a través de cisternas, teniendo costos elevados por el transporte, y no es una garantía el acceso por lo que las personas del sector Ockopata deben realizar recolección del agua, empleando varias horas a esta tarea, ya que la fuente cercana disponible (pozo) tiene una calidad no apta para consumo humano. La Figura 98 ilustra las comunidades que hacen la recolección del agua, así como el tiempo destinado a esa actividad.

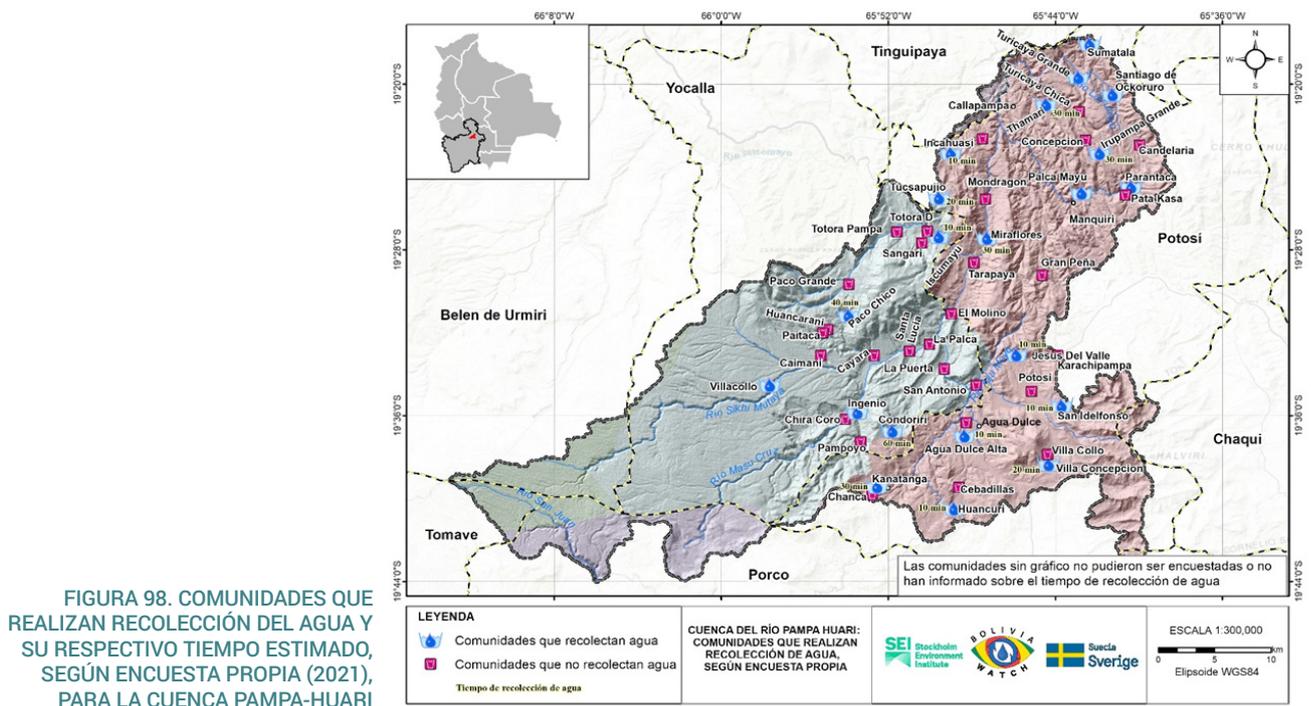


FIGURA 98. COMUNIDADES QUE REALIZAN RECOLECCIÓN DEL AGUA Y SU RESPECTIVO TIEMPO ESTIMADO, SEGÚN ENCUESTA PROPIA (2021), PARA LA CUENCA PAMPA-HUARI

Desde el punto de vista de los recursos económicos, en la Cuenca Pampa-Huari se tiene actividad minera metálica y no metálica (Piedra Caliza), y se tienen infraestructuras de presas de colas en las áreas periurbanas de la ciudad de Potosí, que podrían representar un riesgo fisicoquímico Cuenca abajo en caso de fallas.

En la Cuenca Pampa Huari, se encuentra la Presa de Dique de Colas en San Antonio, que recibe los desechos de 29 ingenios, tiene residuos que son generadores de DAR (Drenaje Ácido de Roca). Los "diques de colas" son reservorios donde se depositan los lodos de diversa composición, con elevadas concentraciones de metales pesados y otros tóxicos, que constituyen el desecho de la actividad minera, antes de la descarga del efluente hacia un curso de agua. Es decir, constituyen una suerte de pre-tratamiento de la mezcla efluente. La construcción de diques de colas surgió como una necesidad para disminuir el impacto

contaminante de la descarga del efluente sobre los cursos de agua receptores. Su eventual falla puede producir tanto situaciones de emergencia como efectos de más largo plazo. La evaluación del análisis de riesgo estructural de fallas de la presa de San Antonio arroja un valor de 2.69, que significa un riesgo moderado, según el estudio "Actualización de los estudios de funcionamiento de las presas de colas en la Alta Cuenca del Río Pilcomayo", de la Consultora Orozco (2012). En 2015, se ocasionó un rebalse por la obstrucción en un canal que lleva las colas hacia el dique de San Antonio.

La actividad minera, a pesar de sus riesgos socioambientales, se presenta como una actividad económica en la que participan tanto los hombres cuanto las mujeres (Figura 99). En el mapa a la continuación, se presenta la información de comunidades donde hay actividad minera (Figura 100).

FIGURA 99. HOMBRES Y MUJERES PARTICIPANDO EN ACTIVIDADES MINERAS EN LA CUENCA PAMPA HUARI

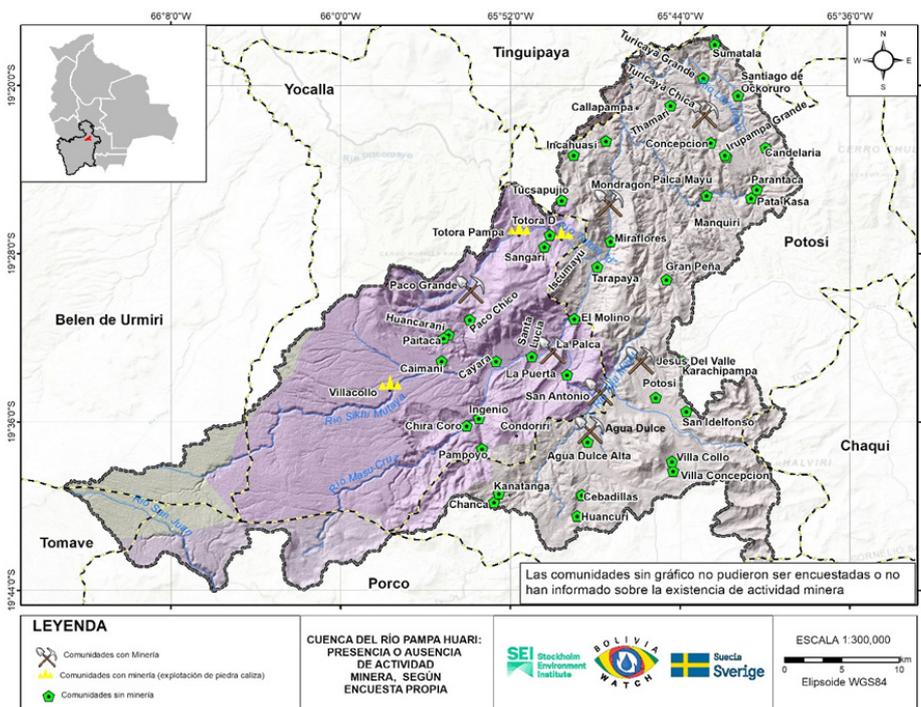


FIGURA 100. PRESENCIA O AUSENCIA DE ACTIVIDAD MINERA A NIVEL DE COMUNIDAD, SEGÚN ENCUESTA PROPIA (2021)

A continuación, se presentan los mensajes clave de la dimensión de "Recursos" para las comunidades encuestadas de la Cuenca Pampa-Huari:

- **Acceso a agua para consumo:** en las comunidades sigue habiendo un desabastecimiento de agua para el consumo, lo cual lleva muchas veces a actividades de recolección de agua.

- **Actividades de recolección de agua:** la mujer sigue teniendo un rol importante al proveer alimentos, hacerse cargo de tareas relacionadas al hogar, por lo cual debe participar en la actividad de recolección de agua.

- **Nivel de formación educacional de las mujeres:** la mayoría de las mujeres alcanza el nivel de educación primaria, en menor cantidad el nivel secundario-bachiller. Solamente algunas son las que logran una formación superior (nivel técnico o universitario). Las lideresas que participaron de las entrevistas, en su mayoría, tienen solamente una formación en primaria (entre los ciclos de 1ro y 5to de primaria) o no tuvo ningún tipo de educación. Tienden a ser mayores en cuanto a edad (mayores de 40 años).

- **Actividad minera:** aunque existan riesgos socioambientales, las comunidades de Pampa-Huari tienen la minería como una actividad económica en la cual participan tanto los hombres cuanto las mujeres.

OPORTUNIDADES Y ELECCIÓN

La participación en espacios de toma de decisiones de las mujeres en la Cuenca todavía requiere de procesos de promoción de paridad de género. Las oportunidades económicas para las mujeres también son diferentes a la de sus pares, reduciendo la remuneración por trabajos productivos, a pesar de que constituyen una fuerza laboral dentro de la Comunidad, y del hogar no remunerado. Las mujeres suelen asumir un rol doméstico a nivel familiar, pero tampoco reconocen sus actividades como "trabajo", aunque durante todo el día desempeñan actividades laborales en el hogar y también realizan la recolección del agua.

La actividad agrícola en la mayoría de las comunidades es de subsistencia, y pocos excedentes que se comercializan, en general sin precio justo para productores. Las mujeres juegan un rol fundamental en la provisión del agua, para las actividades domésticas de cuidado que desempeñan (alimentación de la familia, limpieza), así como de la gestión y protección del agua de fuentes de agua para consumo o riego. A nivel familiar también se encargan de

la búsqueda de fuentes de agua para consumo de los animales. En términos de oportunidades económicas, las mujeres podrían acceder a fondos financieros específicos para temáticas de género y agua, pero no fueron identificados proyectos postulados por las mujeres de las comunidades, tampoco procesos de capacitación en temáticas relacionadas a la GIRH y MIC.

A continuación, se presentan los mensajes clave de la dimensión de "Oportunidades y Elección" para las comunidades encuestadas de la Cuenca Pampa-Huari:

- **Acceso a la salud:** no todas las comunidades tienen posta o centro de salud. Se hace uso de la medicina tradicional o se va al centro de salud más cercano en otra comunidad o en la ciudad de Potosí. Si es que se tiene posta de salud, en algunos casos el médico o enfermero/a no se encuentra a tiempo completo. Se suelen realizar visitas a las comunidades, cuyos tiempos pueden variar entre una vez a la semana, una vez cada dos semanas.

- **Acceso a la educación:** las mujeres que tienen formación (técnica y universitaria) tiene mayor vinculación a procesos de participación en la toma de decisiones de la comunidad. Antes, solamente existía la educación hasta 3ro primaria y las mujeres sólo podían estudiar hasta ese grado. En el caso de los hombres, reciben una mayor educación y habilidades debido a participación en roles de autoridad en la comunidad u otras instituciones.

- **Acceso a saneamiento básico:** la mayoría de las comunidades realiza defecación a campo abierto. Algunos tienen pozo ciego y en casos únicos como Mondragón, San Antonio, Jesús Valle, tienen sistema de alcantarillado. Al no tener sistemas de saneamiento básico se restringe la posibilidad de ir al "baño" en las noches. Procuran realizar sus necesidades antes de que anochezca.

- **Participación:** las mujeres ven reducidas sus oportunidades de participación a espacios de reuniones sobre temáticas del agua por el tiempo que dedican a sus actividades del hogar y en especial la ganadería.

- **Propiedades:** en algunas comunidades el saneamiento de tierras (Títulos de Propiedad) no es equitativo. Por ejemplo, en la Comunidad Condoriri: si son cinco hijas mujeres, sólo dos pueden tener título; en cambio si fueran cinco hijos varones, los cinco tienen asegurada su titulación.

La **Figura 101** ilustra una de las actividades ejercidas por las mujeres en las comunidades de la cuenca Pampa Huari.



FIGURA 101. MUJER PASTORA

PODER Y VOZ

En lo que respecta a participación política, existen antecedentes de funciones de liderazgo en el Municipio de Yocalla, en el que se ha tenido una alcaldesa mujer en el periodo.

A partir de la encuesta, se identificaron barreras para las mujeres, que limitan su participación, en cuánto al tiempo que disponen para asistir a las reuniones, y espacios de decisión por sus roles a nivel familiar, por ejemplo, la recolección del agua, cuidado de los niños, adultos mayores, preparado de alimentación, gestión de la basura, limpieza del hogar.

En cuanto al nivel productivo, las mujeres realizan actividades agrícolas de preparación de la siembra junto a su familia, participan del riego, cosecha y en algunos casos también acompañan en actividades mineras, y el cuidado de los animales, pastoreo, provisión de agua. En lo comunal, las mujeres participan junto a sus pares en asumir

el rol de autoridades, es decir los cargos son compartidos por sus usos y costumbres como pareja. En los casos que la mujer sea viuda, es acompañada por un hijo.

En otros espacios de participación, para las mujeres la educación y el idioma pueden convertirse en unas barreras que limitan su acceso a espacios de participación. En las encuestas, fueron identificadas 6 mujeres participando en los comités de agua. Aunque sea representativa, esa cifra aún es pequeña, indicando la necesidad de mayor empoderamiento de las mujeres para fortalecer las capacidades en liderazgo para la toma de decisiones y representatividad en temáticas de gestión del agua, en espacios de comités de agua, consejos sociales y otras instancias de participación.

La Figura 102 ilustra una de las actividades ejercidas por las mujeres en las comunidades de la Cuenca Pampa-Huari.



FIGURA 102. MUJER PRODUCTORA SELECCIONANDO SEMILLAS DE PAPA Y EQUIPO BOLIVIA WATCH

A continuación, se presentan los mensajes clave de la dimensión de "Poder y Voz" para las comunidades encuestadas de la Cuenca Pampa-Huari:

- **Participación en las reuniones:** aunque las mujeres participen en las reuniones, es difícil visibilizar inquietudes en diferentes temáticas.
- **Toma de decisiones a nivel hogar:** las mujeres son capaces de decidir sobre el uso del agua en el hogar (cocina, higiene, lavado), pero siguen haciéndose cargo de actividades de recolección de agua.
- **Toma de decisiones a nivel comunidad:** se toma en cuenta sobre todo la participación de los varones, incluso en casos en los que las mujeres tengan una formación a nivel técnico o universitario.
- **Organización de mujeres:** en comunidades con secciones más dispersas, se hace más difícil la organización de las mujeres, dado que pueden reunirse solamente cuando van a la ciudad.

SEGURIDAD HUMANA

En la encuesta realizada, fueron identificados varios factores que pueden presentar riesgo a la seguridad humana de las comunidades de la Cuenca Pampa-Huari.

En términos de fenómenos naturales, la sequía identificada en los años 80 y año 2016, por ejemplo, pone en riesgo el actual abastecimiento de agua potable. Una de las principales amenazas identificadas es la contaminación de las aguas, para reuso en riego, lo que cambia las dinámicas de producción y directamente afecta la seguridad alimentaria no solo del área rural, sino también urbana.

En lo que respecta a saneamiento, se ha visto que en algunas comunidades donde existe servicio de saneamiento los baños están ubicados fuera de la vivienda o en el terreno. Eso dificulta el acceso de

forma segura, o en el que niños, niñas y mujeres puedan ser víctimas de violencia. Así mismo se debe tomar en cuenta factores adicionales, como la falta de protección de privacidad y en la mayoría de los casos el acceso al agua para temas de higiene personal (por ejemplo, el porcentaje de tiempo que es destinado a la higiene menstrual). En algunas unidades educativas, los pozos ciegos han cumplido la vida útil, y requieren de un cierre, así como gestión de lodos y habilitación de nuevas infraestructuras que reduzcan la infiltración, olores y puedan ser infraestructuras dignas para su uso.

La gestión del agua también conlleva conflictos por el uso de esta entre comunidades de la Cuenca por el recurso hídrico, debido a que algunas nacientes se encontrarían en partes altas de algunas comunidades, quienes tendrían resguardo de esas fuentes, o comunidades donde existe actividad minera que llegan a acuerdos con comunidades para el uso de sus fuentes cuyas aguas van aguas abajo por gravedad para el consumo de otras. En otros casos, se ha visto que se llegan a acuerdos para el uso del agua, con respectivas recomendaciones por parte de autoridades responsables de gestión del agua (Jueces de Agua), por ejemplo, que la comunidad aguas arriba evite vertimiento de residuos sólidos, lavado de ropa y otros en cuerpos de agua que directamente van a afectar la calidad de esta en comunidades ubicadas abajo del curso del río.

Otro dato importante, a nivel de país, es lo de las mujeres de 15 años o más de edad en situación de violencia de pareja (**Tabla 78**). Aunque este dato no esté disponible específicamente para las comunidades encuestadas, trae una dimensión de las cifras a nivel urbano y rural y da una perspectiva adicional sobre la temática de "Seguridad Humana" y su relación también con el acceso a servicios de agua y saneamiento particularmente en las zonas rurales del país.

Servicios básicos	Mujeres que tuvieron o tienen pareja	Mujeres en situación de violencia		
		Bolivia	Urbana	Rural
BOLIVIA	3,321,781	2,374,647	1,644,801	729,846
Disponibilidad de agua				
Cañería de red	75.4	73.8	89.2	39.2
Otros	24.5	26.0	10.6	60.8
Sin especificar	0.1*	0.1*	0.2*	
Baño, servicio sanitario, letrina				
Sí	86.1	83.9	97.0	54.4
No	13.8	16.0	2.8	45.6
Sin especificar	0.1*	0.1*	0.2*	
Disponibilidad de energía eléctrica para alumbrar su vivienda				
Sí	94.7	93.8	99.5	81.0
No	5.2	6.0	0.3*	19.0
Sin especificar	0.1*	0.1*	0.2*	

FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA - ENCUESTA DE PREVALENCIA Y CARACTERÍSTICAS DE VIOLENCIA CONTRA LAS MUJERES 2016 (*) CON COEFICIENTE MAYOR AL 20%, EMPLEARLO SOLO DE FORMA REFERENCIAL

TABLA 78. BOLIVIA: MUJERES DE 15 AÑOS O MÁS DE EDAD EN SITUACIÓN DE VIOLENCIA DE PAREJA, POR ÁREA, SEGÚN DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS BÁSICOS EN LA VIVIENDA, 2016 (EN NÚMERO Y PORCENTAJE)

A continuación, se presentan los mensajes clave de la dimensión de "Seguridad Humana" para las comunidades encuestadas de la Cuenca Pampa-Huari:

- **Violencia como posible problemática:** existencia de Comité de Damas en Tarapaya en el que se trabajan temas de violencia.
- **La calidad de agua:** en algunos casos, la baja calidad del agua impide que se pueda emplear para riego o consumo.
- **Riesgos para las mujeres:** especialmente en altas horas de la noche (oscuridad, riesgo de caídas, ataques animales), las mujeres sufren mayores riesgos al no contar con sanitarios y tener mayor exposición (privacidad baja o casi inexistente), o no poder realizar la higiene menstrual como corresponde, generando riesgos a su propia salud.

Las amenazas naturales: son aspectos para tomar en cuenta debido a que afectan a su producción cuya actividad es en su mayoría la mayor fuente de ingresos económicos. Entre las amenazas naturales se encuentran la granizada, helada y sequía.

Anexo C. Líneamientos estratégicos

Anexo C1. Línea de acción 2.2

Ampliación de la cobertura y mejora del servicio de agua potable y saneamiento básico en comunidades rurales

Metodología de selección de acciones de agua para consumo en comunidades rurales de la cuenca Pampa Huari

Las tecnologías de agua potable propuestas fueron seleccionadas en base a una evaluación de alternativas usando la herramienta QFD (Quality Function Deployment) o Matriz de Función de Calidad. Este es un método de gestión de calidad basado en transformar las demandas del usuario en la calidad del diseño, implementar las funciones que aporten más calidad, e implementar métodos para lograr calidad del diseño en subsistemas y componentes, aplicada con éxito en proyectos similares desarrollados a nivel local. La matriz FP establece a criterio del proyectista y experiencia, los criterios más relevantes para el análisis de alternativas de solución.

En función al diagnóstico de la infraestructura y condiciones de borde, la selección de alternativas u opciones tecnológicas para agua potable toman en cuenta los siguientes factores:

Factores Sociales:

- Población total: Tamaño de la población y su crecimiento población teniendo como línea base la gestión 2021, asociados al costo de inversión.

Factores Técnicos:

- Dispersión de la comunidad: Se ha tomado en cuenta la distancia media entre viviendas, y la longitud de tendido estimada de redes de distribución, asociados al costo de inversión.
- Calidad de agua: El grado de contaminación de fuentes superficiales y resultados de calidad de agua a nivel de grifo.
- Cobertura de agua potable: la cobertura actual de agua potable.

Factores Económicos:

· Costo de Inversión Referencial: Se ha analizado los costos de inversión requeridos para las distintas alternativas propuestas por comunidad.

El método QFD establece mayor puntaje (3) a aquella alternativa que presente menor costo, con la que se puede ofertar una mejor calidad de agua y que presente un mayor número de población dispersa. Finalmente se toma en cuenta la cantidad de agua ofertada por sus fuentes, asignando el mayor puntaje a aquella solución que ofrecería mayor cantidad de agua

por domicilio. Todos estos criterios tienen rango de calificación definidos por el proyectista mismo que fueron analizados caso por caso para cada comunidad. A todos estos criterios se les asigna un peso, siendo el costo de inversión y calidad de agua los criterios con mayor peso asignado. La matriz finalmente suma los criterios con los rangos seleccionando aquella alternativa que obtenga mayor puntaje. Un ejemplo de matriz QFD usada para la selección de la alternativa de agua más idónea para una comunidad se muestra en La **Tabla 1** y **Tabla 2**.

Criterios					
Peso Criterio	30	30	20	20	
Tecnologías de agua para consumo	Costo de inversión	Calidad de agua	Dispersión	Agua ofertada	
Tanque Cosechador de Lluvia	1	2	3	1	
Pozo Semiprofundo + Red Simplificada	2	3	1	1	
Pozo Semiprofundo + Red Convencional	1	3	1	3	
Rangos y definiciones para calificación					
Valores para calificación (3 mayor puntaje, 1 menor puntaje)	1	>60 mil \$us	Todos Parámetros Fuera de Norma	Disperso	<50% satisfaccion
	2	50<\$us<60	Algunos Parámetros Fuera de Norma	Mixto*	>75% satisfaccion
	3	<50 mil \$us	Todos cumplen la norma	Concentrado	100% satisfaccion

* Para las comunidades de la cuenca Pampa Huari, no aplica el criterio mixto

Fuente: Aguatuya, 2022

TABLA 1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ACCIONES AGUA POR COMUNIDAD. EJEMPLO AGUA DULCE

Matriz de resultados					
Tecnologías de agua para consumo	Costo de inversión	Calidad de agua	Dispersión	Agua ofertada	Puntaje final
Tanque Cosechador de Lluvia	30	60	60	20	170
Pozo Semiprofundo + Red Simplificada	60	90	20	20	190
Pozo Semiprofundo + Red Convencional	30	90	20	60	200

Fuente: Aguatuya, 2022

TABLA 2. MATRIZ DE RESULTADOS TIPO POR COMUNIDAD. EJEMPLO AGUA DULCE

Metodología de selección de acciones de saneamiento sostenible en comunidades rurales de la cuenca Pampa Huari

A continuación, se detallan los factores considerados para la evaluación de las tecnologías de saneamiento:

Factores Sociales:

· Población total: Tamaño de la población y su crecimiento población teniendo como línea base la gestión 2021, asociados al costo de inversión.

Factores Técnicos:

· Dispersión de la comunidad: Se ha tomado en cuenta la distancia media entre viviendas, y la longitud de tendido estimada de redes de

distribución, asociados al costo de inversión.

· Cobertura de agua potable: la cobertura actual de agua potable.

· Acción de Intervención Agua Potable: A efectos de compatibilidad de selección se ha tomado en cuenta la selección tecnológica que se ha tomado para las acciones de solución de Agua Potable.

Factores Económicos:

· Costo de Inversión Referencial: Se ha analizado los costos de inversión requeridos para las distintas alternativas propuestas por comunidad.

La **Tabla 3** y **Tabla 4** muestran un ejemplo de la aplicación de la matriz QFD para evaluar las tecnologías de saneamiento más idóneas.

Criterios					
Peso Criterio	30	30	20	20	
Opción	Costo de inversión	Dispersión	población	Selección acción agua potable	
Alc. Simplificado + PTAR descentralizada	1	3	3	2	
Baño Ecológico ECOSAN	2	1	1	1	
Humedal Artificial Domiciliario	2	1	2	2	
Rangos y definiciones para calificación					
Valores para calificación (3 mayor puntaje, 1 menor puntaje)	1	>220 mil \$us	Disperso	<50 habitantes	1
	2	180<\$us<220	Mixto*	50<P<100	3
	3	<180 mil \$us	Concentrado	>100	2

* Para las comunidades de la cuenca Pampa Huari, no aplica el criterio mixto

TABLA 3. CRITERIO DE SELECCIÓN TIPO POR COMUNIDAD. EJEMPLO MANQUIRI

Matriz de resultados					
opción	Costo de inversión	Dispersión	población	Selección acción agua potable	Puntaje final
Alc. Simplificado + PTAR descentralizada	30	90	60	40	220
Baño Ecológico ECOSAN	60	30	20	20	130
Humedal Artificial Domiciliario	60	30	40	40	170

TABLA 4. MATRIZ DE RESULTADOS TIPO POR COMUNIDAD. EJEMPLO MANQUIRI

Detalles técnicos de las acciones de saneamiento sostenible sugeridas para las comunidades rurales de la cuenca Pampa Huari

ALCANTARILLADO SIMPLIFICADO + PTAR DESCENTRALIZADA

Esta acción de intervención comprende los siguientes componentes:

a. Baño con inodoro de arrastre hidráulico: estos baños son los convencionales con inodoro de descarga hidráulica, solo un 29% en promedio de las comunidades tienen acceso a inodoros, el plan contempla la inversión para la construcción de la infraestructura completa al 100% cobertura. Se tiene un costo de inversión de Bs. 2,973.42 (Dos Mil Novecientos Setenta y Tres 42/100 bolivianos) por habitante equivalente. La inversión incluye el costo de la acometida domiciliaria.

b. Red de Recolección de Aguas Residuales: en función a la concentración de la población este componente contempla la construcción de redes 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. Tiene un costo de inversión de Bs 285.76 (Doscientos Ochenta y Cinco 76/100) por metro lineal.

c. Planta de Tratamiento de Aguas

Residuales 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 1**):

- Pre- tratamiento mecanizado compacto: Separador de sólidos gruesos y finos.
- Tanque de Homogenización: en función a 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 afectaría 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, continua con la descomposición de materia orgánica.

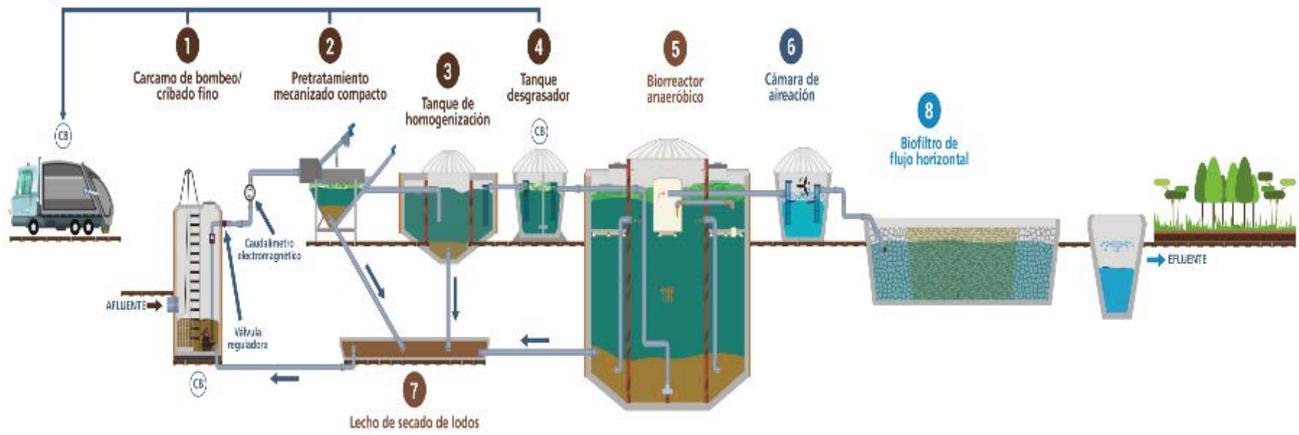


FIGURA 1. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO PROPUESTO PTAR MODELO

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.

- $DBO_5 < 80 \text{ mg/l}$
- $DQO < 250 \text{ mg/l}$
- Coliformes Fecales $< 1000 \text{ NMP/100 ml}$

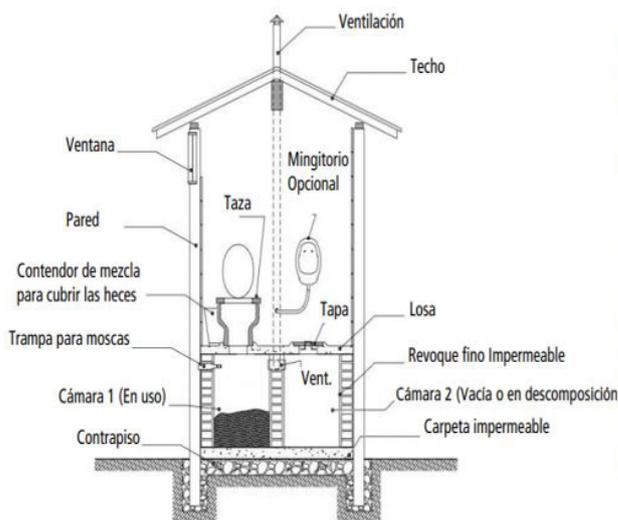
BAÑOS SECOS ECOLÓGICOS (ECOSAN)

Baño ecológico seco con separación de orina contempla la construcción de los siguientes componentes: a) caseta, b) Cámara doble (o simple en el caso de existir servicio de recojo), c) losa, d) asiento o taza separadora, e) tubo de ventilación.

La orina y heces son separadas mediante un inodoro o taza separadora, eliminando de esta manera malos olores. Las heces son almacenadas

y deshidratadas en cámaras secas y la orina puede ser infiltrada al suelo o almacenada en recipientes para luego ser reutilizadas como fertilizante.

El proceso es seco porque no se utiliza agua y las heces se secan con aserrín o tierra mezclada con cal o ceniza. Los desechos una vez secos, después de aproximadamente 6 meses, se pueden extraer y enterrarlos siguiendo protocolos de seguridad o también pueden ser usados como base de abono. Para una familia entre 5 a 8 miembros y para un tiempo de 6 a 8 meses de digestión y llenado de la cámara, se ha estimado una cámara de aproximadamente 1.00 m. x 0.80 m. x 0.60 m. (largo, ancho, alto). Por la dispersión y accesibilidad de las comunidades no es factible económicamente un servicio de disposición de recojo de lodos fecales. La familia debe hacer tratamiento in situ con la disposición de los lodos fecales a través de pequeños reactores para su estabilización y posterior reúso como compost (Figura 2).



- Material de cobertura:** promedio diario, 0,05 kg/persona/día
- 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
- Material de cobertura = 90 kg/medio año
- Toda la familia en medio año = 432 kg/medio año
- Margen de seguridad (+20%) = 86 kg/medio año
- Volumen requerido de la cámara = 518 kg/medio año | 518 litros

FUENTE: WFP

FIGURA 2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE UN BAÑO SECO

HUMEDALES ARTIFICIALES DOMÉSTICOS

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

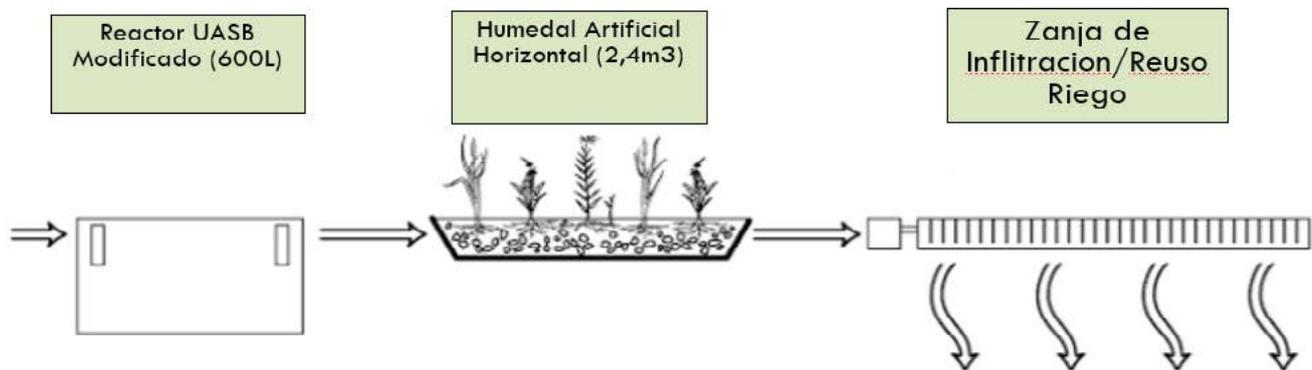
a. Baño con inodoro de arrastre hidráulico: estos baños son los convencionales con inodoro de descarga hidráulica, solo un 21% en promedio de las comunidades tienen acceso a inodoros, el plan contempla la inversión para la construcción de la infraestructura completa al 100% cobertura. Se tiene un costo de inversión de Bs. 2,973.42 (Dos Mil Novecientos Setenta y Tres 42/100 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, sedimentación escalonada en tres etapas. Tiene un costo de inversión de Bs 100.71 (Cien 71/100 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 estas 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 Bs. 38.98 (Treinta y Ocho 98/100 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 deshidratado 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 Bs 24.08 (Veinticuatro 08/100 bolivianos) por habitante equivalente.



FUENTE: AGUATUYA, 2022

FIGURA 81. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DOMESTICO



SEI Stockholm
Environment
Institute

