



GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL SISTEMA TITICACA – DESAGUADERO – POOPÓ - SALAR DE COIPASA (GIRH-TDPS)

ESTUDIO COMPLEMENTARIO 7:

“INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES EN EL SISTEMA HIDRICO TDPS EN EL AMBITO BOLIVIANO TDPS”



JULIO, 2022

LA PAZ – BOLIVIA

GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL SISTEMA TITICACA – DESAGUADERO – POOPÓ - SALAR DE COIPASA (GIRH-TDPS)

ESTUDIO COMPLEMENTARIO 7: “INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES EN EL SISTEMA HIDRICO TDPS EN EL AMBITO BOLIVIANO TDPS”

Elaborado por:

- **Ing. Amanda Vilca Beltrán** RESPONSABLE DEL ESTUDIO/
ESPECIALISTA EN GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS Y
POLÍTICAS PÚBLICAS PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO
- **Ing. Fidel Vedia Huarachi** PASIVOS AMBIENTALES MINEROS
PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO
- **Ing. Miguel Angel Pinto Gutierrez** SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL DESARROLLO DEL
ESTUDIO
- **Lic. Israel Quino Lima** INVENTARIO DE FUENTES
CONTAMINANTES EN EL SISTEMA HÍDRICO TDPS – EN EL AMBITO
BOLIVIANO TDPS

JULIO, 2022

LA PAZ – BOLIVIA

Índice de Contenido

1	INTRODUCCIÓN	15
2	ANTECEDENTES	16
3	MARCO NORMATIVO	16
4	FUENTES DE INFORMACIÓN	16
5	OBJETIVOS	17
5.1	Objetivo General	17
5.2	Objetivos Específicos	17
6	ALCANCE GEOGRÁFICO	17
	Tabla 1 Zonificación hídrica	18
7	UBICACIÓN DEL ÁMBITO DEL ESTUDIO	19
	Tabla 2 Codificación de las Zonas hidrográficas del área de estudio	20
	Tabla 3 Características morfométricas del área de estudio	21
8	METODOLOGÍA	22
8.1	Procedimiento para la Organización del Estudio	22
8.2	Metodología de Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas (UH)	23
8.3	Proceso de Delimitación de Unidades hidrográficas y consolidación de la red hídrica	24
9	CUENCAS, INTERCUENCAS Y CUENCAS INTERNAS	27
9.1	Cuencas que componen el sistema TDPS	27
9.2	Características y descripción	27
9.2.1	Unidad Hidrográfica Alto y Medio Desaguadero	27
	Tabla 4 Unidades hidrográficas de Alto Desaguadero	29
	Tabla 5 Unidades Hidrográficas que componen Medio Desaguadero	31
9.2.2	Recursos Hídricos de la Unidad Hídrica Alto Desaguadero	31
	Tabla 6 Recursos hídricos de Alto Desaguadero	31
9.2.3	Recursos Hídricos de la Unidad Hidrográfica Medio Desaguadero	32
	Tabla 7 Recursos hídricos en Medio Desaguadero	32
9.2.4	Unidad Hidrográfica Mauri	33
	Tabla 8 Códigos de la Unidad Hidrográfica Mauri	35
9.2.5	Recursos Hídricos de la Unidad Hidrográfica Mauri	37
	Tabla 9 Recursos hídricos en la UH Mauri	37
9.2.6	Unidad Hidrográfica Coipasa	38
	Tabla 10 Unidades hidrográficas en Coipasa	39
9.2.7	Recursos Hídricos de la Unidad Hidrográfica Coipasa	44
	Tabla 11 Recursos hídricos de la unidad hidrográfica Coipasa	44

9.2.8	Unidad Hidrográfica Poopó	45
Tabla 12	Unidades hidrográficas en Poopó	46
9.2.9	Recursos Hídricos Poopó	48
Tabla 13	Recursos hídricos UH Poopó	48
10	ASPECTOS DEMOGRÁFICOS	50
Tabla 14	Población en las Unidades Hidrográficas en el área de estudio	50
11	ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS RELACIONADOS CON LA CONTAMINACIÓN	51
11.1	Actividad minera	51
11.2	Actividad comercial e industrial	52
12	METODOLOGÍA PARA LA CLASIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE LAS FUENTES CONTAMINANTES	53
12.1	Planificación de las actividades	53
12.2	Reconocimiento en campo	53
12.3	Clasificación de las Fuentes Contaminantes	53
12.4	Sistematización y análisis de la información de efluentes de actividades, obras o proyectos e informes de monitoreo de cuerpos de agua.	53
12.5	Clasificación de las Fuentes Contaminantes (FC)	54
Tabla 15	Datos de calidad de agua clasificados por parámetros de acuerdo a la RMCH, en este caso mostrando los parámetros básicos de la campaña 2019 en época seca	58
12.6	Metodología de Jerarquización	59
12.7	Criterios de jerarquización	62
Tabla 16	Valores asignados por parámetro criterio 1 de Jerarquización	62
Tabla 17	Valores asignados por parámetro criterio 3 de Jerarquización.	63
Tabla 18	Valores asignados por parámetro, criterio 4 Valoración de importancia ambiental (local y regional)	63
Tabla 19	Valores asignados por parámetro, criterio 5 Impacto Económico.	64
Tabla 20	Valores asignados por parámetro, criterio 6 Impacto social.	64
Tabla 21	Valores asignados por parámetro, criterio 7 Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental	64
13	CLASIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE LAS FUENTES CONTAMINANTES	64
Tabla 22	Resultados de las medidas realizadas en las muestras de agua	66
14	FUENTES CONTAMINANTES DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA ALTO DESAGUADERO	73
14.1	Fuentes Contaminantes Antrópicas (FCA)	73
14.1.1	Aguas Residuales Municipales	73
Tabla 23	Aguas residuales municipales en la UH Alto Desaguadero	73

Tabla 24 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 8FCA de la UH Alto Desaguadero	74
14.1.2 Residuos Sólidos	76
Tabla 25 Residuo sólidos en la UH Alto Desaguadero	76
14.1.3 Labores y residuos mineros	77
Tabla 26 Labores y residuos mineros en la UH Alto Desaguadero	77
Tabla 27 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante FCA de UH Alto Desaguadero	78
14.2 Fuentes Contaminantes Naturales (FCN)	80
14.2.1 Depósitos naturales	80
Tabla 28 Depósitos naturales en la UH Alto Desaguadero	80
Tabla 29 Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 11FCN de la UH Alto Desaguadero	81
14.3 Estadísticas de las Fuentes Contaminantes	82
Tabla 30 Origen de la fuente contaminante según municipios en la unidad hidrográfica Alto Desaguadero	82
15 FUENTES CONTAMINANTES DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA MEDIO DESAGUADERO	83
15.1 Fuentes Contaminantes Antrópicas (FCA)	83
15.1.1 Aguas Residuales Municipales	83
Tabla 31 Aguas residuales municipales en la UH Medio desaguadero	83
Tabla 32 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 35FCA de la UH Medio Desaguadero	84
15.1.2 Residuos Sólidos	85
Tabla 34 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 34FCA de la UH Medio Desaguadero	86
15.1.3 Labores y residuos mineros	88
Tabla 35 Labores y residuos mineros en la UH Medio Desaguadero	88
Tabla 36 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 17FCA de la UH Medio Desaguadero	89
15.2 Fuentes Contaminantes Naturales (FCN)	90
15.2.1 Aguas Naturales	90
Tabla 37 Aguas naturales en la UH Medio Desaguadero	91
Tabla 38 Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 82FCN de la UH Medio Desaguadero	92
15.2.2 Depósitos naturales	93
Tabla 39 Depósitos naturales en la UH Medio Desaguadero	93
15.3 Estadísticas de las Fuentes Contaminantes	94
Tabla 40 Origen de la fuente contaminante según municipios en la unidad hidrográfica Medio Desaguadero	95

16	FUENTES CONTAMINANTES DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA MAURI	95
16.1	Fuentes Contaminantes Antrópicas (FCA)	95
16.1.1	Aguas Residuales Municipales	95
Tabla 41	Aguas residuales municipales en la UH Mauri	96
16.1.2	Labores y residuos mineros	98
Tabla 42	Labores y residuos mineros en la UH Mauri	98
16.2	Fuentes Contaminantes Naturales (FCN)	100
16.2.1	Depósitos naturales	100
Tabla 43	Depósitos naturales en la UH Mauri	101
Tabla 44	Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 18FCN de la UH Mauri	102
16.3	Estadísticas de las Fuentes Contaminantes	103
Tabla 45	Origen de la fuente contaminante según municipios en la unidad hidrográfica Mauri	103
17	FUENTES CONTAMINANTES DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA POOPÓ	104
17.1	Fuentes Contaminantes Antrópicas (FCA)	104
17.1.1	Aguas Residuales Municipales	104
Tabla 46	Aguas residuales municipales en la UH Poopó	105
Tabla 47	Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 51FCA de la UH Poopó	106
17.1.2	Residuos Sólidos	108
Tabla 48	Residuos sólidos en la UH Poopó	108
17.1.3	Labores y residuos mineros	109
Tabla 49	Labores y residuos mineros en la UH Poopó	111
Tabla 50	Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 141FCA de la UH Medio Desaguadero	112
17.2	Fuentes Contaminantes Naturales (FCN)	114
17.2.1	Aguas Naturales	114
Tabla 51	Aguas naturales en la UH Poopó	116
Tabla 52	Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 184FCN de la UH Poopó	118
17.2.2	Depósitos naturales	119
Tabla 53	Depósitos naturales en la UH Poopó	121
Tabla 54	Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 176FCN de la UH Poopó	122
17.3	Estadísticas de las Fuentes Contaminantes	123
Tabla 55	Origen de la fuente contaminante según municipios en la unidad hidrográfica Poopó	124
18	FUENTES CONTAMINANTES DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA SALAR DE COIPASA	125

18.1	Fuentes Contaminantes Antrópicas (FCA)	125
18.1.1	Aguas Residuales Municipales	125
	Tabla 57 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 161FCA de la UH Salar de Coipasa	127
18.1.2	Residuos Sólidos	128
	Tabla 58 Residuos sólidos en la UH Salar de Coipasa	129
	Tabla 59 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 161FCA de la UH Salar de Coipasa	129
18.1.3	Labores y residuos mineros	130
	Tabla 60 Labores y residuos mineros en la UH Salar de Coipasa	131
18.2	Fuentes Contaminantes Naturales (FCN)	132
18.2.1	Aguas Naturales	132
	Tabla 61 Aguas naturales en la UH Salar de Coipasa	133
18.2.2	Depósitos naturales	134
	Tabla 62 Depósitos naturales en la UH Coipasa	135
	Tabla 63 Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 216FCN de la UH Salar de Coipasa	136
18.3	Estadísticas de las Fuentes Contaminantes	137
	Tabla 64 Origen de la fuente contaminante según municipios en la unidad hidrográfica Salar de Coipasa	138
19	CLASIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS	139
19.1	Metodología para el Inventario de Pasivos Ambientales Mineros	139
19.2	Definiciones	¡Error! Marcador no definido.
19.3	Fuentes de Información	139
	Tabla 65 Datos registrados en la información del MMAyA	139
19.4	Brechas y Vacíos de Información	140
	Tabla 66 Brechas y Vacíos de Información	140
19.5	Metodología de Clasificación	140
	Tabla 67 Tipo del Pasivo Ambiental Minero	140
	Tabla 68 Matriz de Clasificación del Pasivo Ambiental Minero	141
19.6	Metodología de Jerarquización	142
	Tabla 69 Matriz de Criterios de Jerarquización	142
	Tabla 70 Subcriterios para Valorar la Importancia del Impacto Ambiental (ALT)	143
19.7	Ubicación de los Pasivos Ambientales Mineros	144
	Tabla 71 Ubicación de Pasivos Mineros por unidad hidrográfica	144
19.8	Validación en Terreno de los Pasivos Ambientales Mineros	145
	Tabla 72 Numeración del Pasivo Ambiental Minero	145
19.9	Procesamiento y Geoespacialización de la Información de Campo	146

Tabla 73 Datos de Campo de la Validación del Pasivo Ambiental Minero	146
19.10 Clasificación y Análisis de resultados de los Pasivos Ambientales Mineros	147
19.10.1 Alto Desaguadero	147
Tabla 74 Clasificación Alto Desaguadero	148
19.10.2 Mauri	148
Tabla 75 Clasificación UH Mauri	149
Tabla 76 Clasificación UH Desaguadero	150
Tabla 77 Clasificación UH Poopó	151
Tabla 78 Clasificación UH Poopó	151
Tabla 79 Clasificación UH Coipasa	152
19.11 Jerarquización y Análisis de resultados de los Pasivos Ambientales Mineros	152
19.11.1 Alto Desaguadero	152
Tabla 80 Jerarquización UH Alto Desaguadero	153
19.11.2 Mauri	153
Tabla 81 Jerarquización UH Mauri	153
19.11.3 Medio Desaguadero	154
Tabla 82 Jerarquización UH Medio Desaguadero	154
19.11.4 Poopó	154
Tabla 83 Jerarquización UH Poopó	154
Tabla 84 Jerarquización UH Poopó	155
19.11.5 Coipasa	155
Tabla 85 Jerarquización UH Coipasa	155
20 LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS	156
20.1 Metodología	156
20.2 Mapeo de Actores	158
20.3 Trabajo de Gabinete y análisis de la información	158
20.4 Trabajo de Campo: Entrevistas	159
20.4.1 Jesús de Machaca	159
20.4.2 Desaguadero	160
20.4.3 Santiago de Machaca	161
20.4.4 Coro Coro	161
20.4.5 Viscachani	162
20.4.6 Sica Sica	163
20.4.7 Chacarilla	163
20.4.8 Tarquiamaya	164
20.4.9 Curahuara de Carangas - Turco	164

20.4.10	Huari	165
20.4.11	Challapata	166
20.4.12	Soracachi – Obrajés	167
20.4.13	Totoral minero	167
20.4.14	Avicaya	167
20.4.15	Cala Calita	168
20.4.16	Huanuni – Morococala	168
20.4.17	Huanuni	169
20.4.18	Colquiri – Belén	169
20.4.19	Oruro - Cercado	170
20.4.20	Soracachi	171
20.5	Análisis de resultados de las entrevistas y trabajo de campo.	171
21	PLANTEAMIENTO DE LÍNEAS ESTRATÉGICAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN PARA LA MITIGACIÓN Y CONTROL DE FUENTES CONTAMINANTES NATURALES Y ANTRÓPICAS	175
	Tabla 86 Planteamiento de Líneas Estratégicas y Líneas de Acción	176
21.1	Eje Estratégico 1: Saneamiento Básico	178
21.1.1	Línea de Acción LA 1.1: Agua Potable y Alcantarillado Sanitario	178
21.1.2	Línea de Acción LA 1.2: Tratamiento de Aguas Residuales	179
21.1.3	Línea de Acción LA 1.2: Gestión Integral de Residuos Sólidos	181
21.2	Eje Estratégico 2: Tecnológico Productivo	184
21.2.1	Línea de Acción LA 2.1: Aprovechamiento Industrial de Salares para Producción de Sal	184
21.3	Eje Estratégico 3: Ámbito Minero	186
21.3.1	Línea de Acción LA 3.1: Evaluación mineralógica de pasivos ambientales mineros tipo colas y desmontes	186
21.3.2	Línea de Acción LA 3.2: Tratamiento de Drenajes Ácidos de Mina y Roca	188
21.3.3	Línea de Acción LA 3.3: Aprovechamiento de DAM, DAR y chatarra metálica	190
21.4	Eje Estratégico 4: Gestión Ambiental Municipal	192
21.4.1	Línea de Acción LA 4.1: Fortalecimiento de la Gestión Ambiental Municipal	192
21.4.2	Línea de Acción LA 4.2: Protección de Fuentes de Agua	193
21.4.3	Eje Estratégico 5: Ámbito Normativo e Institucional	195
22	INFORMACIÓN GEOESPACIAL DE RECURSOS HÍDRICOS	197
22.1	Red Hídrica	197
22.2	Lagos y lagunas	199
22.3	Bofedales	199

22.4	Coberturas de Recursos Hídricos	200
Tabla 87	Cobertura de recursos hídricos	201
22.5	Información geoespacial de fuentes contaminantes naturales	202
Tabla 88	Parámetros estandarizados para integración de la cobertura	202
Tabla 89	Fuentes Contaminantes Naturales	203
22.6	Información geoespacial de fuentes contaminantes de origen antrópico	204
Tabla 90	Parámetros estandarizados para integración de la cobertura	204
Tabla 91	Fuentes Contaminantes Antrópicas	204
22.7	Información geoespacial de Pasivos Ambientales Mineros	210
Tabla 92	Parámetros estandarizados para integración de la cobertura	210
Tabla 93	Información geoespacial Pasivos Ambientales Mineros	210
22.8	Cartografía temática de campo por unidad hidrográfica	213
22.9	Unidad Hidrográfica Alto Desaguadero	213
22.10	Unidad hidrográfica Medio Desaguadero	215
22.11	Unidad hidrográfica Coipasa	217
22.12	Unidad hidrográfica Mauri	219
22.13	Unidad hidrográfica Poopó	221
22.14	Geodatabase final y fotografías geoetiquetadas	223
23	CONCLUSIONES	225
24	RECOMENDACIONES	226
25	BIBLIOGRAFIA	226
26	GLOSARIO	227

Índice de Tablas

Tabla 1 Zonificación hídrica	18
Tabla 2 Codificación de las Zonas hidrográficas del área de estudio	20
Tabla 3 Características morfométricas del área de estudio	21
Tabla 4 Unidades hidrográficas de Alto Desaguadero	29
Tabla 5 Unidades Hidrográficas que componen Medio Desaguadero	31
Tabla 6 Recursos hídricos de Alto Desaguadero	31
Tabla 7 Recursos hídricos en Medio Desaguadero	32
Tabla 8 Códigos de la Unidad Hidrográfica Mauri	35
Tabla 9 Recursos hídricos en Mauri	37
Tabla 10 Unidades hidrográficas en Coipasa	39
Tabla 11 Recursos hídricos de la unidad hidrográfica Coipasa	44
Tabla 12 Unidades hidrográficas en Poopó	46
Tabla 13 Recursos hídricos UH Poopó	48
Tabla 14 Población en las Unidades Hidrográficas en el área de estudio	50
Tabla 15 Datos de calidad de agua clasificados por parámetros de acuerdo a la RMCH, en este caso mostrando los parámetros básicos de la campaña 2019 en época seca	58
Tabla 16 Valores asignados por parámetro criterio 1 de Jerarquización	62
Tabla 17 Valores asignados por parámetro criterio 3 de Jerarquización.	63
Tabla 18 Valores asignados por parámetro, criterio 4 Valoración de importancia ambiental (local y regional)	63
Tabla 19 Valores asignados por parámetro, criterio 5 Impacto Económico.	64
Tabla 20 Valores asignados por parámetro, criterio 6 Impacto social.	64
Tabla 21 Valores asignados por parámetro, criterio 7 Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental	64
Tabla 22 Resultados de las medidas realizadas en las muestras de agua	66
Tabla 23 Aguas residuales municipales en la UH Alto Desaguadero	73
Tabla 24 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 8FCA de la UH Alto Desaguadero	74
Tabla 25 Residuo sólidos en la UH Alto Desaguadero	76
Tabla 26 Labores y residuos mineros en la UH Alto Desaguadero	77
Tabla 27 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante FCA de UH Alto Desaguadero	78
Tabla 28 Depósitos naturales en la UH Alto Desaguadero	80
Tabla 29 Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 11FCN de la UH Alto Desaguadero	81
Tabla 30 Origen de la fuente contaminante según municipios en la unidad hidrográfica Alto Desaguadero	82
Tabla 31 Aguas residuales municipales en la UH Medio desaguadero	83
Tabla 32 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 35FCA de la UH Medio Desaguadero	84
Tabla 33 Residuo sólidos en la UH Medio Desaguadero	86
Tabla 34 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 34FCA de la UH Medio Desaguadero	86
Tabla 35 Labores y residuos mineros en la UH Medio Desaguadero	88
Tabla 36 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 17FCA de la UH Medio Desaguadero	89
Tabla 37 Aguas naturales en la UH Medio Desaguadero	91
Tabla 38 Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 82FCN de la UH Medio Desaguadero	92
Tabla 39 Depósitos naturales en la UH Medio Desaguadero	93
Tabla 40 Origen de la fuente contaminante según municipios en la unidad hidrográfica Medio Desaguadero	95
Tabla 41 Aguas residuales municipales en la UH Mauri	96
Tabla 42 Labores y residuos mineros en la UH Mauri	98

Tabla 43 Depósitos naturales en la UH Mauri	101
Tabla 44 Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 18FCN de la UH Mauri	102
Tabla 45 Origen de la fuente contaminante según municipios en la unidad hidrográfica Mauri	103
Tabla 46 Aguas residuales municipales en la UH Poopó	105
Tabla 47 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 51FCA de la UH Poopó	106
Tabla 48 Residuos sólidos en la UH Poopó	108
Tabla 49 Labores y residuos mineros en la UH Poopó	111
Tabla 50 Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 141FCA de la UH Medio Desaguadero	112
Tabla 51 Aguas naturales en la UH Poopó	116
Tabla 52 Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 184FCN de la UH Poopó	118
Tabla 53 Depósitos naturales en la UH Poopó	121
Tabla 54 Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 176FCN de la UH Poopó	122
Tabla 55 Origen de la fuente contaminante según municipios en la unidad hidrográfica Poopó	124
Tabla 56 Aguas residuales municipales en la UH Salar de Coipasa	126
Tabla 57 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 161FCA de la UH Salar de Coipasa	127
Tabla 58 Residuos sólidos en la UH Salar de Coipasa	129
Tabla 59 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 161FCA de la UH Salar de Coipasa	129
Tabla 60 Labores y residuos mineros en la UH Salar de Coipasa	131
Tabla 61 Aguas naturales en la UH Salar de Coipasa	133
Tabla 62 Depósitos naturales en la UH Coipasa	135
Tabla 63 Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 216FCN de la UH Salar de Coipasa	136
Tabla 64 Origen de la fuente contaminante según municipios en la unidad hidrográfica Salar de Coipasa	138
Tabla 65 Datos registrados en la información del MMAyA	139
Tabla 66 Brechas y Vacíos de Información	140
Tabla 67 Tipo del Pasivo Ambiental Minero	140
Tabla 68 Matriz de Clasificación del Pasivo Ambiental Minero	141
Tabla 69 Matriz de Criterios de Jerarquización	142
Tabla 70 Subcriterios para Valorar la Importancia del Impacto Ambiental (ALT)	143
Tabla 71 Ubicación de Pasivos Mineros por unidad hidrográfica	144
Tabla 72 Numeración del Pasivo Ambiental Minero	145
Tabla 73 Datos de Campo de la Validación del Pasivo Ambiental Minero	146
Tabla 74 Clasificación Alto Desaguadero	148
Tabla 75 Clasificación UH Mauri	149
Tabla 76 Clasificación UH Desaguadero	150
Tabla 77 Clasificación UH Poopó	151
Tabla 78 Clasificación UH Poopó	151
Tabla 79 Clasificación UH Coipasa	152
Tabla 80 Jerarquización UH Alto Desaguadero	153
Tabla 81 Jerarquización UH Mauri	153
Tabla 82 Jerarquización UH Medio Desaguadero	154
Tabla 83 Jerarquización UH Poopó	154
Tabla 84 Jerarquización UH Poopó	155
Tabla 85 Jerarquización UH Coipasa	155
Tabla 86 Planteamiento de Líneas Estratégicas y Líneas de Acción	176
Tabla 87 Cobertura de recursos hídricos	201
Tabla 88 Parámetros estandarizados para integración de la cobertura	202

Tabla 89 Fuentes Contaminantes Naturales	203
Tabla 90 Parámetros estandarizados para integración de la cobertura	204
Tabla 91 Fuentes Contaminantes Antrópicas	204
Tabla 92 Parámetros estandarizados para integración de la cobertura	210
Tabla 93 Información geoespacial Pasivos Ambientales Mineros	210

Índice de Figuras

Figura 1 Unidades Hidrográficas del Área de Estudio	19
Figura 2 Ubicación del área de estudio	21
Figura 3 Criterios Pfasterter	24
Figura 4 Áreas de Drenaje o cuencas de captación	25
Figura 5 Generación vectorial de Unidades Hidrográficas	25
Figura 6 Inserción de códigos en las unidades hidrográficas	26
Figura 7 Unidades Hidrográficas del área de estudio	27
Figura 8 Unidad Hidrográfica Alto Desaguadero	28
Figura 9 Unidad Hidrográfica Medio Desaguadero	30
Figura 10 Recursos hídricos de Alto Desaguadero	32
Figura 11 Recursos hídricos en Medio Desaguadero	33
Figura 12 Unidad Hidrográfica Mauri	34
Figura 13 Recursos hídricos en la Unidad Hidrográfica Mauri	38
Figura 14 Unidad Hidrográfica en Coipasa	39
Figura 15 Recursos hídricos en la Unidad hidrográfica Coipasa	45
Figura 16 Unidad hidrográfica Poopó	46
Figura 17 Recursos hídricos en la unidad hidrográfica Poopó	49
Figura 18 Distribución de la población en el área de estudio	51
Figura 19 Sistematización y análisis de la información	54
Figura 20 Esquema de Clasificación de Fuentes Contaminantes	55
Figura 21 Espacialización de la calidad de agua (arsénico) y Fuentes Contaminantes Naturales (FC_NAT) y Antrópicas (FC_ANTRO) de la unidad hidrográfica Mauri	56
Figura 22 Codificación de las Fuentes Contaminantes	57
Figura 23 Clasificación y Jerarquización de las Fuentes Contaminantes (FC)	60
Figura 24 Ficha Técnica para la jerarquización de fuentes contaminantes	61
Figura 25 Ubicación de los puntos de muestreo de agua	65
Figura 26 Espacialización de las medidas de caudal (a) y conductividad eléctrica (b) en los puntos de muestreo de agua	70
Figura 27 Espacialización de todas las FC naturales y antrópicas reclasificadas.	71
Figura 28 Fuentes Contaminantes Naturales (FCN) y Antrópicas (FCA) seleccionadas para ser relacionadas con los cuerpos de agua muestreados	72
Figura 29 PTAR de Santiago de Machaca (a) y PTAR de Coro Coro (b) en la UH Alto Desaguadero	75
Figura 30 Mapa de ubicación de las aguas residuales municipales en la UH Alto Desaguadero	75
Figura 31 Mapa de ubicación de residuo sólidos en la UH Alto Desaguadero	76
Figura 32 Labores y residuos mineros del complejo minero Coro Coro de la UH Alto Desaguadero, ingenio para el procesamiento de minerales (a) y dique de colas (b).	78
Figura 33 Mapa de ubicación de labores y residuos mineros en la UH Alto Desaguadero.	79
Figura 34 Mapa de ubicación de depósitos naturales en la UH Alto Desaguadero	82
Figura 35 Fuente contaminantes por tipo de fuente contaminante en la UH Alto Desaguadero	83
Figura 36 Mapa de ubicación de las aguas residuales municipales en la UH Medio Desaguadero	85
Figura 37 Mapa de ubicación de residuo sólidos en la UH Medio Desaguadero	87
Figura 38 Labores y residuos mineros en el municipio de Patacamaya (a) y complejo minero Chacarilla (b) dentro de la UH Alto Desaguadero.	89
Figura 39 Mapa de ubicación de labores y residuos mineros en la UH Medio Desaguadero	90

Figura 40 Aguas naturales, salar de Tarquiamaya (a), ojo de agua en Tarquiamaya (b) y salera de Jayuma Llallagua (c), todos dentro de la UH Medio Desaguadero.	91
Figura 41 Mapa de ubicación de aguas naturales en la UH Medio Desaguadero	93
Figura 42 Mapa de ubicación de depósitos naturales en la UH Medio Desaguadero	94
Figura 43 Tipos de fuente contaminante en la UH Medio Desaguadero	95
Figura 44 Mapa de ubicación de las aguas residuales municipales en la UH Mauri	97
Figura 45 Mapa de ubicación de labores y residuos mineros en la UH Mauri	99
Figura 46 Mapa de ubicación de depósitos naturales en la UH Mauri	103
Figura 47 Tipos de fuentes contaminantes en la UH Mauri.	104
Figura 48 Mapa de ubicación de las aguas residuales municipales en la UH Poopó	107
Figura 49 Mapa de ubicación de residuo sólidos en la UH Poopó	109
Figura 50 Labores y residuos mineros en los centros mineros de Japo (a), Morococala (b), Santa Fe (c), Huanuni (d), Dique de colas de Avicaya (e), Nazareno (f), Poopó (g) y San José (h) dentro de la UH Alto Desaguadero.	113
Figura 51 Mapa de ubicación de labores y residuos mineros en la UH Poopó	114
Figura 52 Aguas naturales, agua termal en el balneario de Obrajes (a), agua termal en Poopó (b y c) y agua termal en Urmiri (d), todos dentro de la UH Poopó.	117
Figura 53 Mapa de ubicación de aguas naturales en la UH Poopó	119
Figura 54 Mapa de ubicación de depósitos naturales en la UH Alto Poopó	123
Figura 55 Tipos de fuentes contaminantes en la UH Poopó	125
Figura 56 Mapa de ubicación de las aguas residuales municipales en la UH Salar de Coipasa	128
Figura 57 Ubicación de residuo sólidos en la UH Salar de Coipasa	130
Figura 58 Ubicación de labores y residuos mineros en la UH Salar de Coipasa	132
Figura 59 Ubicación de aguas naturales en la UH Salar de Coipasa	133
Figura 60 Ubicación de depósitos naturales en la UH Salar de Coipasa	137
Figura 61 Origen de fuente contaminante por tipo, en la UH Salar de Coipasa.	138
Figura 62 Flujograma del Procedimiento Metodológico - PAM	139
Figura 63 Codificación del Pasivo Ambiental Minero	141
Figura 64 Identificación y Calculo del Volumen del Pasivo	143
Figura 65 Ubicación de los pasivos ambientales mineros	145
Figura 66 Ciclo de proceso de planificación	156
Figura 67 Etapas para el Planteamiento de estrategias	157
Figura 68 Proceso de Planificación	157
Figura 69 Actores en los niveles del Estado	158
Figura 70 Identificación de Fuentes Contaminantes	171
Figura 71 Priorización de proyectos para los entrevistados	172
Figura 72 Importancia del Impacto Ambiental de las Fuentes Contaminantes	173
Figura 73 Origen de las Fuentes Contaminantes	173
Figura 74 Importancia de Impacto Ambiental por Labores Mineras	174
Figura 75 Importancia de Impacto Ambiental por Residuos Mineros	174
Figura 76 Líneas Estratégicas para la Mitigación y Control de Fuentes Contaminantes	177
Figura 77 Digitalización de río con un curso inexistente	197
Figura 78 Digitalización de río sobre la cima del relieve	197
Figura 79 Desplazamiento de la red hídrica	197
Figura 80 Red hídrica fragmentada e incompleta	198
Figura 81 Secuencia para la validación de la Red de Drenaje	198
Figura 82 Índice de agua	199
Figura 83 Índice de vegetación (NDVI)	200
Figura 84 Clasificación de Fuentes Contaminantes según su origen	209
Figura 85 Localización de Pasivos Ambientales Mineros	212
Figura 86 Cartografía temática UH Alto Desaguadero	213
Figura 87 Fuentes Contaminantes en UH Alto Desaguadero	214
Figura 88 Cartografía UH Medio Desaguadero	215
Figura 89 Fuentes Contaminantes UH Medio Desaguadero	216
Figura 90 Cartografía temática UH Coipasa	217

<i>Figura 91 Fuentes Contaminantes UH Coipasa</i>	218
<i>Figura 92 Cartografía temática UH Mauri</i>	219
<i>Figura 93 Fuentes Contaminantes UH Mauri</i>	220
<i>Figura 94 Cartografía temática UH Poopó</i>	221
<i>Figura 95 Ubicación de Fuentes Contaminantes UH Poopó</i>	222
<i>Figura 96 Estructura Final de la Geodatabase</i>	223
<i>Figura 97 Distribución de Fotografías Geoetiquetadas en campo</i>	224

INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES EN EL SISTEMA HÍDRICO TDPS - EN EL AMBITO BOLIVIANO TDPS

Capítulo I: ASPECTOS GENERALES

1 INTRODUCCIÓN

La Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) es un proceso permanente, que implica cumplir distintas fases de articulación y sinergia entre los diferentes actores sociales e institucionales involucrados. Para el actual proceso de implementación de la GIRH en Bolivia, se considera que la "integralidad" se debe expresar, entre otros, en los siguientes temas y modalidades:

- ✓ Riego con enfoque de cuenca.
- ✓ Gestión y manejo de los sistemas de agua potable y el saneamiento básico con un enfoque de cuenca.
- ✓ Manejo de los recursos naturales y ambientales de una micro cuenca o cuenca, de forma coordinada entre el nivel nacional, departamental y local de gobierno, y la articulación intersectorial e interinstitucional.
- ✓ En relación a las cuencas transfronterizas, la integralidad implica el desarrollo de la cooperación entre países para la GIRH y el MIC (Manejo Integrado de Cuencas).

En este marco, Perú y Bolivia vienen implementando de manera conjunta el Proyecto Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema TDPS, estructurado en cuatro componentes y financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), el cual contribuirá en la planificación de acciones en los ámbitos binacional, nacional y local, con la participación activa de los actores clave en la gestión integrada del sistema.

En este sentido, el presente Estudio Complementario, está destinado a coadyuvar en los objetivos que persigue el Componente 1 de la GIRH, enfocando sus tareas en la identificación de Fuentes Contaminantes, Pasivos Ambientales Mineros y proponiendo lineamientos para su prevención y mitigación.

Es así que el Estudio "Inventario de Fuentes Contaminantes en el ámbito del sistema hídrico TDPS, lado Bolivia", inicia con el mapeo de actores, relevamiento de información, sistematización de la información secundaria, clasificación y jerarquización inicial de gabinete, tanto de cuerpos de agua como de pasivos ambientales mineros, posteriormente, con el uso de sistemas de información geográfica e imágenes satélite SENTINEL se identifican y priorizan las fuentes contaminantes que fueron validadas en campo, mediante toma de muestras de agua y análisis de laboratorio, así también a través de la medición de parámetros físicos de drenajes ácidos de mina. Asimismo, como parte del trabajo de campo se llevaron a cabo entrevistas a autoridades municipales y población habitante del área de estudio, con el objeto de tener una mayor comprensión de las condiciones de vida, percepción de las condiciones ambientales y necesidades en cada región.

Posteriormente, los resultados de campo fueron sistematizados y se aplicaron las metodologías para la Clasificación y Jerarquización de las Fuentes Contaminantes y Pasivos Ambientales Mineros, producto que fue empleado para el planteamiento de

lineamientos o ejes estratégicos para la prevención y mitigación de los impactos ambientales identificados.

2 ANTECEDENTES

Para el desarrollo del Inventario de Fuentes Contaminantes en el Sistema Hídrico TDPS, lado Bolivia, se tomó en cuenta la siguiente información:

- Inventario de Recursos Hídricos y Fuentes Contaminantes en la Cuenca del Lago Titicaca – Bolivia, del cual se adaptó la metodología para la Clasificación y Jerarquización de las Fuentes Contaminantes.
- Plan de Acción de los Lagos Poopó y Uru Uru 2015 – 2025, que da los lineamientos para la protección del sitio RAMSAR.
- Plan Director de la Cuenca del Lago Poopó”, 2018.
- Atlas Inventario de Pasivos Ambientales Mineros, 2006.
- Proyecto Sistema de Agua Subterránea de Bolivia, 2007.
- Inventario de Pasivos Ambientales Mineros, 2021.
- Registro de áreas mineras, 2021.
- Bases de datos de Monitoreo Hídrico, generadas por el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR).

3 MARCO NORMATIVO

El Estudio fue realizado en el siguiente marco jurídico:

- Ley 1333 del Medio Ambiente y sus Reglamentos
 - Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica. Decreto Supremo N° 24176
 - Reglamento Ambiental para Actividades Mineras. Decreto Supremo N° 24782.
 - Reglamento de Prevención y Control Ambiental. Decreto Supremo N° 24176.
- Decreto Supremo N° 26735 Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero. Promulgada el 30/07/2002.
- Ley 755 de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Promulgada el 28/10/2015.
- Ley 2878 Ley de Promoción y Apoyo al Sector Riego para la Producción Agropecuaria y Forestal.
 - Reglamento de la Ley de Promoción y Apoyo al Sector Riego para la Producción Agropecuaria y Forestal. Decreto Supremo N° 2881.
- Decreto Supremo N° 335, de fecha 21 de octubre de 2009, tiene por objeto Declarar Situación de Emergencia de carácter Departamental, debido a la inminente afectación a la salud humana y la seguridad alimentaria ocasionada por la prolongada presencia de contaminación y salinización de los suelos del área de influencia de la Sub-Cuenca Huanuni del Departamento de Oruro.

4 FUENTES DE INFORMACIÓN

La elaboración del Estudio Complementario 7 (EC-7), tomó como fuentes de información secundaria a las siguientes instituciones:

- Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR-MMAyA), base de datos de monitoreo de la calidad hídrica en las Unidades Hidrográficas del Desaguadero, Mauri, Poopó y ubicación de proyectos de sistemas de riego.
- Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR-MMAyA), geoespacialización de pasivos ambientales mineros 2021.
- Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR-MMAyA), Plan Director del Lago Poopó 2015.
- Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VPSB-MMAyA), Geoespacialización de rellenos y/o botaderos municipales, ubicación de sistemas de agua potable.
- ALT 2022, Inventario de Recursos Hídricos y Fuentes Contaminantes en la Cuenca Lago Titicaca Bolivia.
- Gobierno Autónomo Departamental de La Paz, Clasificación de los Cuerpos de Agua en la Cuenca del Río Desaguadero 2012.
- Gobierno Autónomo Departamental de Oruro, Clasificación de Cuerpos de Agua en la Cuenca Poopó A 2008.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Identificar, clasificar e inventariar las fuentes contaminantes de origen natural y antrópico que impactan sobre los recursos hídricos en las unidades hidrográficas Alto Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Salar de Coipasa y Poopó, del sistema TDPS en el lado de Bolivia.

5.2 Objetivos Específicos

- Elaborar una base de datos actualizada de fuentes contaminantes de origen natural y antrópico de los recursos hídricos de las unidades hidrográficas meta con base en información proporcionada por instancias competentes, de los últimos 10 años.
- Clasificar y jerarquizar las fuentes contaminantes naturales y de origen antrópico actuales con base en las características fisicoquímicas y nivel de carga contaminante de sus efluentes.
- Clasificar y jerarquizar los pasivos ambientales mineros, en el área de estudio, con base en la información secundaria y la información primaria relevada en trabajo de campo.
- Establecer lineamientos y acciones estratégicas de prevención, mitigación y control ambiental de fuentes contaminantes naturales y actuales identificadas y priorizadas por su nivel de impacto en los recursos hídricos, vinculantes a los instrumentos del sistema de planificación integral del Estado.

6 ALCANCE GEOGRÁFICO

El alcance geográfico, según la zonificación hídrica del Sistema TDPS, establece los siguientes municipios que componen las Unidades Hidrográficas de Coipasa, Poopó, Alto Desaguadero, Medio Desaguadero y Mauri.

Tabla 1 Zonificación hídrica

ZONIFICACIÓN HÍDRICA				COIPASA			
CANTIDAD DE MUNICIPIOS				24			
1	Llica	7	Todos Santos	13	Pampa Aullagas	19	Choquecota
2	Salinas de Garcí Mendoza	8	La Rivera	14	Belen de Andamarca	20	Turco
3	Coipasa	9	Carangas	15	Cruz de Machacamarca	21	Santiago de Huayllamarca
4	Sabaya	10	Yunguyo de Litoral	16	Escara	22	San Pedro de Totorá
5	Chipaya	11	Huachacalla	17	Santiago de Andamarca	23	Curahuara de Carangas
6	Uyuni	12	Esmeralda	18	Corque	24	Calacoto
ZONIFICACIÓN HÍDRICA				POOPÓ			
CANTIDAD DE MUNICIPIOS				34			
1	Tomave	10	Llallagua	18	Toledo	27	Sica Sica
2	Uyuni	11	Poopo	19	Oruro	28	Yaco
3	Belen de Urmiri	12	Santiago de Andamarca	20	Santiago de Huayllamarca	29	Colquiri
4	Santuario de Quillacas	13	Corque	21	San Pedro de Curahuara	30	Ichoca
5	Pampa Aullagas	14	Choquecota	22	Paria (Soracachi)	31	Tapacari
6	Santiago de Huari	15	Villa Huanuni	23	San Pedro de Totorá	32	Challapata
7	Pazna	16	Machacamarca	24	Eucaliptus	33	Uncia
8	Belen de Andamarca	17	El Choro	25	Papel Pampa	34	Bolívar
9	Antequera			26	Caracollo		
ZONIFICACIÓN HÍDRICA				MAURI			
CANTIDAD DE MUNICIPIOS				5			
1	Curahuara de Carangas	3	Calacoto	4	Charaña	5	Santiago de Machaca
2	Catacora						
ZONIFICACIÓN HÍDRICA				MEDIO DESAGUADERO			
CANTIDAD DE MUNICIPIOS				20			
1	Turco	6	Eucaliptus	11	Sica Sica	16	Coro Coro
2	San Pedro de Curahuara	7	Papel Pampa	12	Yaco	17	Ayo Ayo
3	San Pedro de Totorá	8	Santiago de Callapa	13	Waldo Ballivian	18	Colquencha
4	Chacarilla	9	Umala	14	Calacoto	19	Calamarca
5	Curahuara de Carangas	10	Caracollo	15	Patacamaya	20	Sapahaqui
ZONIFICACIÓN HÍDRICA				ALTO DESAGUADERO			
CANTIDAD DE MUNICIPIOS				16			
1	Santiago de Callapa	5	Charana	9	Nazacara de Pacajes	13	San Andrés de Machaca
2	Catacora	6	Coro Coro	10	Caquiaviri	14	Jesús de Machaca
3	Waldo Ballivian	7	Colquencha	11	Comanche	15	Guaqui
4	Calacoto	8	Santiago de Machaca	12	Laja	16	Tiahuanacu

El área de estudio conforma cinco unidades hidrográficas que implica parte de los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí y Cochabamba.

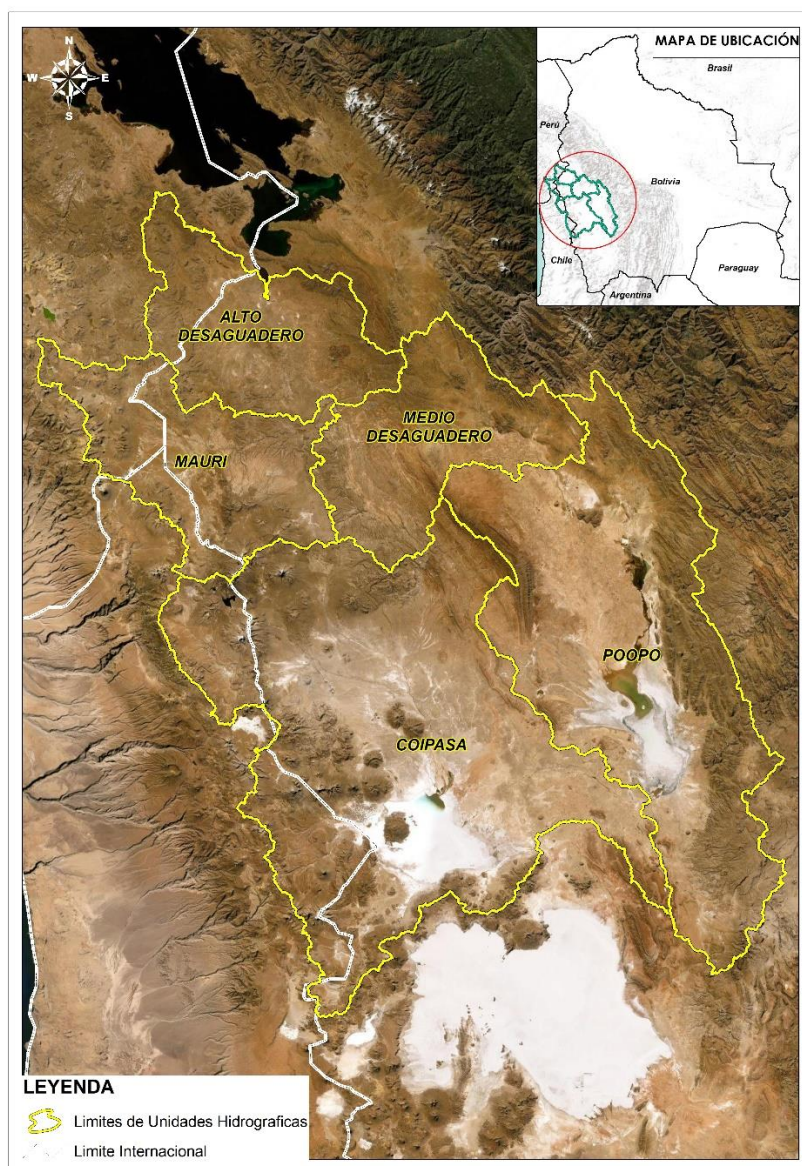


Figura 1 Unidades Hidrográficas del Área de Estudio

7 UBICACIÓN DEL ÁMBITO DEL ESTUDIO

El sistema está enmarcado por la Cordillera de los Andes, que se bifurca al sur de Perú en dos ramales, la Cordillera Occidental y la Oriental (Real). La cordillera Oriental separa al Sistema TDPS de las cuencas del Amazonas por el noreste y del Río de la Plata por el sureste (Cornejo y Molina, n.d.).

Este sistema es una gran cuenca endorreica y está caracterizado por la presencia de dos grandes lagos (Titicaca y Poopó) conectados por el río Desaguadero y dos grandes salares al sur (Coipasa y Uyuni).

El río Desaguadero lleva el caudal excedente del lago Titicaca al Poopó, del cual es la principal fuente de agua. El sistema tiene una superficie de casi 145.000 Km² (sin incluir la superficie del salar de Uyuni).

Esta extensa planicie del Altiplano constituye el denominado Sistema TDPS y está conformado por cuatro cuencas hidrográficas: la del Lago Titicaca, del río Desaguadero, del Lago Poopó y del Salar de Coipasa.

La cuenca endorreica se ubica entre Bolivia, Chile y Perú delimitada geográficamente por las coordenadas 14°03' a 20°00' latitud Sur y 66°21' a 71°07' longitud Oeste (*Cornejo y Molina, n.d.*).

Después de una grave sequía en 1983 y luego inundaciones en 1986-87 en esta cuenca, se decidió firmar convenios entre Perú y Bolivia. El principal objetivo de este convenio fue establecer un Plan Director Global Binacional de Protección - Prevención de Inundaciones y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos de este conjunto endorreico. Para el manejo de dicho plan los gobiernos de Perú y Bolivia establecieron el 29 de mayo de 1996 la "Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico del lago Titicaca, río Desaguadero, lago Poopó y Salar de Coipasa (ALT)" y es también cuando se establece el nombre de Sistema TDPS.

El inventario de fuentes contaminantes del sistema hídrico TDPS Ámbito Boliviano, se ha desarrollado en un área de 88.202,86 Km², que comprende las unidades hidrográficas de Alto Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Coipasa y Poopó, mostrándose a continuación en el siguiente gráfico de ubicación con el detalle de su superficie, perímetro y código Pfafstetter.

Tabla 2 Codificación de las Zonas hidrográficas del área de estudio

ZONA HIDROGRAFICA	AREA (Km ²)	PERIMETRO (Km)	CODIGO PFAFSTETTER
ALTO DESAGUADERO	9301,89	654,42	0151-0152-0153-0154-0156
COIPASA	34182,53	1491,55	010-011-012-0131
MAURI	9919,24	777,64	014
MEDIO DESAGUADERO	9397,51	696,02	0138-0139
POOPO	25401,69	1257,57	0132-0133-0134-0135-0136-0137

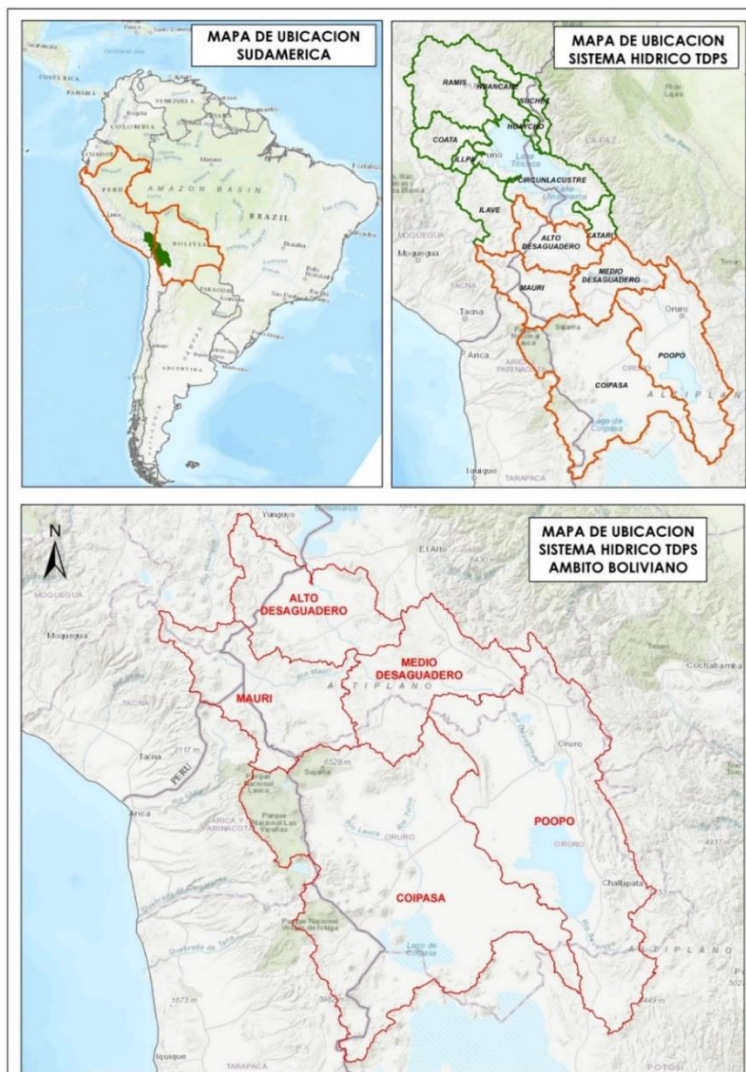


Figura 2 Ubicación del área de estudio

Las características morfométricas referentes a elevación y pendiente se muestran a continuación:

Tabla 3 Características morfométricas del área de estudio

ZONA HIDROGRAFICA	ELEVACION MINIMA	ELEVACION MAXIMA	DIFERENCIA DE ELEVACION	ELEVACION MEDIA	PENDIENTE MINIMA	PENDIENTE MAXIMA	PENDIENTE MEDIA
COIPASA	3620	6577	2957	3984,61	0,00	74,22	6,03
POOPO	3578	5444	1866	3916,24	0,00	72,26	6,02
MAURI	3798	6311	2513	4320,25	0,00	70,10	7,70
MEDIO DESAGUADERO	3708	5054	1346	3964,23	0,00	62,11	6,15
ALTO DESAGUADERO	3796	5219	1423	4031,02	0,00	70,97	6,38

8 METODOLOGÍA

8.1 Procedimiento para la Organización del Estudio

El procedimiento para el Desarrollo y Organización del Estudio, fue dividido en etapas, descritas a continuación:

a. ETAPA 1 – PLANIFICACIÓN

Consistió en la revisión de información secundaria, comprendió la recopilación y evaluación de la información técnica generada en el área de interés y publicada por organismos técnicos especializados, gobiernos regionales y locales, entre otros, tales como:

- Mapas regionales o distritales según el ámbito de estudio.
- Bases de datos de calidad de cuerpos de agua, del área de estudio.
- Metodologías de Jerarquización y la Evaluación de la Importancia Ambiental.
- Estudios de investigación realizados en el área de estudio.

Así también, en esta etapa se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Sistematización de la información secundaria.
- Mapeo de actores.
- Identificación de fuentes de información, posibles vacíos y brechas de información.
- Identificación de estrategias y acciones para la complementación de información.
- Ajuste del Plan de Trabajo Global.
- Elaboración del Cronograma de actividades del equipo consultor.
- Elaboración del Plan de Viajes para validación y/o complementación de información.

b. ETAPA 2 – TRABAJO DE CAMPO

La Etapa 2 consistió en la ejecución del Plan de Viajes y consiguientemente el Trabajo de Campo, teniendo las siguientes actividades:

- Reconocimiento de campo.
- Coordinación con los representantes de las instituciones estatales y privadas, actores de cuenca locales, organizaciones de usuarios de agua, comunidades campesinas y/o nativas, entre otros, tal que se lleguen a acuerdos de colaboración respecto a las actividades del inventario.
- Complementación y verificación de información en campo en las unidades hidrográficas priorizadas, a través de medición de parámetros in situ y toma de muestras de agua, considerando criterios.

c. ETAPA 3 – SISTEMATIZACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Trabajo de gabinete que consistió en la revisión, validación, y sistematización de la información obtenida en trabajo de campo. Consistió en la elaboración del documento

técnico que presenta la situación actual del comportamiento de las Fuentes Contaminantes, que sistematiza la información básica y a su vez constituye un instrumento para la Clasificación y Jerarquización, y finalmente para el planteamiento de acciones estratégicas.

En este sentido, se tienen las siguientes actividades:

- Consolidación de las Geodatabases de fuentes contaminantes.
- Análisis espacial y temporal de la información sistematizada.
- Aplicación de la Metodología para la Jerarquización y Evaluación de la Importancia Ambiental, facilitada por la instancia de Supervisión, definida en la primera etapa y mejorada con aportes del Equipo Consultor.
- Elaboración de mapas temáticos.

Así también en esta etapa se plantean Ejes Estratégicos y Líneas Acción, con base en los resultados obtenidos en el estudio, conducentes a la prevención y mitigación de los impactos ambientales provocados por las Fuentes Contaminantes.

- Planteamiento de Ejes Estratégicos.
- Planteamiento de Líneas de Acción para la mitigación y control de fuentes contaminantes naturales y antrópicas.

Cada Línea de Acción es descrita en Fichas Técnicas que resumen objetivos, procesos involucrados, presupuesto referencial y otros detalles para la ejecución de dichas acciones.

8.2 Metodología de Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas (UH)

Para un mejor entendimiento de la distribución geoespacial de las fuentes contaminantes de origen natural o antrópico se utilizó la metodología Pfafstetter para observar las características de la cuenca, intercuenca o cuenca cerrada, esto brinda un panorama del área natural donde se encuentra el nivel de codificación, si se encuentra en una cabecera, desembocadura o si es un área de paso a través de un río, lo cual permite observar la permanencia o intermitencia de la red hidrográfica y los cuerpos de agua.

Para cuyo efecto se describen los términos adoptados según la metodología Pfafstetter:

- ✓ **Unidad Hidrográfica** El concepto de unidad hidrográfica fue creado por Otto Pfafstetter en 1989, por esta razón a estas unidades se les suele denominar también "ottocuenca". Las unidades hidrográficas son áreas de drenaje limitadas por líneas divisorias de aguas, y que se relacionan espacialmente por sus códigos. El método de Pfafstetter describe tres clases de unidades hidrográficas o de drenaje: cuencas, intercuenca y cuencas internas.
- ✓ **Cuenca**, es un área que no recibe drenaje de ninguna otra área, pero si contribuye con flujo a otra unidad de drenaje a través del curso del río principal.
- ✓ **Intercuenca**, es un área que recibe drenaje de otra unidad aguas arriba, mediante el curso del río considerado como el principal y permite el tránsito de las aguas hacia la unidad de drenaje que se ubica hacia aguas abajo. Una intercuenca, es una unidad de drenaje de tránsito del río principal.

- ✓ **Cuenca interna**, es un área de drenaje que no recibe flujo de agua de otra unidad ni contribuye con flujo de agua a otra unidad de drenaje, frecuentemente suele contar con un cuerpo de agua (lago) en la parte central de la unidad en el cual confluyen los cursos que en ella se encuentran.

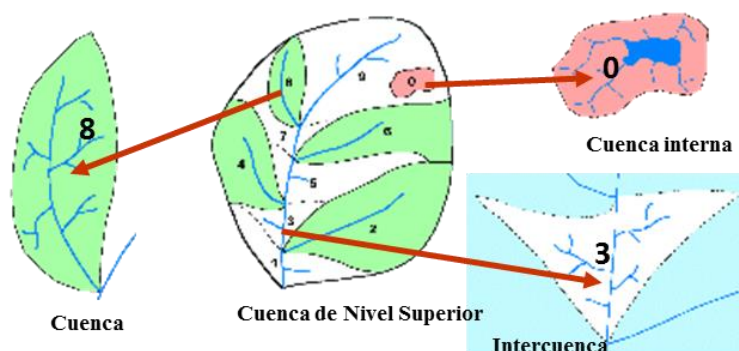


Figura 3 Criterios Pfafstetter

8.3 Proceso de Delimitación de Unidades hidrográficas y consolidación de la red hídrica

El proceso de delimitación de unidades hidrográficas considera el Modelo Digital de Elevación SRTM del sistema TDPS, ámbito boliviano, como información base para:

1) Generación de áreas de drenaje o cuencas de captación (watersheds):

Este proceso consiste en determinar semiautomáticamente las áreas de drenaje (watersheds) con el criterio de delimitación del sistema Pfafstetter.

Comprende los siguientes subprocesos:

- a) Generación de la dirección de flujo
- b) Generación de la acumulación de flujo
- c) Determinación del umbral de acumulación de flujo específico
- d) Obtención de un tema de reclasificación
- e) Generación de la red de drenaje relevante
- f) Generación de unidades de drenaje (watersheds)

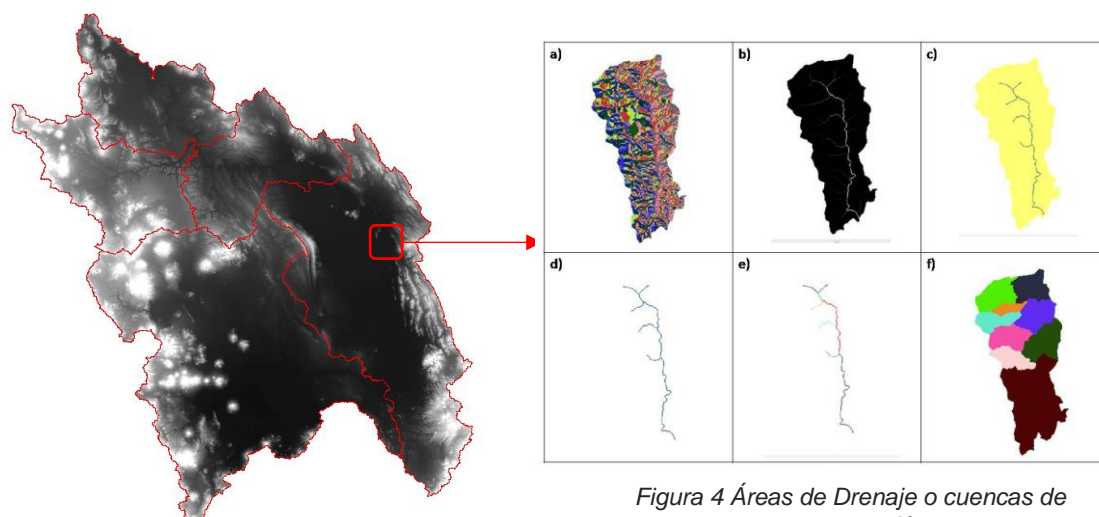


Figura 4 Áreas de Drenaje o cuencas de captación

2) Generación Vectorial de Unidades Hidrográficas:

Este proceso consiste en convertir las unidades hidrográficas (watersheds) obtenidos, al formato vectorial de tipo polígono. Está comprendido por los siguientes subprocesos:

- a. Conversión de raster a polígono
- b. Conversión de polígonos a líneas
- c. Reconversión de líneas a polígonos

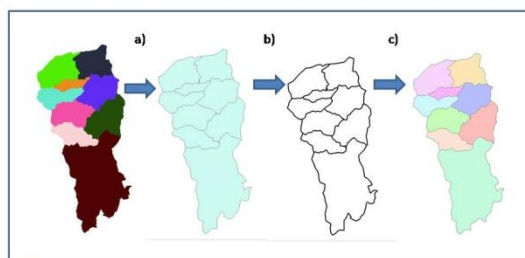


Figura 5 Generación vectorial de Unidades Hidrográficas

3) Inserción de los códigos de las unidades hidrográficas

Este proceso consiste en ingresar los valores correspondientes de cada unidad hidrográfica en la respectiva tabla de atributos, representada en una estructura tabular, en la cual los registros o filas representan a cada una de las unidades hidrográficas y los campos o columnas a cada una de las características de estas unidades.



Figura 6 Inserción de códigos en las unidades hidrográficas

Capítulo II: HIDROGRAFÍA DEL SISTEMA TDPS

9 CUENCAS, INTERCUENCAS Y CUENCAS INTERNAS

9.1 Cuencas que componen el sistema TDPS

Según la zonificación hidrográfica, las unidades hidrográficas que componen el sistema TDPS son 14 en total, de las cuales 3 en su totalidad se encuentra en el lado boliviano (Poopó, Medio Desaguadero y Katari), 5 en el lado peruano (Huancane, Ramis, Illpa, llave y Coata) y 6 son de carácter Binacional (Suchez, Huaycho, Circunlacustre, Alto Desaguadero, Mauri y Coipasa).

Para el presente trabajo, el área de estudio se concentra en 5 unidades hidrográficas: Alto Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Poopó y Coipasa como se muestra a continuación:

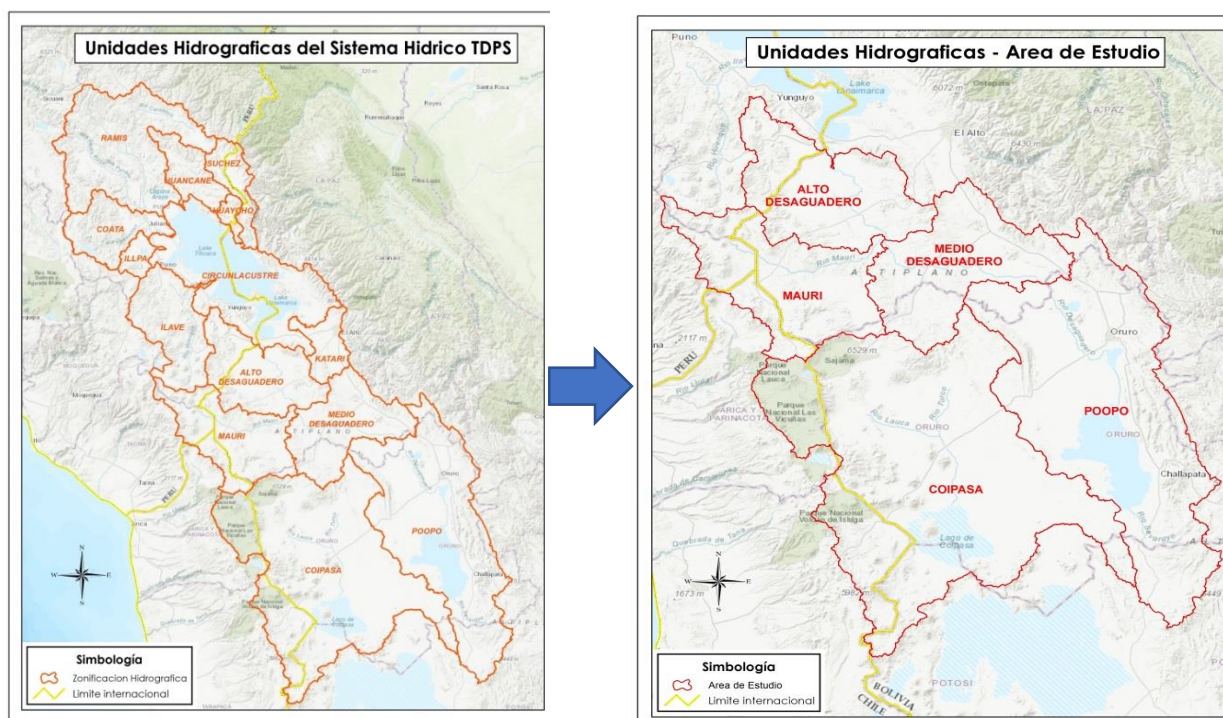


Figura 7 Unidades Hidrográficas del área de estudio

9.2 Características y descripción

9.2.1 Unidad Hidrográfica Alto y Medio Desaguadero

El río Desaguadero nace en la parte sudoeste del lago Titicaca, en la frontera Perú - Bolivia, y pasa cerca de las localidades de Calacoto, Ulloma y Puerto Japonés.

En las márgenes del territorio boliviano, sus aguas son utilizadas para riego.

El río tiene una longitud de 398 kilómetros con tres trechos bien característicos: los primeros 63 Km están sobre unas llanuras anchas (del puente internacional a Nazacara), continúa hasta el Km 226 una zona montañosa (de Nazacara a Chilahuala), y el trecho final presenta unas llanuras de inundación (de Chilahuala al Lago Poopó).

Su cuenca representa el 21,6% del área del sistema TDPS (Cornejo y Molina, n.d.; Molina y Carrasco, 2014).

La Cordillera Occidental es predominantemente volcánica, con intercalaciones de depósitos de vertiente importantes y la Cordillera Oriental es más estrecha y sedimentaria. Aguas abajo, inmediatamente después de su nacimiento, el río Desaguadero recibe numerosos tributarios, el más importante es el río Mauri (32% de la cuenca). Otros tributarios son los ríos Kheto (16% de la cuenca), Caranguilla, Llinqui, Khora y Kilihiiri (Yuque y Molina, 2015).

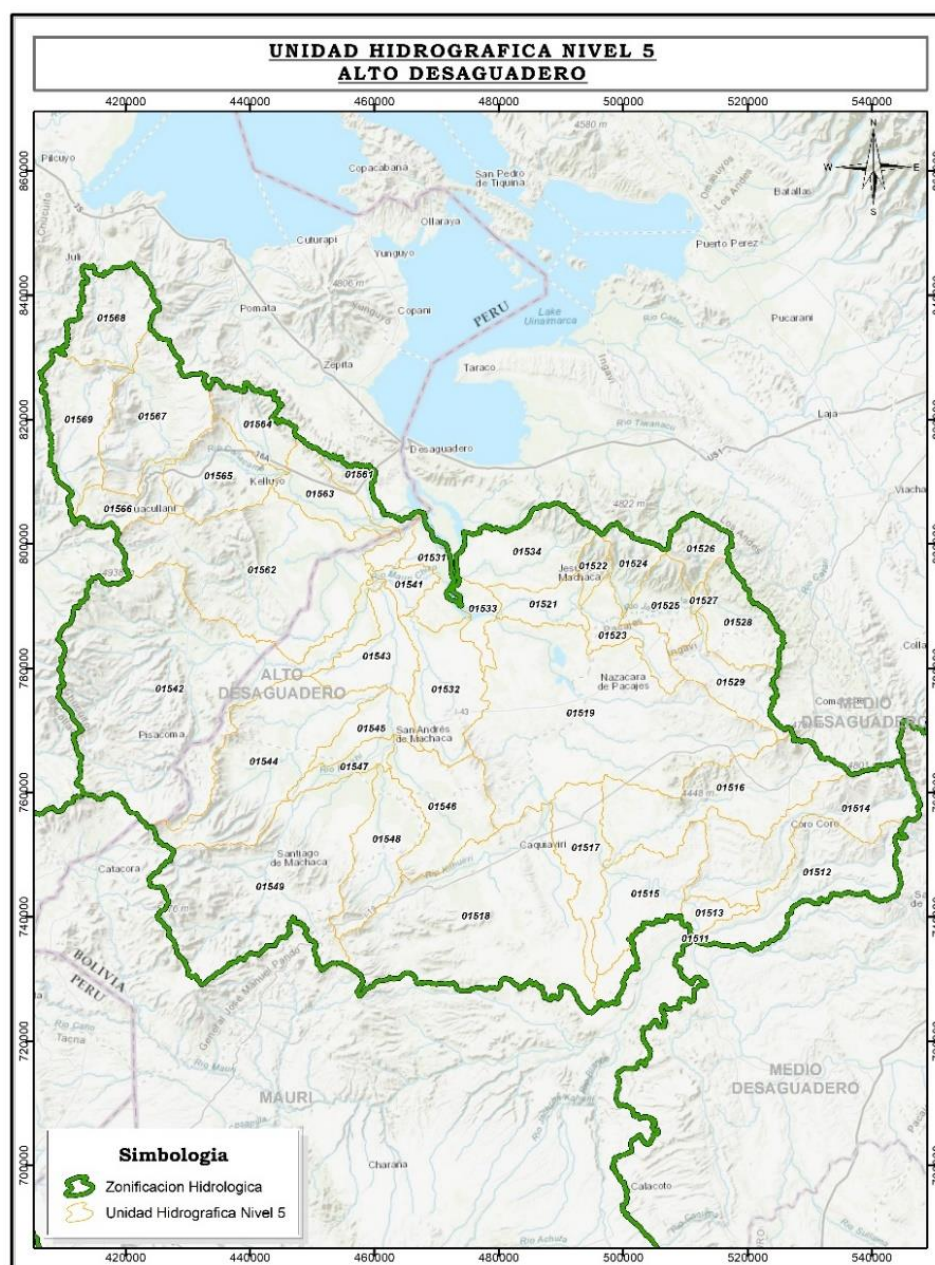


Figura 8 Unidad Hidrográfica Alto Desaguadero

Según la Metodología Pfafstetter, la unidad hidrográfica Alto Desaguadero está compuesta por las unidades hidrográficas 0151-0152-0153-0154-0156 y a nivel 5 contiene 40 unidades hidrográficas como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 4 Unidades hidrográficas de Alto Desaguadero

Zona Hidrográfica	NIVEL_3	NIVEL_4	NIVEL 5
Alto Desaguadero	015	0151	01511
			01512
			01513
			01514
			01515
			01516
			01517
			01518
			01519
		0152	01521
			01522
			01523
			01524
			01525
			01526
			01527
			01528
			01529
		0153	01531
			01532
			01533
			01534
		0154	01541
			01542
			01543
			01544
			01545
			01546
			01547
			01548
01549			
0156	01561		
	01562		

			01563
			01564
			01565
			01566
			01567
			01568
			01569

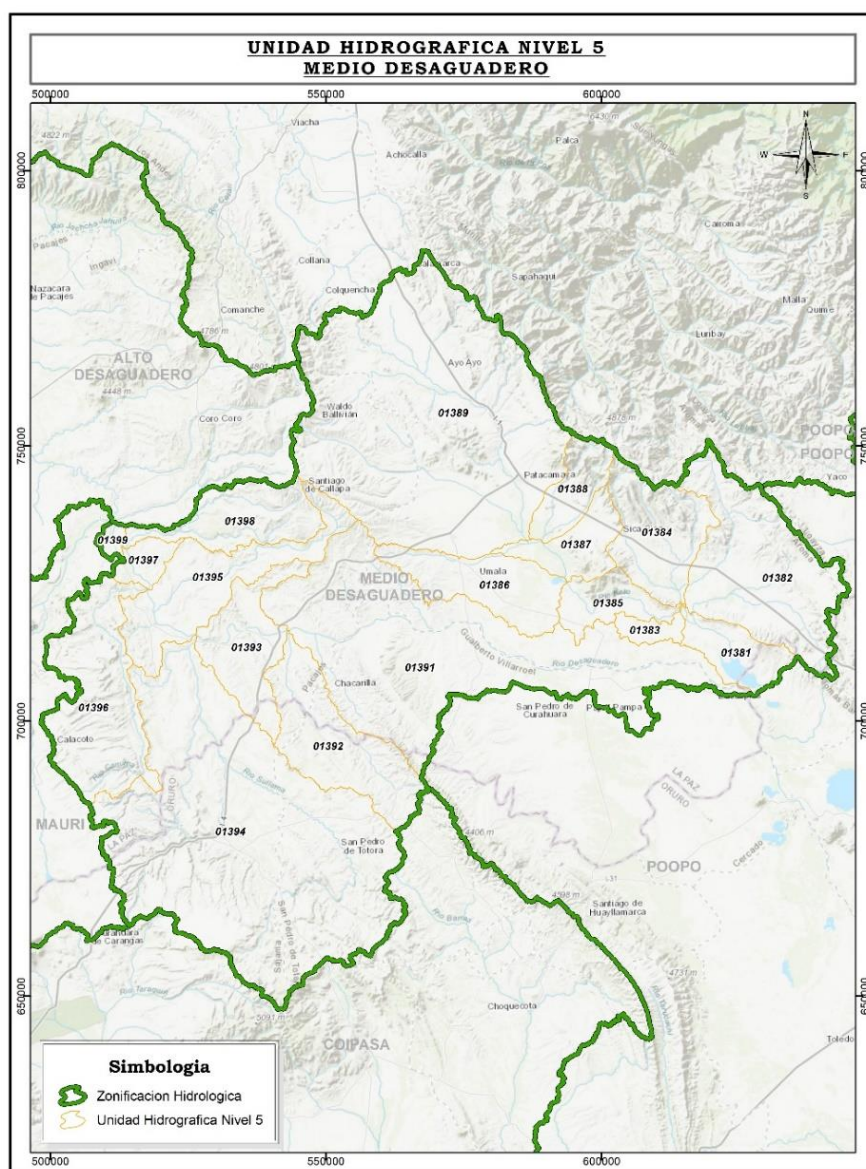


Figura 9 Unidad Hidrográfica Medio Desaguadero

Por su parte la unidad hidrográfica Medio Desaguadero está compuesta por las unidades hidrográficas 0138-0139 y a nivel 5 contiene 18 unidades hidrográficas como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 5 Unidades Hidrográficas que componen Medio Desaguadero

Zona Hidrográfica	NIVEL_3	NIVEL_4	NIVEL_5	Superficie Km ²
Medio Desaguadero	013	0138	01381	164,24
			01382	656,04
			01383	52,69
			01384	328,09
			01385	151,91
			01386	294,05
			01387	167,45
			01388	155,13
			01389	1889,70
		0139	01391	1458,07
			01392	422,91
			01393	289,28
			01394	2051,39
			01395	410,22
			01396	532,07
			01397	71,66
			01398	277,14
			01399	25,48

9.2.2 Recursos Hídricos de la Unidad Hídrica Alto Desaguadero

En la siguiente tabla se presentan los cuerpos de agua que se encuentran en Alto Desaguadero:

Tabla 6 Recursos hídricos de Alto Desaguadero

UNIDAD HIDROGRÁFICA	RIOS PERMANENTES	RIOS INTERMINENTES	LAGOS O LAGUNAS
ALTO DESAGUADERO	472	4833	173

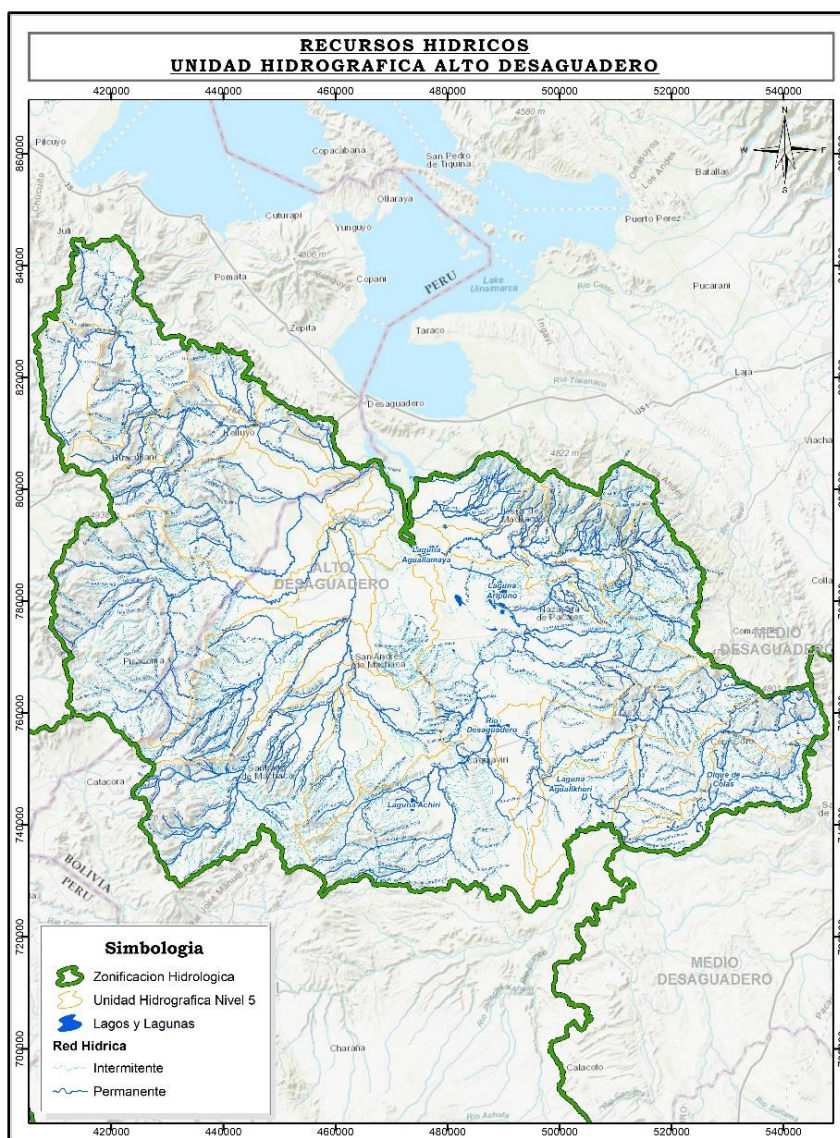


Figura 10 Recursos hídricos de Alto Desaguadero

9.2.3 Recursos Hídricos de la Unidad Hidrográfica Medio Desaguadero

Tabla 7 Recursos hídricos en Medio Desaguadero

UNIDAD HIDROGRAFICA	RIOS PERMANENTES	RIOS INTERMINENTES	LAGOS O LAGUNAS
MEDIO DESAGUADERO	627	3773	213

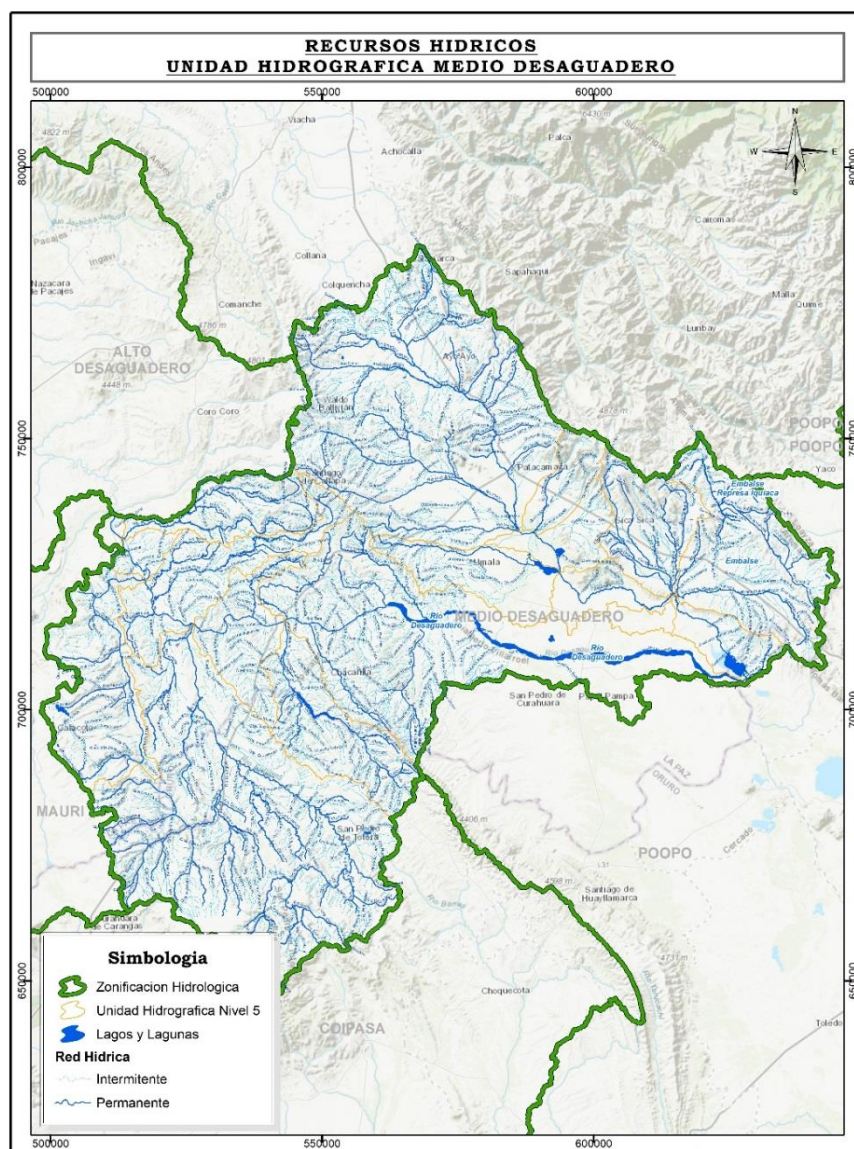


Figura 11 Recursos hídricos en Medio Desaguadero

9.2.4 Unidad Hidrográfica Mauri

El río Mauri atraviesa una vasta zona montañosa de la Cordillera Occidental y una importante meseta volcánica. Está comprendida entre los territorios de Perú, Bolivia y Chile, nace en la República del Perú y su recorrido termina en territorio boliviano.

El sector peruano corresponde a los departamentos de Tacna y Puno, provincias de Tarata, Chucuito y El Collao respectivamente.

El sector boliviano en el departamento de La Paz, provincia Pacajes y en el sector chileno en la provincia de Tarapaca.

Por esta condición, este río adquiere gran importancia por su ubicación e influencia sobre las poblaciones ribereñas.

El río Mauri por las características de sus aguas cumple la función de regular la salinidad del río Desaguadero que contiene un porcentaje de salinidad considerable; las mismas, en el curso inferior, son utilizadas por las poblaciones ribereñas en diferentes usos.

Es el principal río que drena la cuenca del Mauri, que tiene sucesivamente las denominaciones de Quillvire-Maure-Mauri. Nace en las cercanías del nevado Larjanco y de la laguna Vilacota; su longitud total hasta Calacoto es de 198 Km. Tiene como afluentes por su margen derecha a los ríos Casapilla de 79 Km de longitud y Achuta, de 77 Km de longitud. Al primero en el kilómetro 122 y al segundo a los 80 Km.

De acuerdo a la curva hipsométrica (porcentaje de área de la cuenca o bien la superficie de la cuenca que existe por encima de cierta cota determinada), esta zona es madura, con alta erosión en cabecera, inestable en su parte baja. El índice de compacidad muestra una zona con una irregularidad alta. (Molina y Carrasco, 2014).

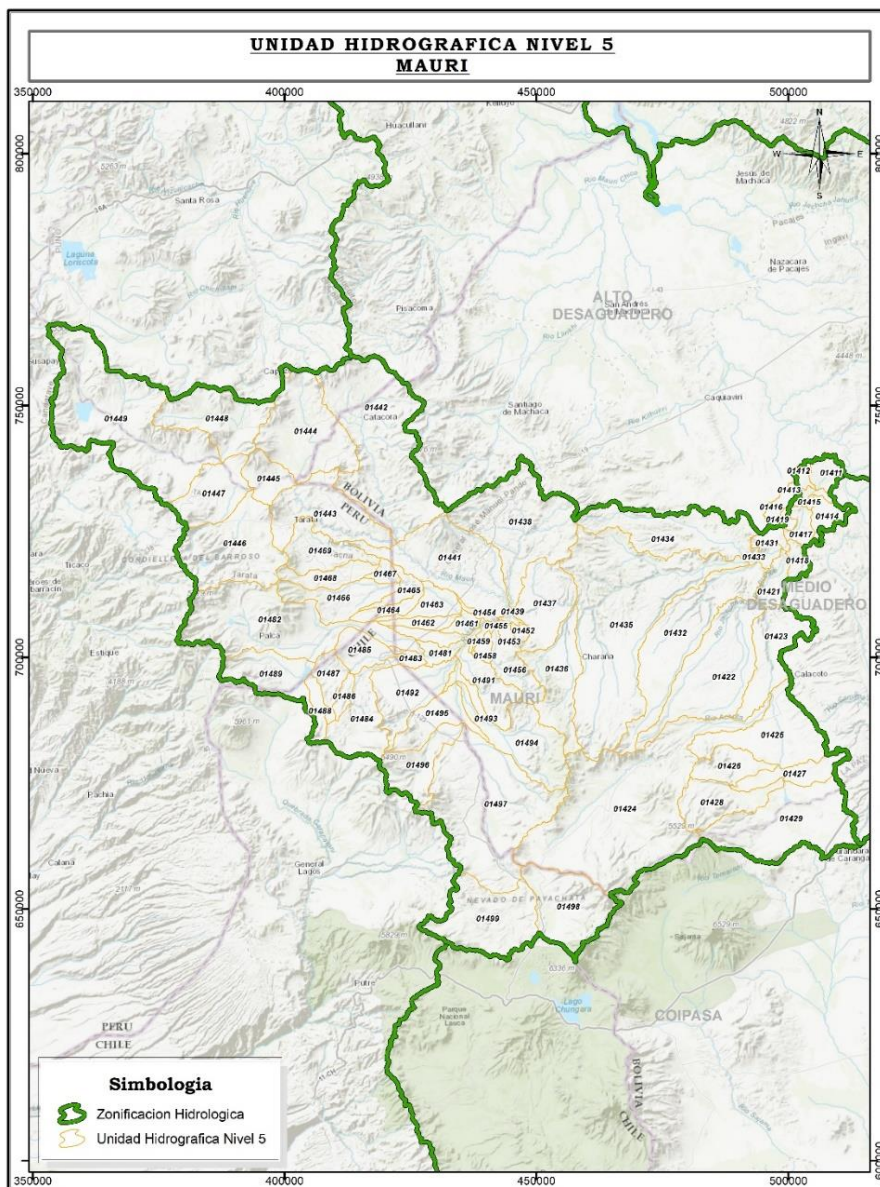


Figura 12 Unidad Hidrográfica Mauri

Según la Metodología Pfafstetter la unidad hidrográfica Mauri está compuesta por la unidad hidrográfica 014 y a nivel 5 contiene 73 unidades hidrográficas, tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 8 Códigos de la Unidad Hidrográfica Mauri

Zona Hidrográfica	NIVEL_3	NIVEL_4	NIVEL_5	Superficie Km ²
Mauri	014	0141	01411	35,74
			01412	16,05
			01413	17,12
			01414	39,83
			01415	4,63
			01416	24,96
			01417	33,00
			01418	24,43
			01419	31,70
		0142	01421	47,82
			01422	307,57
			01423	152,49
			01424	769,23
			01425	208,98
			01426	77,59
			01427	75,97
			01428	121,26
			01429	317,66
		0143	01431	18,99
			01432	311,50
			01433	5,20
			01434	249,75
			01435	703,75
			01436	172,38
			01437	155,48
			01438	348,33
			01439	0,38
		0144	01441	287,95
			01442	506,48
			01443	211,52
			01444	277,01
			01445	69,36
			01446	263,61

		01447	138,60	
		01448	197,35	
		01449	566,57	
	0145	01451	6,30	
		01452	10,08	
		01453	12,40	
		01454	11,24	
		01455	0,77	
		01456	75,07	
		01457	1,80	
		01458	15,71	
		01459	7,89	
		0146	01461	21,52
			01462	29,84
	01463		53,67	
	01464		32,46	
	01465		32,34	
	01466		112,09	
	01467		20,01	
	01468		64,27	
	01469		107,10	
	0148	01481	27,96	
		01482	391,34	
		01483	14,82	
		01484	140,57	
		01485	68,34	
		01486	20,69	
		01487	54,15	
		01488	34,81	
		01489	130,19	
	0149	01491	90,69	
		01492	147,83	
		01493	23,34	
		01494	181,36	
		01495	98,59	

		01496	117,76
		01497	514,35
		01498	206,28
		01499	244,38
	0147	—	36,92

9.2.5 Recursos Hídricos de la Unidad Hidrográfica Mauri

En la siguiente tabla se presentan los recursos hídricos que se encuentran en la Unidad Hidrográfica Mauri:

Tabla 9 Recursos hídricos en la UH Mauri

UNIDAD HIDROGRAFICA	RIOS PERMANENTES	RIOS INTERMINENTES	LAGOS O LAGUNAS
MAURI	118	3789	34

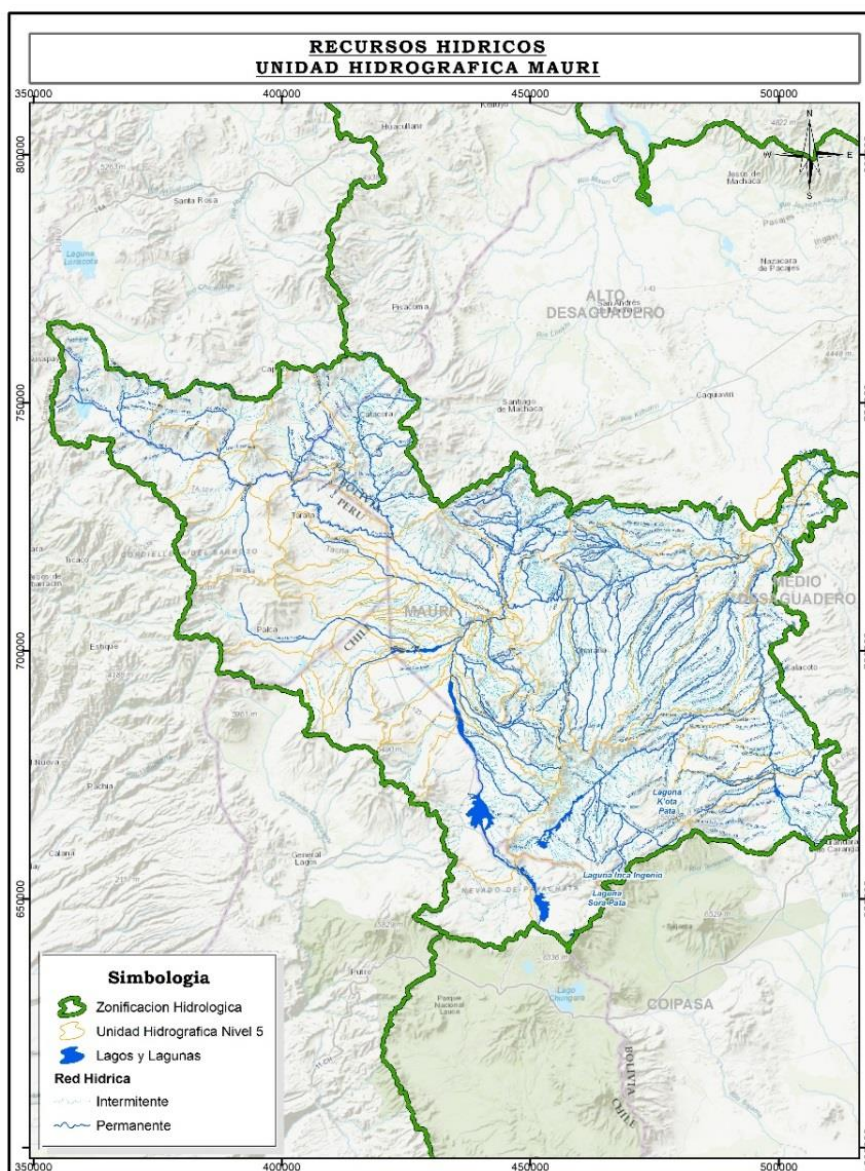


Figura 13 Recursos hídricos en la Unidad Hidrográfica Mauri

9.2.6 Unidad Hidrográfica Coipasa

El Salar de Coipasa se encuentra en la parte central oeste del altiplano andino, a una altitud de 3657 m.s.n.m. con una profundidad de 3.5 m. Tiene alrededor de 700 Km de largo y 50 Km de ancho, con una superficie de 2.218 Km².

La cuenca del Salar de Coipasa se encuentra entre los territorios de Bolivia (Departamento de Oruro: Provincia de Sajama, Carangas, Atahuallpa, Litoral y Ladislao Cabrera) y Chile (región de Tarapacá y parcialmente la provincia de Iquique).

El Salar de Coipasa rodea por completo el lago Coipasa y el río Lauca es su principal afluente. (*Encyclopedia Britannica – Coipasa Salt Flat.*) (Cornejo y Molina, n.d.). Por su tamaño, este río forma una laguna a su ingreso en el salar.

Otros ríos de menor importancia son el Barras, que drena el sector nororiental (Serranía de Corque), el Laca Jahuirá, el Sabaya, el Moscoma y el Silvinto. Algunos de estos ríos

y los tributarios menores del salar presentan caudales sólo durante la estación de lluvias (*Encyclopedia Britannica – Coipasa Salt Flat.*) (Yuque y Molina, 2015).

La cuenca es madura, con erosión baja en la cabecera y estable en la parte baja; clasificada como una zona de irregularidad alta. (Yuque y Molina, 2015)

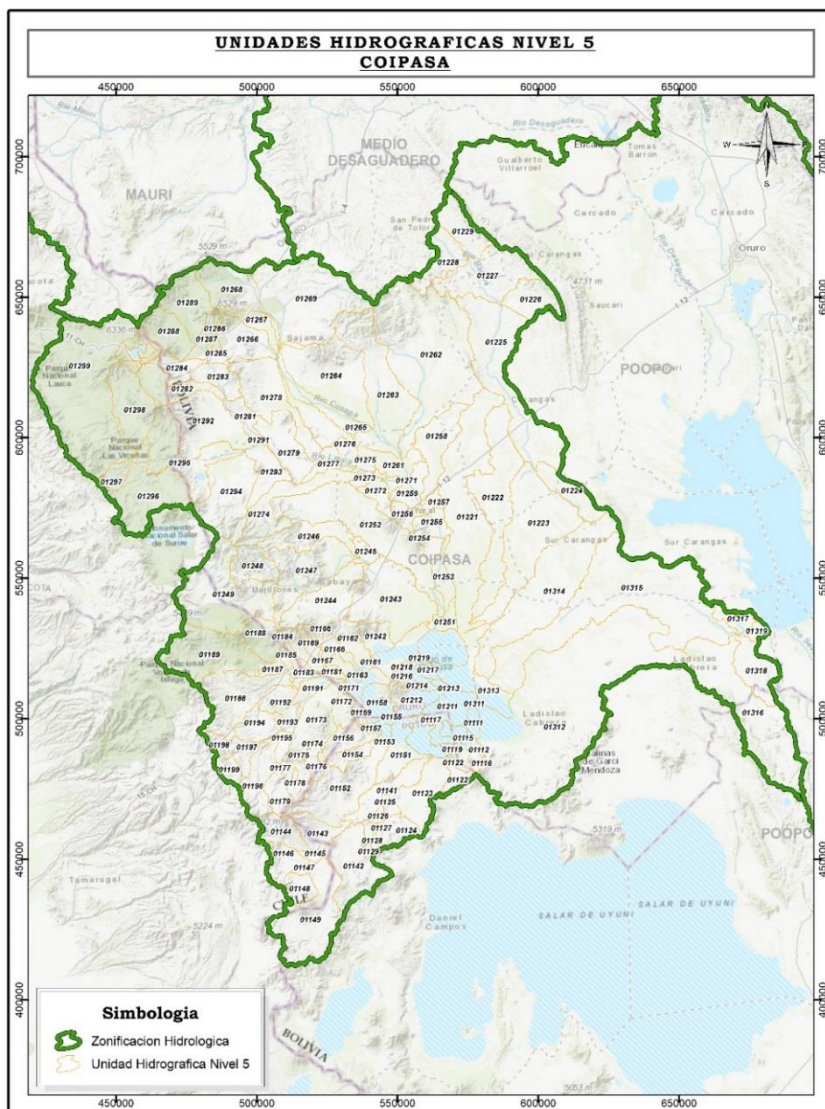


Figura 14 Unidad Hidrográfica en Coipasa

Según la Metodología Pfafstetter la unidad hidrográfica Coipasa está compuesta por las unidades hidrográficas 010-011-012-0131 y a nivel 5 contiene 165 unidades hidrográficas como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 10 Unidades hidrográficas en Coipasa

Zona Hidrográfica	NIVEL_3	NIVEL_4	NIVEL_5	Superficie Km ²
Coipasa	011	0111	01111	41,45
			01112	18,31
			01113	3,71
			01114	39,39

		01115	4,41
		01116	36,10
		01117	57,02
		01118	40,01
		01119	23,45
	0112	01121	2,96
	0112	01122	67,88
	0112	01123	273,28
	0112	01124	117,82
	0112	01125	33,63
	0112	01126	24,63
	0112	01127	15,57
	0112	01128	15,03
	0112	01129	41,06
	0114	01141	191,18
	0114	01142	368,04
	0114	01143	160,50
	0114	01144	156,18
	0114	01145	19,76
	0114	01146	140,98
	0114	01147	20,68
	0114	01148	105,23
	0114	01149	538,28
	0115	01151	194,50
	0115	01152	469,30
	0115	01153	18,67
	0115	01154	90,30
	0115	01155	28,05
	0115	01156	125,08
	0115	01157	16,76
	0115	01158	126,50
	0115	01159	97,51
	0116	01161	24,68
	0116	01162	132,58
	0116	01163	0,67

			01164	45,85
			01165	70,90
			01166	23,01
			01167	5,91
			01168	18,13
			01169	44,18
		0117	01171	27,65
			01172	77,72
			01173	256,85
			01174	22,16
			01175	12,97
			01176	39,08
			01177	58,90
			01178	53,73
			01179	119,23
		0118	01181	30,14
			01182	77,80
			01183	48,34
			01184	28,50
			01185	34,69
			01186	411,84
			01187	42,65
			01188	162,48
			01189	503,14
		0119	01191	81,80
			01192	128,38
			01193	38,20
			01194	138,25
			01195	48,42
			01196	219,79
			01197	99,86
			01198	54,84
			01199	72,24
	012	0121	01211	159,19
			01212	144,07

		01213	5,36
		01214	42,93
		01215	11,09
		01216	33,44
		01217	34,21
		01218	24,18
		01219	15,84
	0122	01221	1000,68
		01222	653,73
		01223	774,67
		01224	184,60
		01225	841,41
		01226	210,30
		01227	448,14
		01228	205,72
		01229	224,50
	0124	01241	158,10
		01242	112,68
		01243	569,52
		01244	349,70
		01245	56,56
		01246	231,66
		01247	466,42
		01248	178,70
		01249	700,52
	0125	01251	65,06
		01252	797,42
		01253	102,34
		01254	56,42
		01255	104,53
		01256	73,03
		01257	45,08
		01258	277,11
		01259	117,13
	0126	01261	150,59

			01262	1337,93
			01263	842,25
			01264	593,13
			01265	175,70
			01266	233,08
			01267	103,77
			01268	310,89
			01269	852,37
		0127	01271	29,38
			01272	86,11
			01273	37,43
			01274	321,74
			01275	31,04
			01276	63,01
			01277	81,29
			01278	400,97
			01279	277,52
			0128	01281
		01282		91,43
		01283		140,83
		01284		109,45
		01285		48,84
		01286		15,73
		01287		81,80
		01288		216,64
		01289		283,40
		0129	01291	7,64
			01292	429,16
			01293	174,65
			01294	453,88
			01295	429,18
			01296	444,49
			01297	117,79
			01298	342,71
			01299	1329,09

			01311	2,12
			01312	2423,50
			01313	121,62
			01314	888,44
	013	0131	01315	1582,15
			01316	864,64
			01317	85,95
			01318	235,83
			01319	46,14
	011	0113	—	114,86
		0106	—	123,67
		0108	—	16,50
		0101	—	23,06
		0109	—	44,42
	010	0102	—	21,17
		0103	—	17,90
		0104	—	11,51
		0105	—	3,86
		0107	—	3,74
	012	0123	—	182,12
	012	0120	—	183,04

9.2.7 Recursos Hídricos de la Unidad Hidrográfica Coipasa

Tabla 11 Recursos hídricos de la unidad hidrográfica Coipasa

UNIDAD HIDROGRAFICA	RIOS PERMANENTES	RIOS INTERMINENTES	LAGOS O LAGUNAS
COIPASA	441	3680	208

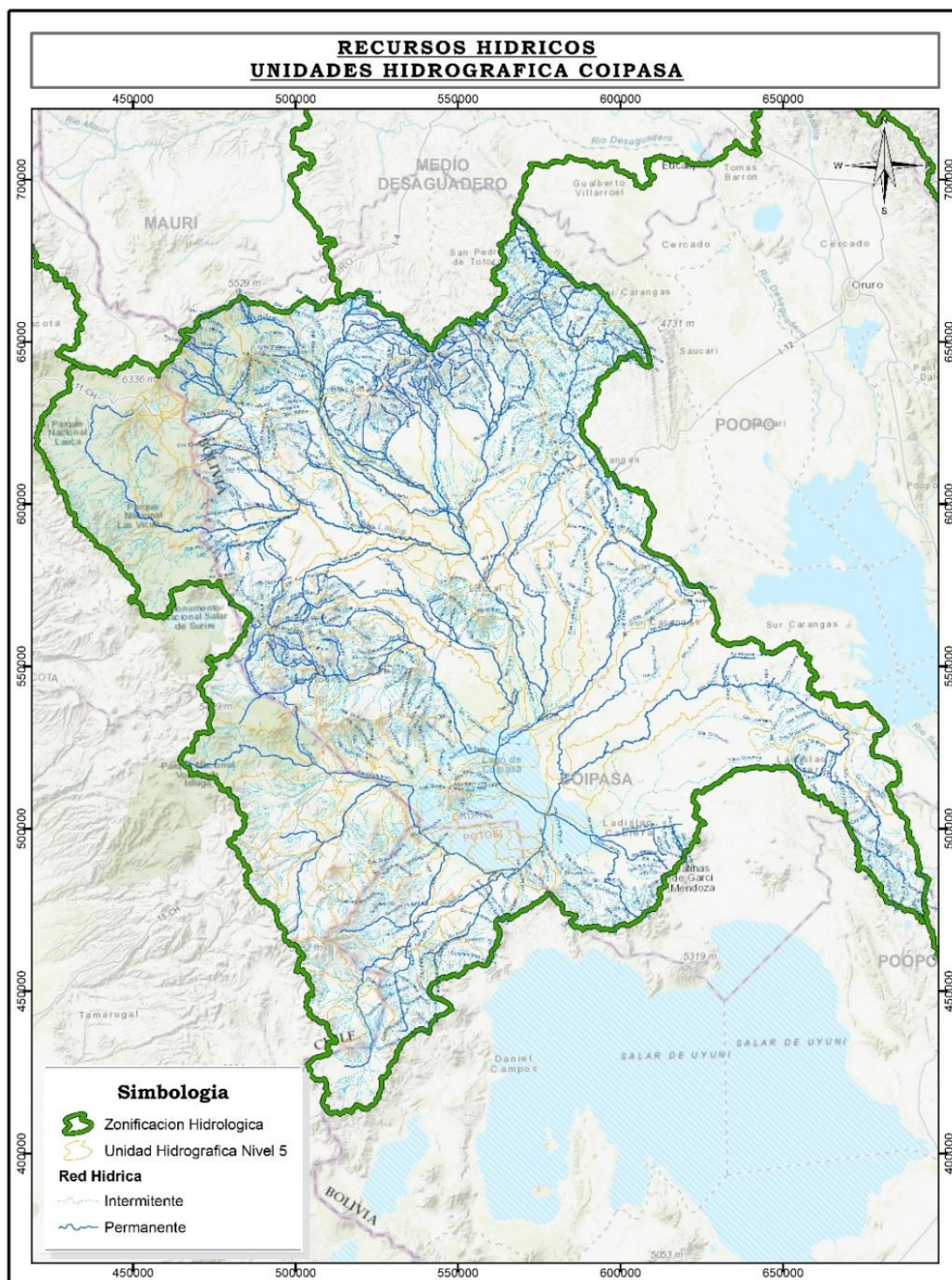


Figura 15 Recursos hídricos en la Unidad hidrográfica Coipasa

9.2.8 Unidad Hidrográfica Poopó

El Lago Poopó ocupa el sector oriental del Altiplano, situado a 3686 m.s.n.m., tiene una superficie media de 3191 Km², es el segundo lago más grande de Bolivia y por medio del río Laca Jahuirá se conecta con el Salar de Coipasa solo en épocas muy lluviosas (Intecsa et al. 1993). (Cornejo y Molina, n.d.). Su cuenca vertiente es de 24.829 Km² (Intecsa et al. 1993a). La altitud máxima es de 5438 m.s.n.m. en el cerro Jatun Mundo Khorihuarani.

El curso principal se inicia en Chuquiña, aguas abajo el río Desaguadero se divide en dos brazos. Por el brazo derecho desemboca en el lago Poopó, y el brazo izquierdo desemboca en el lago Uru-Uru, que también desemboca en el lago Poopó. Asimismo, el lago Poopó recibe aportes de los ríos Caracollo afluente del Uru-Uru, río Huanuni y Machacamarcá (longitud de 98 Km) por la parte norte y Marquez (longitud 121 Km) por el Sur. En épocas de excedencia, el Lago Poopó vierte sus Aguas al Salar de Coipasa a través del Río Laca Jahuira, que tiene una longitud de 130 Km y discurre en dirección este-oeste (UNEP et al. 1996) (Yuque y Molina, 2015).

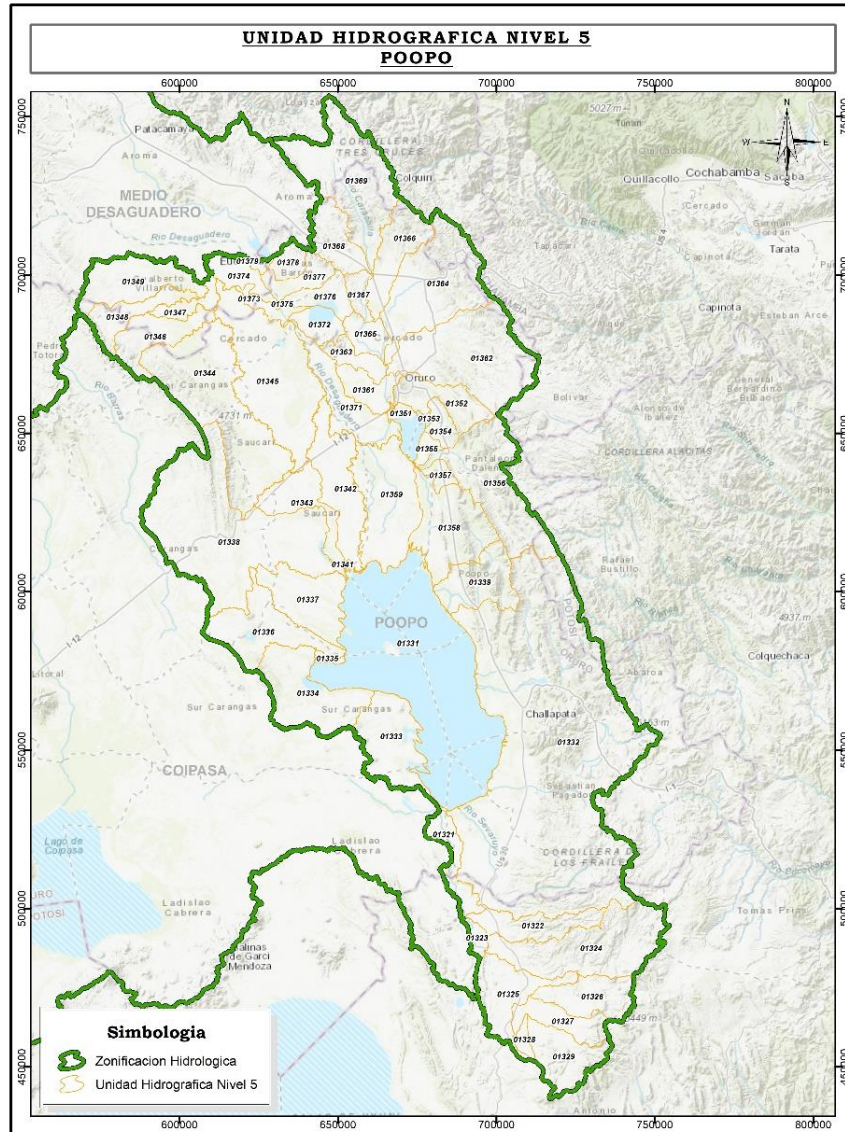


Figura 16 Unidad hidrográfica Poopó

Según la Metodología Pfafstetter la unidad hidrográfica Poopó está compuesta por las unidades hidrográficas 0132-0133-0134-0135-0136-0137 y a nivel 5 contiene 53 unidades hidrográficas como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 12 Unidades hidrográficas en Poopó

Zona Hidrográfica	NIVEL_3	NIVEL_4	NIVEL_5	Superficie Km2
Poopó	013	0132	01321	205,38
			01322	280,16

		01323	57,21
		01324	803,82
		01325	379,58
		01326	315,76
		01327	230,59
		01328	44,08
		01329	345,89
	0133	01331	2379,11
		01332	4652,30
		01333	500,23
		01334	587,93
		01335	24,05
		01336	496,46
		01337	431,73
		01338	1689,78
		01339	369,54
	0134	01341	9,31
		01342	484,04
		01343	288,94
		01344	1149,18
		01345	1003,64
		01346	302,92
		01347	110,85
		01348	229,56
		01349	439,00
	0135	01351	126,02
		01352	277,92
		01353	7,00
		01354	104,04
		01355	48,71
		01356	737,64
		01357	60,32
		01358	568,71
		01359	664,17
	0136	01361	184,33

		01362	949,96
		01363	131,71
		01364	813,37
		01365	143,14
		01366	344,92
		01367	89,27
		01368	265,90
		01369	875,50
	0137	01371	361,38
		01372	139,04
		01373	83,79
		01374	161,14
		01375	2,99
		01376	160,44
		01377	157,58
		01378	102,85
		01379	28,51

9.2.9 Recursos Hídricos Poopó

Tabla 13 Recursos hídricos UH Poopó

UNIDAD HIDROGRAFICA	RIOS PERMANENTES	RIOS INTERMINENTES	LAGOS O LAGUNAS
POOPO	898	4340	373

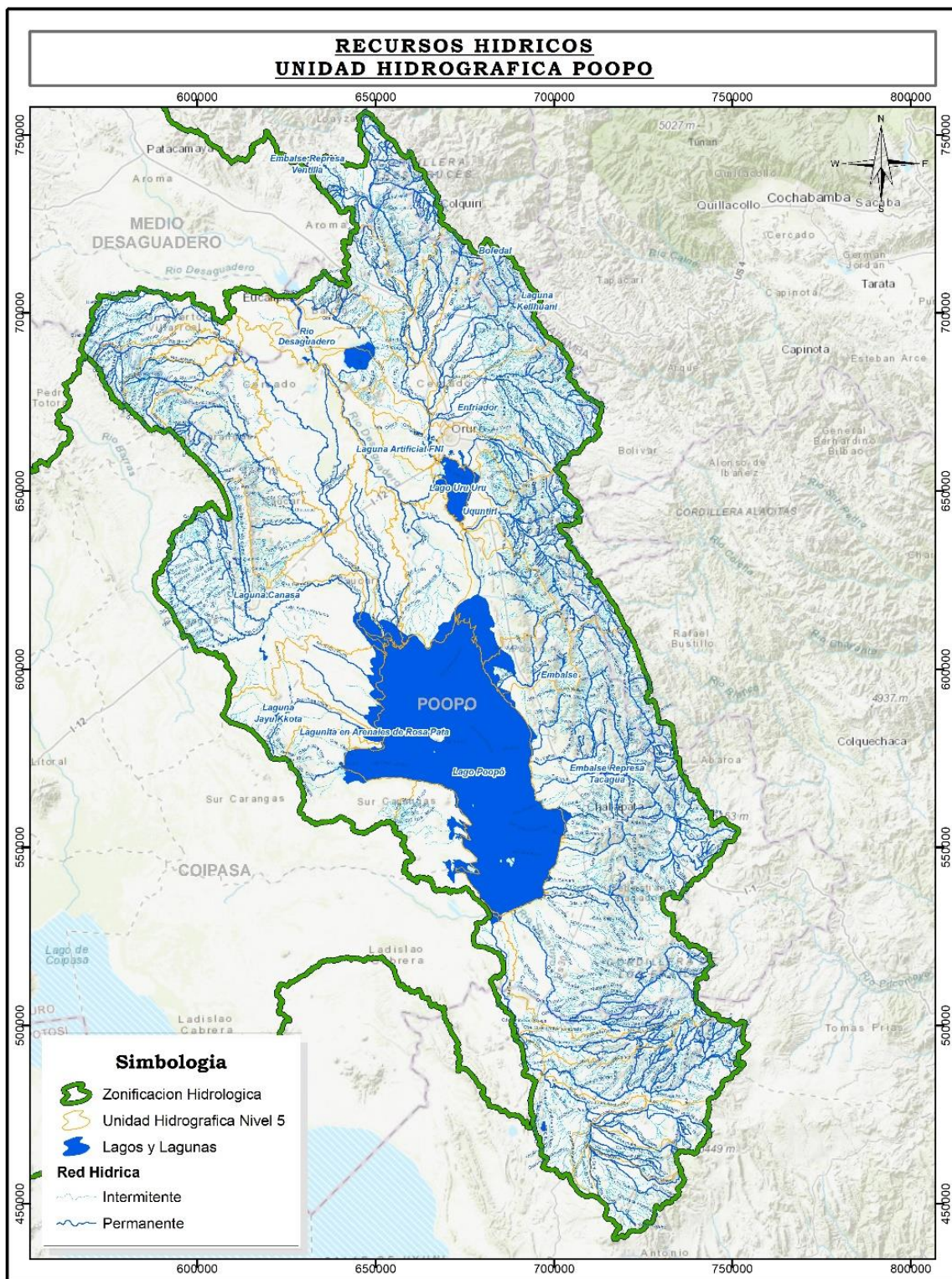


Figura 17 Recursos hídricos en la unidad hidrográfica Poopó

Capítulo III: INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES DEL ÁREA DE ESTUDIO

10 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

En cuanto a la Distribución de la Población en el área de estudio se puede observar que la Unidad Hidrográfica Poopó es la más habitada con un total de 353.629 habitantes aproximadamente según datos del INE distribuidos en 1.978 localidades, mientras que la unidad hidrográfica Mauri es la menos habitada con un total de 9.172 habitantes aproximadamente distribuidos en 332 localidades, los datos se completan en la siguiente tabla:

Tabla 14 Población en las Unidades Hidrográficas en el área de estudio

UNIDAD HIDROGRAFICA	Número de Localidades	Número de Habitantes
ALTO DESAGUADERO	626	44.596
COIPASA	1.070	37.105
MAURI	332	9192
MEDIO DESAGUADERO	977	96.729
POOPO	1.978	353.629

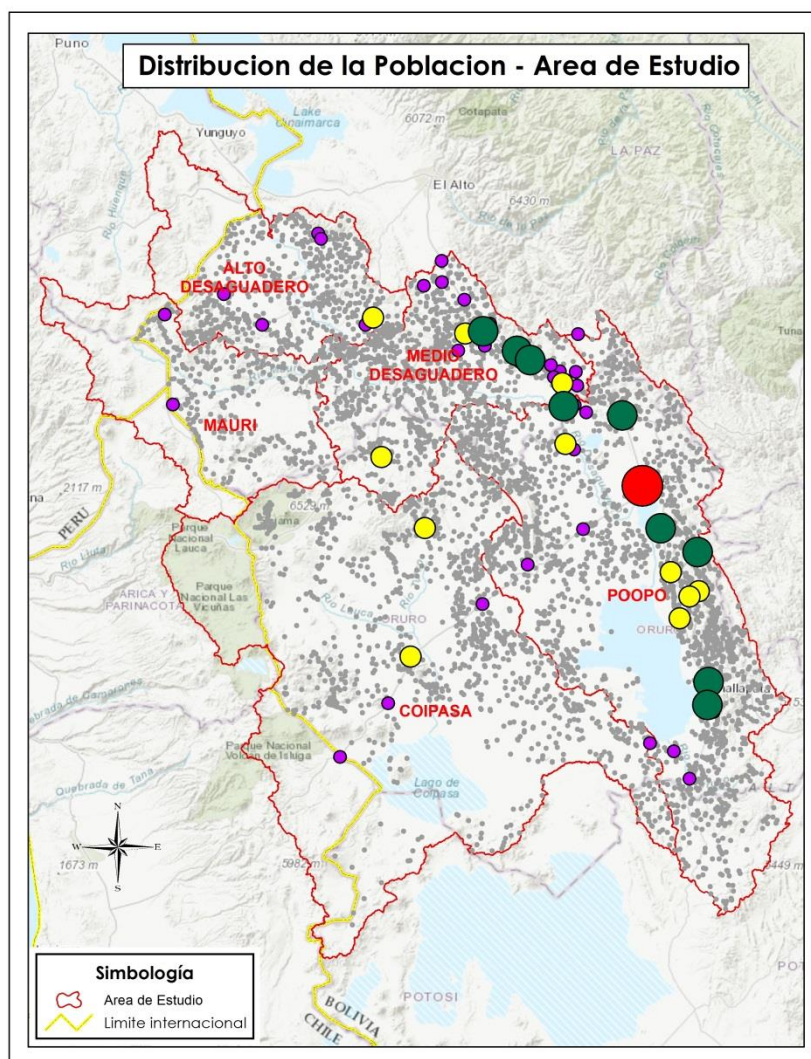


Figura 18 Distribución de la población en el área de estudio

11 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS RELACIONADOS CON LA CONTAMINACIÓN

11.1 Actividad minera

La explotación minera en la cuenca Poopó, data desde la colonia originando los actuales pasivos ambientales en la Cuenca. A inicios del Siglo XX, el auge del estaño impulsó nuevamente a esta zona como un gran centro minero y comercial, vital en la República. Posteriormente, la nacionalización de las minas continuó dándole el rol de un gran centro productor minero y comercial, siendo la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL) un actor importante que tuvo que enfrentar problemas relacionados a la realidad del sector minero a nivel nacional e internacional.

La hiperinflación de mediados de los años 80 condujo al retiro del Estado de su rol productivo y fomento de la actividad minera, provocando otra crisis, migración hacia el trópico, relocalización de trabajadores y afectando actividades conexas. Esta crisis y la situación de las minas afectó seriamente al medio ambiente. La actividad agropecuaria fue revalorizada como estratégica en la sobrevivencia de la familia. Lo que llevó a muchos trabajadores a identificarse como "agromineros".

A partir del año 2004 se aceleró la recuperación de la minería por las alzas en los precios internacionales. Los centros mineros recuperaron el rol de mercados de mano de obra, servicios y productos. Los salarios promedios de los mineros en relación a los salarios locales eran 450% mayores. El efecto multiplicador de la minería en la economía era de 2,79 veces; varios centros mineros del Estado fueron entregados a cooperativas mediante contratos de arrendamiento.

El uso del agua ha dado lugar los últimos años a enfrentamientos entre mineros y comunidades; producto de este complejo panorama los problemas se encuentran asociados al uso del agua como recurso escaso y de la tierra entre diferentes grupos sociales, unos vinculados a la minería y otros a la producción agropecuaria. La minería demanda más agua y se encuentra con dificultades tecnológicas y económicas para introducir tecnologías limpias, mientras continúa la contaminación de los cuerpos de agua.

11.2 Actividad comercial e industrial

Uno de los recursos más importantes para los procesos industriales es el agua, ya sea para la elaboración de sus productos, y/o para el mantenimiento de sus materiales y equipos. Todos los sectores industriales hacen uso del agua para procesos industriales, desde el rubro de productos alimenticios, hasta para la fabricación de aparatos electrónicos.

De acuerdo con la fuente de suministro del agua la calidad de esta puede variar, ya sea que la fuente sea natural (pozo profundo, lago, río, etc.) o que provenga del suministro municipal.

En este marco, la actividad industrial manufacturera, debido a sus procesos productivos, son susceptibles de generar impactos negativos al medio ambiente y a los cuerpos de agua en particular, en este sentido, es imprescindible contar con una gestión ambiental adecuada, con un estricto control por parte de las autoridades, para evitar la descarga descontrolada de aguas residuales en los cuerpos de agua.

Por otra parte, el sector industrial acapara la gran parte del agua que se consume en la sociedad actualmente. Siendo que el sector industrial agrícola desaprovecha más del 60% de la cantidad del agua por una mala gestión, infraestructuras ineficientes, mal estado, etc.

Actualmente se estima que entre la agricultura y la industria consumen más del 80% del agua disponible.

En el área de estudio, de acuerdo a la información brindada por el Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural, se desarrollan 1887 unidades empresariales, entre actividades comerciales e industriales.

Más del 90% de las actividades registradas se encuentran emplazadas en el Municipio de Oruro, asimismo, la mayor parte de estas actividades están relacionadas con el comercio y en un bajo porcentaje actividades industriales.

Para los fines del presente estudio se analizaron los rubros que pudieran impactar o constituirse en fuentes contaminantes en el área de estudio, resultando que las actividades industriales que recurrentemente se encuentran son los mataderos de animales e industrias artesanales de lácteos, las cuales no cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales, cuyo impacto ambiental se verificó en el trabajo de campo.

En ese sentido, el tratamiento de aguas residuales es uno de los proyectos más importantes a ser implementados.

12 METODOLOGÍA PARA LA CLASIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE LAS FUENTES CONTAMINANTES

La metodología empleada fue construida a lo largo de la consultoría, considerando los criterios sugeridos en los términos de referencia (TdR), siendo modificada en varias ocasiones hasta llegar a la presente versión.

12.1 Planificación de las actividades

Antes de realizar el trabajo de campo, se diseñó en gabinete las siguientes actividades:

- Plan de trabajo.
- Recopilación de información.
- Elaboración de mapas cartográficos.
- Preparación de materiales y equipos: GPS, cámaras fotográficas, etc.

12.2 Reconocimiento en campo

Se realizó las siguientes actividades:

- Reconocimiento del ámbito de las cinco unidades hidrográficas.
- Identificación y codificación de las fuentes contaminantes.
- Registro fotográfico de las fuentes contaminantes y del recurso hídrico receptor.
- Llenado de Ficha Técnica de Identificación de la fuente contaminante.
- Toma de muestra de agua directamente en las descargas las fuentes contaminantes o en el cuerpo de agua más cercano a la fuente.

12.3 Clasificación de las Fuentes Contaminantes

Después de realizar una revisión de las metodologías existentes, se estableció una metodología que incluye los criterios cuantitativos del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH), los criterios cualitativos de la metodología de la ALT y la metodología propuesta en los Términos de Referencia del presente estudio. En las figuras 19 y 20 se describe esquemáticamente el procedimiento empleado.

12.4 Sistematización y análisis de la información de efluentes de actividades, obras o proyectos e informes de monitoreo de cuerpos de agua.

Previamente a la aplicación de la metodología identificada, se realizaron las actividades necesarias para la sistematización de datos y el análisis correspondiente:

- Elaboración de una base de datos con la información secundaria sobre calidad de cuerpos de agua de los últimos 10 años.

- Recopilación, sistematización y clasificación inicial de los diferentes parámetros de acuerdo a la concentración en cuerpos receptores, conforme a los valores máximos admisibles establecidos en el Cuadro A-1 del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley 1333 (Clase A, Clase B, Clase C, Clase D y Clase >D), por épocas (seca y lluviosa) y unidades hidrográficas (Alto Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Poopó y Salar de Coipasa).
- Espacialización de la red de monitoreo de calidad de cuerpos de agua sobre los límites de las cinco unidades hidrográficas, comunidades, municipios, red de drenaje, cuerpos de agua, salares y Modelo de Elevación Digital, entre otros.
- Agrupación por características fisicoquímicas de todos los parámetros medidos en los cuerpos de agua superficial.
- Análisis de la frecuencia de muestreo de la base de datos, se identificaron regiones con mayor y menor frecuencia de monitoreo.
- Establecimiento de puntos críticos de calidad de agua con base en el análisis espacial en las cinco unidades hidrográficas, tomando como indicadores a los parámetros que superan la Clase D (> Clase D).
- Identificación de todas las actividades antrópicas que se desarrollan en las cercanías a los puntos críticos previamente establecidos (Fuentes Contaminantes).

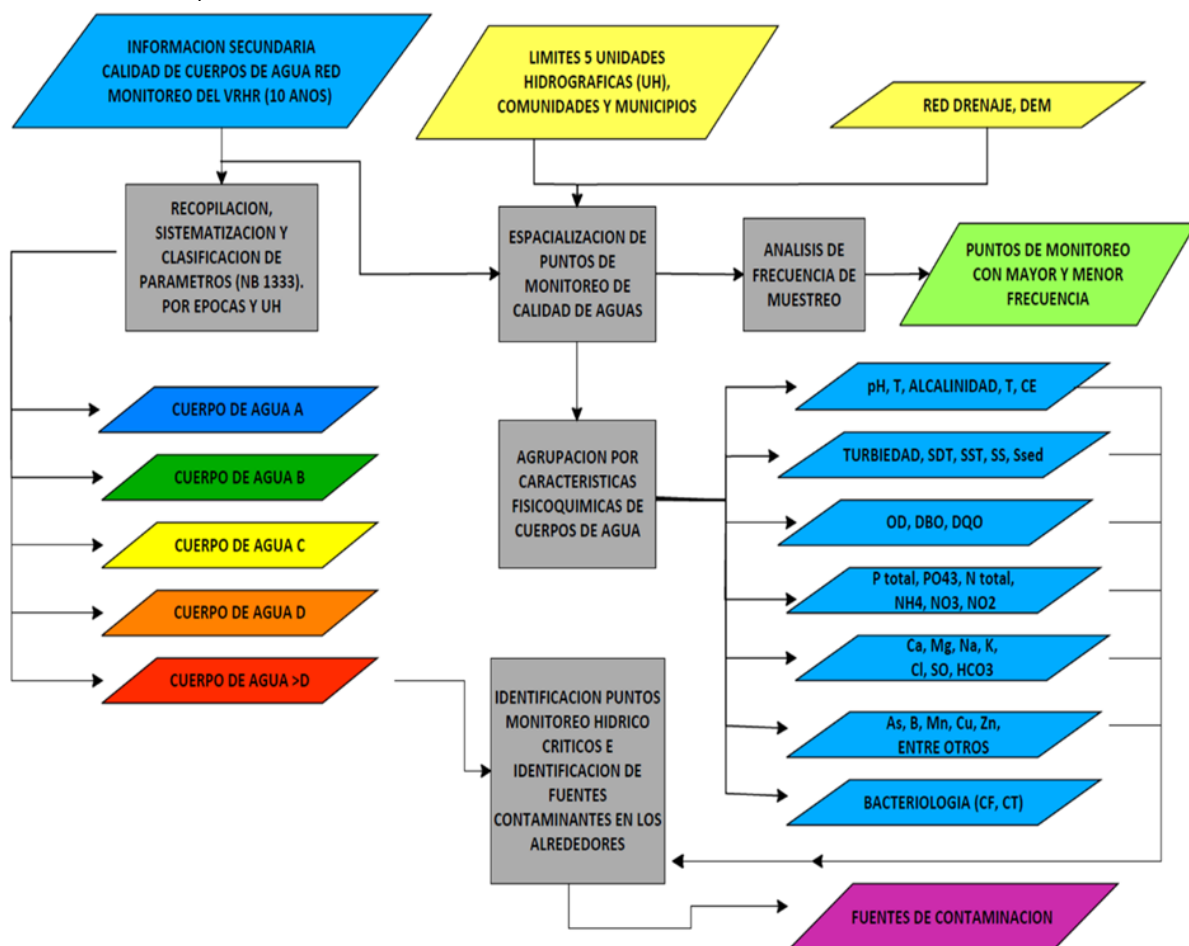


Figura 19 Sistematización y análisis de la información

12.5 Clasificación de las Fuentes Contaminantes (FC)

Para la Clasificación se toman en cuenta los siguientes aspectos:

- Se consideran los criterios cualitativos de la metodología de ALT (Inventario de Recursos Hídricos y Fuentes Contaminantes de la Cuenca del Lago Titicaca - Bolivia) y el de los TDR, en cuyo marco se consideran como fuentes contaminantes a aquellos efluentes de origen natural o antrópico que deterioran la calidad de los cuerpos de agua.
- Clasificación de FC por su origen: naturales y antrópicas.
- Clasificación de FC bajo el criterio de los TDR por su origen, tal como se muestra en la siguiente figura:

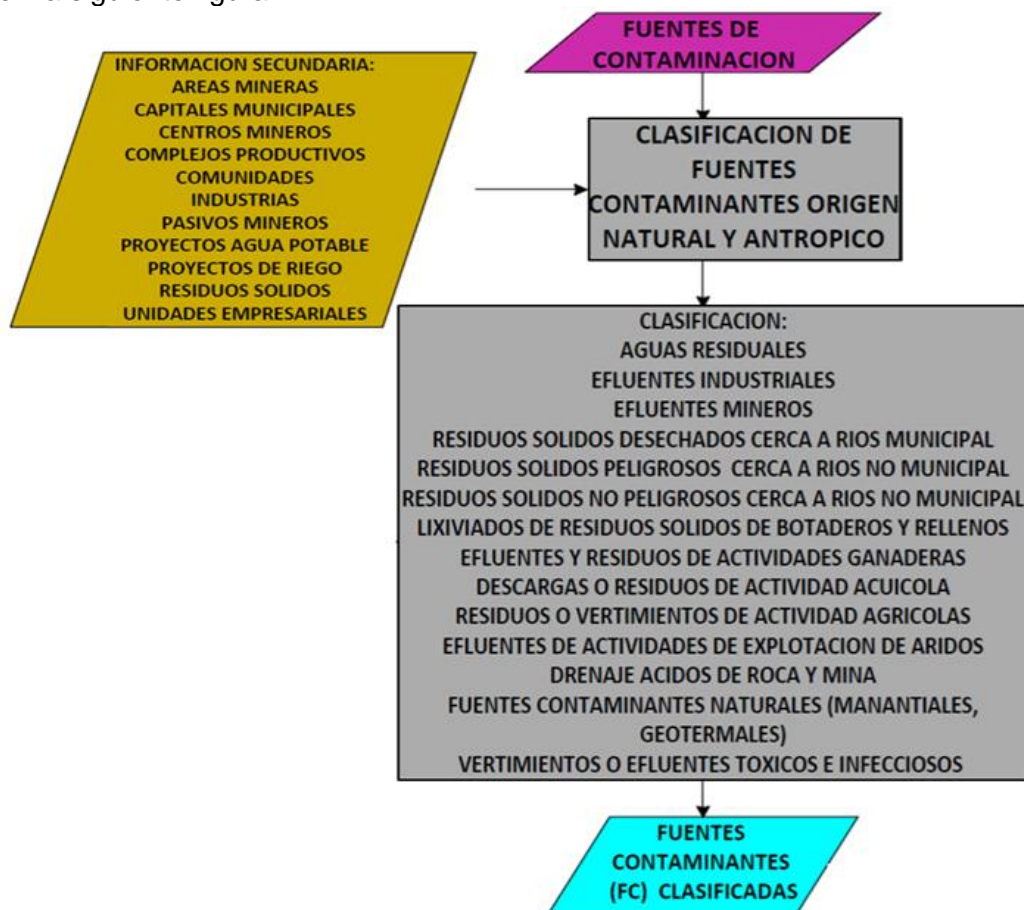


Figura 20 Esquema de Clasificación de Fuentes Contaminantes

Con esta información y la calidad de cuerpos de agua espacializada se clasificaron las FC, tal como se muestra en la Figura 21, en esta figura se muestra el análisis espacial entre la calidad de los cuerpos de agua superficiales en este caso del arsénico (As), con las fuentes de contaminación clasificadas (FC) tanto naturales (FC_NAT) como antrópicas (FC_ANTRO) de la unidad hidrográfica Mauri, de esta forma se consideró la clasificación de FC en base a los parámetros que presentaban valores por encima de la "Clase D" considerando la clasificación del RMCH para cuerpos de agua.

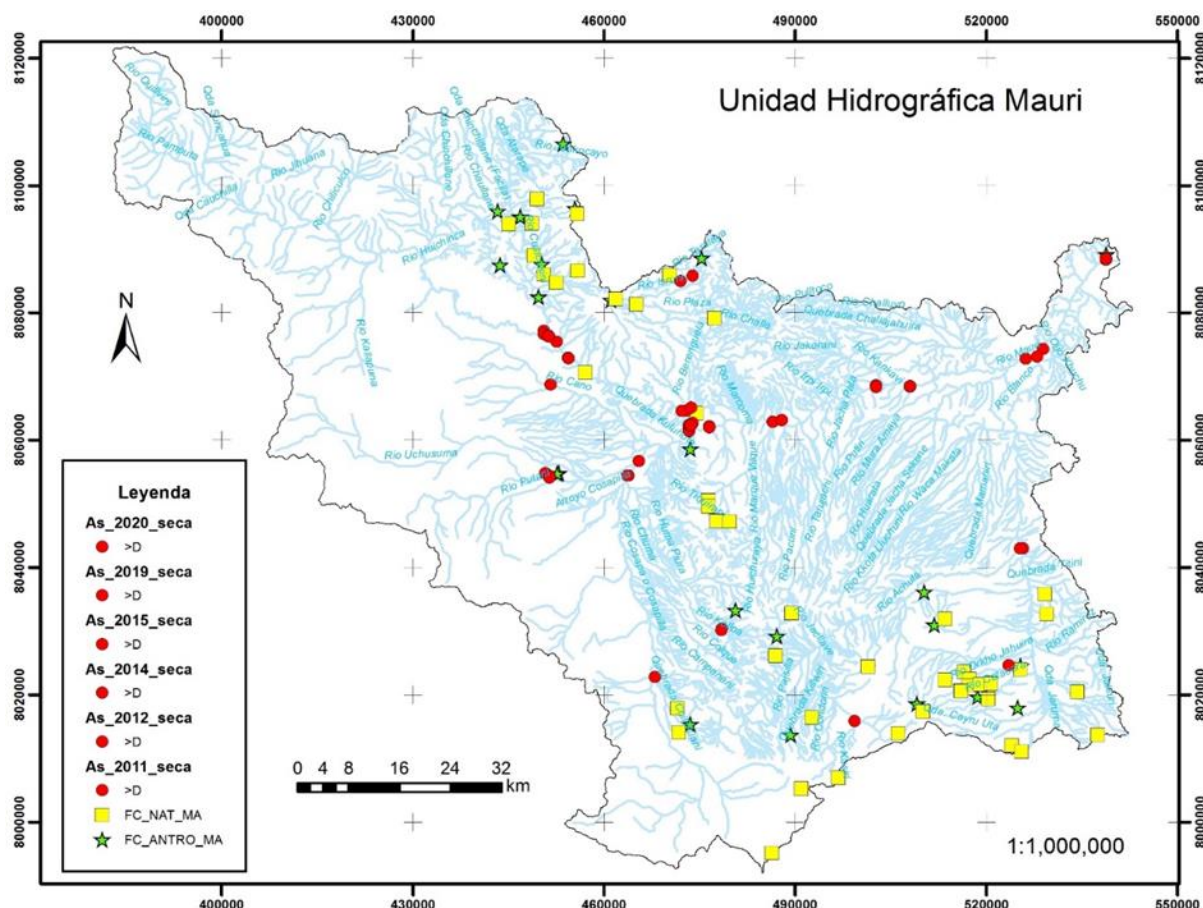


Figura 21 Espacialización de la calidad de agua (arsénico) y Fuentes Contaminantes Naturales (FC_NAT) y Antrópicas (FC_ANTRO) de la unidad hidrográfica Mauri

En la anterior Figura se muestran las concentraciones de As por encima de la "Clase D" del RMCH de las campañas de muestreo en periodo seco (estiaje) de los años 2011, 2012, 2014, 2015, 2019 y 2020, contrastados con los FC clasificados.

La información secundaria de base (actividades antrópicas y características naturales) usada para la clasificación, consistió en:

- Áreas mineras cercanas a cuerpos de agua.
- Complejos productivos: actividades que descargan sus aguas al alcantarillado o a cuerpos de agua cercanos.
- Comunidades cercanas a cuerpos de agua monitoreados.
- Industrias: actividades que descargan sus aguas al alcantarillado o a cuerpos de agua cercanos.
- Pasivos mineros (elaborado por el consultor especialista en actividad minera) (actividades de riesgo en general y por Drenaje Acido de Mina de acuerdo a clasificación ya existente en esta cobertura).
- Presas 2010, Presas 2011 y 2020.
- Proyectos Agua Potable: actividades de alcantarillado concluidas.
- Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).
- Proyectos de Riego, Proyectos Mi Agua I al V.
- Sitios de disposición final de Residuos Sólidos (cercaos a cuerpos de agua).
- Unidades Empresariales: actividades que descargan sus aguas al alcantarillado o a cuerpos de agua cercanos.

- Vías.

Para la codificación de las FC se consideró el criterio de clasificación por su origen, extraído de la metodología de ALT.

Las FC antrópicas son clasificadas de acuerdo a si provienen de aguas residuales, pudiendo ser de tipo agroindustrial, agropecuaria, doméstica, energética, hospitalaria, industrial, minero-metalúrgica, municipal; residuos sólidos de gestión municipal, no municipal (peligrosos y no peligrosos) y por sustancias vertidas directamente en el cuerpo de agua o "in situ", como detergentes, jabones, cal, alimentos para peces, descargas furtivas (derrames), descargas entre otros.

Las fuentes contaminantes se codificaron de tal forma que pueden ser ubicadas en las unidades hidrográficas correspondientes y caracterizadas eficazmente. Para ello se consideró: El código de unidad hidrográfica Pfafstetter (elaborado por el Especialista en SIG), este código proporciona información sobre la ubicación de la fuente contaminante.

La Naturaleza de la FC se identificó con dos (02) letras representativas de la fuente contaminante.

El Tipo de FC se identificó con dos (02) letras, según el tipo de contaminante.

La numeración de la FC, se hizo de manera correlativa, mediante número de tres dígitos en orden secuencial, iniciando por la parte alta hacia la parte baja de la unidad hidrográfica.



Figura 22 Codificación de las Fuentes Contaminantes

Una vez procesada la información secundaria de calidad de cuerpos de agua, se elaboró una base de datos preliminar considerando las épocas seca y lluviosa, por unidad hidrográfica de los últimos 10 años.

Posteriormente se obtuvo una clasificación inicial por parámetro utilizando los límites establecidos en el Cuadro A-1 del RMCH de la Ley 1333, tal como se observa en la siguiente tabla.

La base de datos completa de la clasificación de cuerpos de agua se encuentra en la parte de Anexos Digitales.

Tabla 15 Datos de calidad de agua clasificados por parámetro de acuerdo a la RMCH, con parámetros básicos de la campaña 2019 en época seca

					CLASE A	CLASE B	CLASE C	CLASE D	>D		
DATOS GENERALES					PARÁMETROS BÁSICOS						
N	Codigo	Punto de muestreo	Tipo	Unidad Hidrográfica	CE	OD	pH	SDT	T	Turb	
					μS/cm	%	-	mg/L	°C	NTU	
1	RDES-01	Puente Aguallamalla	Río	Desaguadero Alto	2474	91	7.1	1634	13	14	
2	RDES-02	Puente Nazacara	Río	Desaguadero Alto	2504	132	7.1	1628	16	10	
3	RDES-03	Puente Vichaya	Río	Desaguadero Alto	2595	136	8.2	1706	17	12	
4	RDES-04	Puente Colgante	Río	Desaguadero Medio	2750	111	8	1712	14	32	
5	RDES-05	Curva cerrada del camino de	Río	Desaguadero Medio	1635	102	7.5	964	5.2	9.5	
6	RDES-06	Puente Playa Verde	Río	Desaguadero Medio	1706	103	7.7	1046	8.5	14	
7	RDES-07	Puente Ulloma	Río	Desaguadero Medio	1734	104		1086	11	21	
8	RDES-08	Puente Japonés	Río	Desaguadero Medio	2214	113	8	1366	15	31	
9	RDES-09	Puente de Eucaliptus	Río	Desaguadero Medio	2010	110	8.1	1288	17	70	
10	RDES-11	Puente de La Joya	Río	Desaguadero Medio	2201	107	8.2	1378	15	115	
11	RDES-10	Desvío Huancaroma	Río	Desaguadero Medio	2243	119	7.8	1428	24	148	
12	RMAU-01	Antes confluencia Río Cusicusini	Río	Mauri	236	94	8.4	822	5.6	1.5	
13	RMAU-05	Antes confluencia Río Kaquena	Río	Mauri	1053	103	8.4	790	6.4	2	
14	RMAU-07	Cerca a la comunidad General	Río	Mauri	1138	103	8.1	868	6.7	3.2	
15	RMAU-08	Aprox a 1,5 Km del campamento	Río	Mauri	1026	100	8	848	8.9	5.9	
16	RMAU-10	Puente peatonal, cerca a la	Río	Mauri	936	102	8.5	730	10	14	
17	RMAU-02	Antes confluencia Río Mauri	Río	Mauri	400	109	8.7	350	14	0.98	
18	RMAU-03	Antes confluencia Río Mauri,	Río	Mauri	420	103	7.9	242	7.1	3.8	
19	RMAU-04	Antes confluencia Río Mauri,	Río	Mauri	1426	101	8.3	1126	6.1	7.8	
20	RMAU-06	Antes confluencia Río Mauri,	Río	Mauri	832	102	8.9	622	11	0.94	
21	RMAU-09	Antes confluencia Río Mauri	Río	Mauri	398	101	8.2	362	8.2	4.3	
22	RDES-14	Puente	Río	Poopó	2517	100	8.1	1554	10	134	
23	RDES_12	Puente peatonal brazo izquierdo	Río	POOPO	2212	104	8.4	1390	15	84	
24	RDES_13	Puente Toledo brazo derecho río	Río	POOPO	2365	98	7.8	1416	10	116	
25	RDES_15	Puente Challacollo	Río	POOPO	2344	105	8.5	1454	13	40	
26	RCHA_06	Puente camino carretera	Río	POOPO	551	71.2	8.87	1050	18	3.64	
27	RCHA_04	Antes de la represa Tacahua	Río	POOPO	612	55.8	8.69	1434	13.3	3.19	
28	RCHA_03	Río Huancarani	Río	POOPO	332.2	52.5	8.74	286	18.6	1.68	
29	RCHA_02	Puente Ancacato	Río	POOPO	298.1	43.4	8.74	348	19.1	3.72	
30	RCHA_01	Río Sora Sora	Río	POOPO	252.7	62	8.82	266	18.2	4.54	
31	RPO_08	Quesu Qesuni	Río	POOPO	55540	111.2	8.4	7540	19.2	157	
32	RPO_09	Puñaca	Río	POOPO	12820	117.8	7.77	7658	15.8	4.14	
33	RPO_07	Puente Poopo	Río	POOPO	12490	129.2	8.9	7574	20	62.1	
34	RPO_02	Cabrería	Río	POOPO	14090	139.9	9.06	8112	45.1	3.17	
35	RPO_05	Mina Machacamarcuita	Río	POOPO	14560	198.7	9.69	8402	20.6	6.19	
36	RPO_03	Agua Cabrería	Río	POOPO	14720		9.58	9354	29.2	3.2	
37	RPO_01	Inca Pinta	Río	POOPO	398.9	106.8	9.34	244	11.9	45.8	
38	RPO_14	Umapirhua B	Río	POOPO	253.9	106.7	9.03	158	15	0.58	
39	RMA_08	Ingenio	Río	POOPO	2190	98.6	5.1	2758	8.6	1864	
40	RMA_04	Río Pairumani, tres pozos	Río	POOPO	2152	102.3	3.55	2440	10.5	233	
41	RMA_05	Río San Juan de Sora Sora	Río	POOPO	2233	94.8	4.76	2866	9.6	1770	
42	RHUN_03	Playa Verde, río San Juan de Sora	Río	POOPO	3666	95.5	5.93	5244	12.4	12770	
43	RMA_03	Río de Irupampa (Cebada Mayu)	Río	POOPO	408.3	108.7	9.73	256	9.9	2.18	

La Tabla 15 muestra parte de la base de datos elaborada (algunos parámetros fisicoquímicos de campo de la campaña 2019 en época seca). Los valores mostrados están diferenciados por colores según su clase, con la siguiente descripción: celeste para "Clase A", verde "Clase B", amarillo "Clase C", anaranjado "Clase D" y rojo para los valores que exceden la "Clase D" (>D). Las tablas completas de la base de datos de todas las campañas en los últimos años se muestran en los anexos digitales.

De esta forma se elaboró la base de datos para cada una de las campañas de monitoreo de los últimos 10 años en periodos secos (estiaje) y periodos de lluvias (húmeda), ordenados por unidad hidrográfica (UH).

12.6 Metodología de Jerarquización

Para la jerarquización de FC, se aplicó una metodología que toma en cuenta los criterios indicados en los TDRs y en la metodología ALT. En la siguiente figura se observa el procedimiento para la Clasificación y Jerarquización de Fuentes Contaminantes.

Así también, para la jerarquización de las FC se adaptó y aplicó una metodología considerando los siete criterios sugeridos en los TDR. Este proceso se describe en la subsiguiente figura.

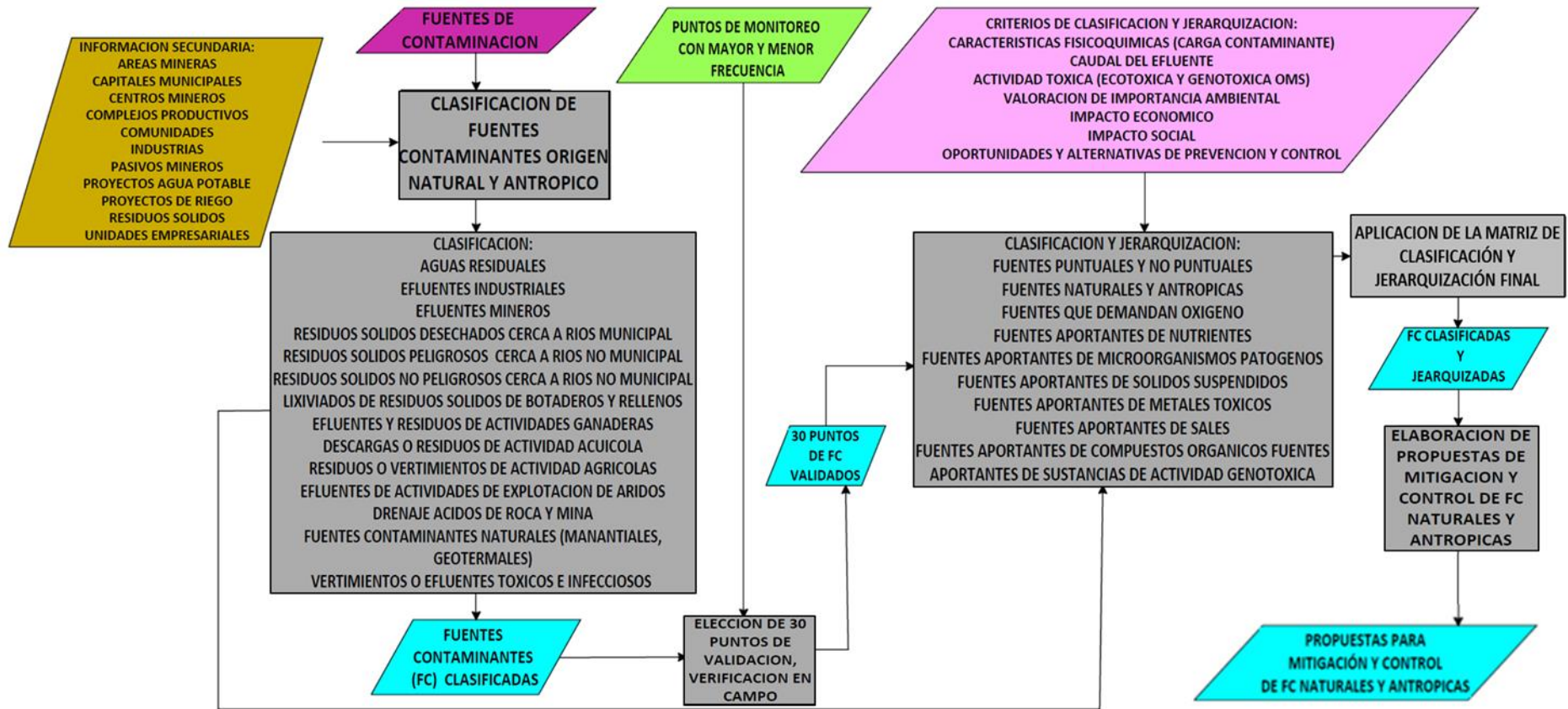


Figura 23 Clasificación y Jerarquización de las Fuentes Contaminantes (FC)




				No. CMR/ 000								
CONTAMINACION DE FUENTES MEDIDAS EN RIOS (CMR) INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES - SISTEMA HÍDRICO TDPS (Alto Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Salar de Coipasa y Poopó)												
Ubicación												
Departamento:		Zona hidrológica:		Coordenadas (UTM)								
Provincia:		Código (UH):		Este:		Norte:						
Municipio:		Día.Mes.Año:		Horario:		Elevación:						
Poblado cercano:		Descripción:										
Matriz de jerarquización												
N	Criterio de jerarquización	Categorías	Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valor asignado	Valoración (%)	Concentración	Carga (mg/s)	Peso 1	Peso 2	Valor final
1	Características físico-químicas y carga contaminante.	Basicos 1	pH	<6 - >9	RMCH	5	60					
			T									
		Basicos 2	CE	>1500 µS/cm	VRHR	3						
			Fuentes que demanda oxígeno	OD	<50%			3				
		Fuentes aportantes de sales	Na	>200 mg/L	RMCH	3						
			Cl ⁻	>500 mg/L		3						
			SO ₄ ⁼	>400 mg/L		3						
		Fuentes aportantes de sólidos suspendidos	Ssed	>1 mL/L		3						
			Turbidez	>200 (UNT) (seca)		3						
		Fuentes aportantes de metales (evaporativos)	B	>1 mg/L		5						
Li	>5 mg/L			5								
2	Caudal del efluente.	Cuantificación del volumen de la fuente	Q	L/s								
3	Actividad toxica (ecotoxicica genotoxica)	Fuentes aportantes de metales tóxicos (sensibles a redox)	As	>0.1 mg/L	RMCH	8						
			Pb	>0.1 mg/L		8						
			Cd	>0.005 mg/L		8						
4	Valoración de importancia ambiental (local y regional).	Importancia del Impacto Ambiental (ALT) y regionalización Importancia del impacto (CONESSA)	Compatible	<25	ALT	20	20					
			Moderado	26≥<50								
			Severo	51≥<75								
			Crítico	76≥<100								
5	Impacto económico.	Afectación al sector productivo	Alto			1	9					
			Medio			0.66						
			Bajo			0.33						
6	Impacto social.	Habitantes afectados	Alto			1	9					
			Medio			0.66						
			Bajo			0.33						
7	Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental (viabilidad técnica y económica).	Instituciones públicas o privadas que trabajan en el tema ambiental del municipio	Sin instituciones			1	2					
			Al menos una institución			0.66						
			Mas de una institución			0.33						
			COMPATIBLE <25	MODERADO 26≥<50	SEVERO 51≥<75	CRITICO 76≥<100	Valor total:	0				

Figura 24 Ficha Técnica para la jerarquización de fuentes contaminantes

12.7 Criterios de jerarquización

a. Características físico-químicas y carga contaminante.

El primer criterio a tomarse en cuenta, son las Características físicoquímicas de los parámetros medidos y su carga contaminante, es decir que se valorará los elementos críticos (pH, CE, OD, T, Turb, SSed, Na⁺, Cl⁻ y SO₄²⁻, B, Li) que fueron medidos en campo expresado en carga contaminante de acuerdo a cada caso.

Para este criterio se organizó cada parámetro según su categoría y se le asignó un valor específico. En la siguiente tabla se detallan los parámetros.

Tabla 16 Valores asignados por parámetro criterio 1 de Jerarquización

Categorías	Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valor asignado
Básicos 1	pH	<6 - >9	RMCH	5
	T			
Básicos 2	CE	>1500 µS/cm	VRHR	3
Fuentes que demanda oxígeno	OD	<50%	RMCH	3
Fuentes aportantes de sales	Na	>200 mg/L		3
	Cl ⁻	>500 mg/L		3
	SO ₄ ⁼	>400 mg/L		3
Fuentes aportantes de sólidos suspendidos	Ssed	>1 mL/L		3
	Turbidez	>200 (UNT) (seca)		3
Fuentes aportantes de metales (evaporativos)	B	>1 mg/L		5
	Li	>5 mg/L	5	

Las fuentes que se emplearon para la asignación de los límites críticos en la Tabla 3 fueron la *Clasificación de los cuerpos de agua según su aptitud de uso* del RMCH y la *clasificación de calidad de agua para la CE* del VRHR. Si bien en el RMCH no se clasifica a la CE, el VRHR emplea una clasificación de calidad para este parámetro, esto se evidenció en la base de datos de calidad de agua que se proporcionó para la elaboración del presente trabajo.

Para el cálculo del valor final para este criterio se utilizó un sistema de pesos usando la siguiente ecuación.

$$VF = (\text{Peso 1} * 0.6 + \text{Peso 2} * 0.4) * VA \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

VF: Valor final

Peso 1: Valor relativo respecto al máximo y mínimo de la carga contaminante de todos los puntos medidos, donde el máximo valor representa 1 y el mínimo 0.25, para cada parámetro.

Peso 2: Valor relativo respecto a la concentración considerando el límite máximo según el reglamento de Medio Ambiente Ley 1333, donde un valor inferior al límite crítico de la clase D representa 0.25, un valor que excede el límite de la clase D representa 0.5, un valor que excede por más de dos veces el límite de la Clase D representa 0.75 y un valor que excede por más de 3 veces el límite crítico de la Clase D representa un valor de 1.

VA: Valor asignado para cada parámetro

b. Caudal del efluente.

El segundo criterio es el Caudal del efluente, este parámetro se utilizó para el cálculo de la carga contaminante empleando la siguiente ecuación.

$$q = c * Q \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde: q: Es el valor de la carga contaminante en [mg/s]

Es el valor de la concentración en [mg/L]

Q: Es el caudal en [L/s]

c. Actividad tóxica (ecotóxica genotóxica).

El tercer criterio consiste en evaluar la actividad tóxica en base a las características fisicoquímicas de los constituyentes.

Se asignó valores a cada parámetro (As, Pb, Cd) como se observa en la siguiente tabla, de tal forma que la suma de estos más los valores del criterio 1 representen al 60% de la valoración final.

Para el cálculo del valor final de la misma forma que en el criterio 1, se aplicó la Ecuación 1.

Tabla 17 Valores asignados por parámetro criterio 3 de Jerarquización.

Categorías	Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valor asignado
Fuentes aportantes de metales tóxicos (sensibles a redox)	As	>0.1 mg/L	RMCH	8
	Pb	>0.1 mg/L		8
	Cd	>0.005 mg/L		8

d. Valoración de importancia ambiental (local y regional).

En esta etapa se consideró la Importancia del Impacto Ambiental (ALT) y regionalización Importancia del impacto (CONESSA), de acuerdo a la sugerencia establecida en los términos de referencia para emplear esta valoración dentro de la matriz de jerarquización de fuentes contaminantes en este trabajo. A este criterio se le asignó el 20% de la valoración final.

Tabla 18 Valores asignados por parámetro, criterio 4 Valoración de importancia ambiental (local y regional)

Categorías	Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valoración (%)
Importancia del Impacto Ambiental (ALT) y regionalización Importancia del impacto (CONESSA)	Compatible	<25	ALT	20
	Moderado	26≥<50		
	Severo	51≥<75		
	Crítico	76≥<100		

e. Impacto económico

Para este criterio se consideró la Afectación al sector productivo, estableciendo un valor asignado según el grado de la afectación, ya sea alto, medio o bajo, de acuerdo a la siguiente tabla. A este criterio se le asignó el 9% de la valoración final.

Tabla 19 Valores asignados por parámetro, criterio 5 Impacto Económico.

Categorías	Parámetro	Valor asignado	Valoración (%)
Afectación al sector productivo	Alto	1	9
	Medio	0.66	
	Bajo	0.33	

f. Impacto social

Para este criterio se consideró el impacto sobre los Habitantes afectados, estableciendo un valor asignado según el grado de la afectación, ya sea alto, medio o bajo, de acuerdo a la siguiente tabla. A este criterio se le asignó el 9% de la valoración final.

Tabla 20 Valores asignados por parámetro, criterio 6 Impacto social.

Categorías	Parámetro	Valor asignado	Valoración (%)
Habitantes afectados	Alto	1	9
	Medio	0.66	
	Bajo	0.33	

g. Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental (viabilidad técnica y económica).

Se consideró como indicador de este criterio al número de instituciones públicas o privadas que trabajan en el tema ambiental en el municipio donde se encuentra la FC, asignándole un valor específico de la siguiente forma i) que no haya instituciones trabajando en el lugar, ii) que al menos haya una institución trabajando en el lugar o iii) que haya más de una institución trabajando allí. Esto se observa en la siguiente tabla. A este criterio se le asignó el 2% de la valoración final.

Tabla 21 Valores asignados por parámetro, criterio 7 Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental

Categorías	Parámetro	Valor asignado	Valoración (%)
Instituciones públicas o privadas que trabajan en el tema ambiental del municipio	Sin instituciones	1	2
	Al menos una institución	0.66	
	Mas de una institución	0.33	

13 CLASIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE LAS FUENTES CONTAMINANTES

Previamente a la clasificación y jerarquización de fuentes contaminantes (FC) se evaluó la calidad de 40 cuerpos de agua superficiales relacionadas a 40 (FC) elegidas dentro de las cinco unidades hidrográficas (UH), tal como se muestra en la figura y tabla que se presentan a continuación.

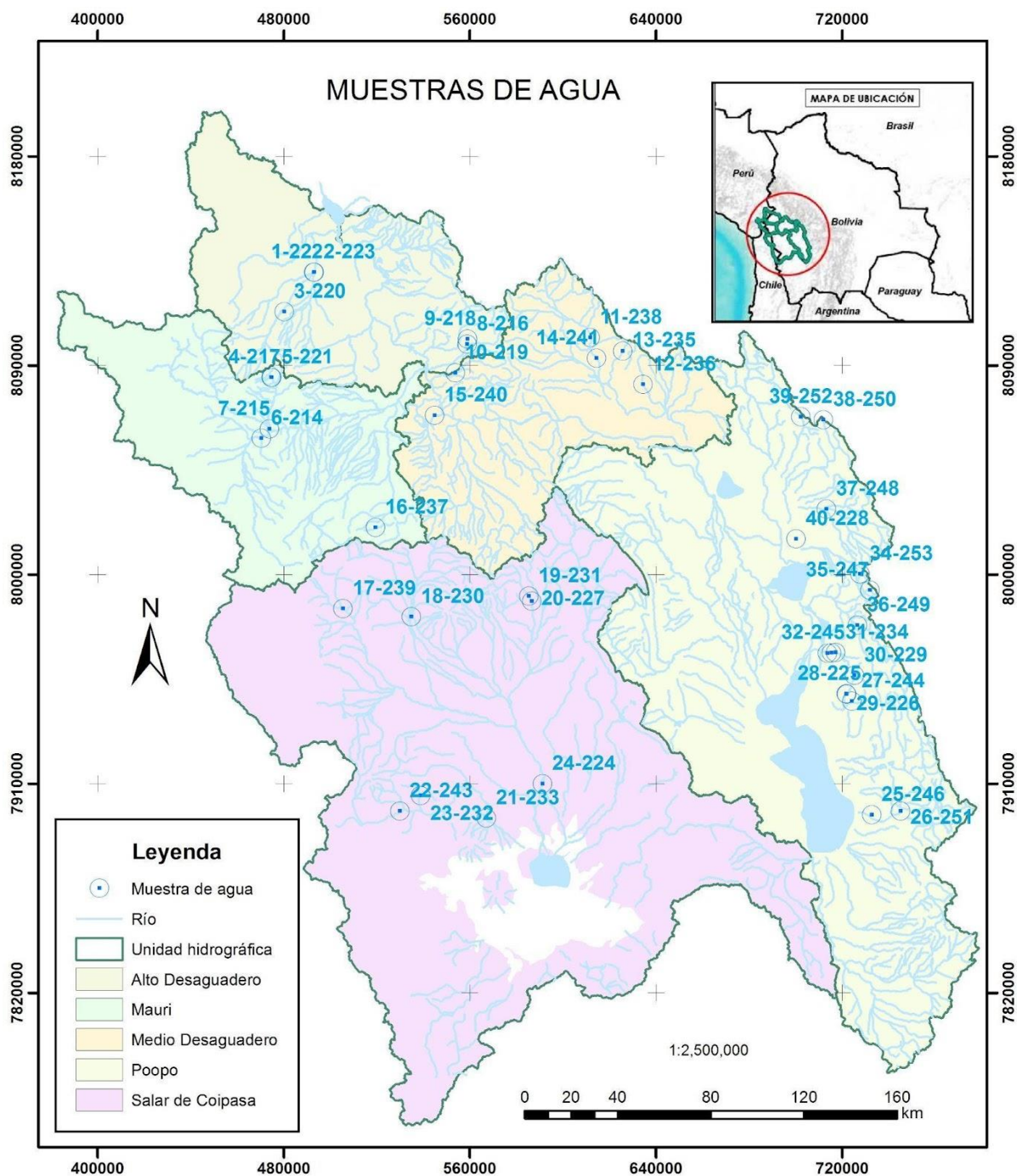


Figura 25 Ubicación de los puntos de muestreo de agua

En la Figura anterior se muestra la distribución espacial de las 40 muestras colectadas en cuerpos de agua (CA) superficial, la elección de estos puntos se realizó tomando en cuenta los criterios de elección de FC establecidos en los términos de referencia de la consultoría.

Tabla 22 Resultados de las mediciones realizadas en campo y laboratorio de 40 muestras de agua superficial colectadas

Datos generales							Parametros medidos en campo							Parametros medidos en laboratorio									
N	Codigo	Nombre	X	Y	Fecha	Hora	Zona Hidrológica	pH	T °C	CE µS/cm	OD mg/L	OD %	Turbidez NTU	Ssed mg/L	Caudal L/s	As mg/L	B mg/L	Cd mg/L	Cl mg/L	Pb mg/L	Na mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	Li mg/L
1	1-222	San Andres de Machaca	493108	8129970	25/05/22	16:08	Alto Desaguadero	8.49	15.4	3613	7.77	127.1	3.5	<0.1	8.55	<0.01	2.8	0.004	875	0.01	387	232	0.67
2	2-223	San Andres de Machaca	492957	8129950	25/05/22	17:00	Alto Desaguadero	9.12	11.9	1587	7.71	115.3	3.05	<0.1	315.15	<0.01	<0.1	0.009	367	0.021	181	98	0.44
3	3-220	Santiago de Machaca	480316	8112945	26/05/22	8:30	Alto Desaguadero	8.49	6.2	867.5	10.6	132.9	58.5	0.3	0.01	<0.01	<0.1	0.058	55	0.135	59	<2	<0.01
4	4-217	Payrumani Chico	474727	8084646	26/05/22	13:05	Mauri	8.03	18.3	7927	7.78	140.6	2.69	<0.1	13.16	1.63	6.5	0.006	2474.2	0.015	1304	114	2.88
5	5-221	Payrumani Chico	474854	8084669	26/05/22	13:36	Mauri	8.5	19	750	7	110	1.5	<0.1	1.91	<0.01	3	<0.003	548	0.003	385	70	0.71
6	6-214	Taracollo Condoroqa	470407	8058488	26/05/22	16:08	Mauri	7.32	14.5	769	5.75	96.4	4.42	<0.1	30.13	<0.01	<0.1	0.003	87.5	0.008	75.2	36	0.18
7	7-215	Taracollo Condoroqa	473911	8062529	26/05/22	17:39	Mauri	8.75	10.1	1065	6.63	96.9	2.68	<0.1	119.83	<0.01	2.8	<0.003	182.9	0.003	11.4	42	0.84
8	8-216	Ninoca Wayoctata	558908	8099043	27/05/22	10:10	Alto Desaguadero	7.7	4.3	5165	9.03	117.8	4.57	<0.1	49.38	<0.01	5.2	0.009	2038	0.023	1172	412	0.57
9	9-218	Coro Coro	559049	8101267	27/05/22	12:04	Alto Desaguadero	8.5	10	1600	2.5	37.5	45	0.3	3.10	<0.01	5.2	0.094	134	0.246	80.4	138	0.16
10	10-219	Jayuma Llallagua	553798	8086624	27/05/22	15:30	Medio Desaguadero	8.41	14.16	39250	6.66	122.7	2.13	<0.1	78.68	<0.01	<0.1	<0.003	13395.8	0.003	788	488	0.33
11	11-238	Viscachani	611733	8101805	28/05/22	9:36	Medio Desaguadero	8.11	8.2	503.8	7.17	98.8	6.46	<0.1	467.02	<0.01	<0.1	<0.003	17.5	0.005	35.4	74	0.03
12	12-236	Sica Sica	634385	8081601	28/05/22	12:36	Medio Desaguadero	9.89	16.4	138.3	8.99	146	2.51	<0.1	62.33	0.01	<0.1	<0.003	55	0.007	11.8	24	<0.01
13	13-235	Patacamaya	625702	8095927	28/05/22	14:31	Medio Desaguadero	5.59	10.7	185.9	6.1	95.1	7.45	<0.1	28.09	<0.01	<0.1	0.014	55	0.033	10.2	62	<0.01
14	14-241	PTAR Patacamaya	614446	8092916	28/05/22	17:23	Medio Desaguadero	8.25	11.3	2033	1.91	28.2	536	0.1	0.82	<0.01	5.3	0.031	899	0.069	372	44	0.07
15	15-240	Tarquiamaya	544835	8068350	29/05/22	11:48	Medio Desaguadero	7.62	17.9	190500	4.18	126.2	1.47	<0.1	11.59	1.76	2.1	0.004	11496	0.01	5840	776	0.85
16	16-237	Tanapaca	519400	8020045	29/05/22	16:30	Mauri	7.29	11.1	397.9	6.35	98.7	1.87	<0.1	254.76	<0.01	2	0.006	80	0.014	47.6	30	0.36
17	17-239	Rio Sajama	505528	7985104	30/05/22	8:50	Coipasa	7.91	6.8	1270	7.53	101.7	3.35	<0.1	2008.27	<0.01	<0.5	0.015	137	0.036	151	136	0.82
18	18-230	Rio Cosapa	534809	7981582	30/05/22	10:22	Coipasa	7.91	6.7	773.4	819	109.1	8.98	<0.1	1272.18	<0.01	23.2	0.0052	65	0.014	77	67	0.38
19	19-231	Rio Turco	585303	7990563	30/05/22	12:30	Coipasa	8.46	12.6	3693	6.37	104	1	<0.1	317.10	<0.01	3.5	0.0012	1004	0.004	640	97	0.46
20	20-227	PTAR Turco	586607	7988339	30/05/22	15:20	Coipasa	8.92	12.5	679.7	16.88	253.7	74.8	<0.1	1.88	<0.01	<0.1	0.005	51	0.1	55	30	0.03
21	21-233	Sabaya	567038	7895034	31/05/22	9:00	Coipasa	8.66	24	1453	9.13	105.3	6.88	<0.1	40.05	<0.01	1.7	0.014	187.4	0.032	154	125	0.61
22	22-243	Todos Santos	529877	7898051	31/05/22	11:05	Coipasa	8.58	8.2	782.1	8.3	115.7	7.12	<0.1	1012.50	<0.01	<0.1	<0.003	95	0.006	74.8	162	0.34
23	23-232	Carangas	538879	7904725	31/05/22	13:35	Coipasa	8.04	13.5	745.5	6.39	101.4	27.2	<0.1	59.45	<0.01	2.7	0.0252	113	0.06	109	58	0.49
24	24-224	Escara	591155	7909658	31/05/22	15:40	Coipasa	8.74	12.7	1908	6.74	102.2	3.11	<0.1	1461.92	<0.01	2.97	<0.003	360	<0.003	245	116	1.16
25	25-246	PTAR Huari	732721	7896378	01/06/22	14:40	Poopo	8.55	12.6	1524	1.52	23.2	50.2	<0.1	2.24	<0.01	<0.1	0.015	165	0.1	119	100	0.03
26	26-251	Condo	745065	7897994	01/06/22	16:23	Poopo	3.55	5.9	389.4	7.45	99.7	2.48	<0.1	129.25	<0.01	8.3	0.008	40	0.036	7	106	0.05
27	27-244	Urmiri	724046	7945302	02/06/22	15:09	Poopo	9.12	20.1	2605	9.36	168.2	1.69	<0.1	7.45	<0.01	<0.1	<0.003	845	0.006	471	42	1.23
28	28-225	Avicaya	721779	7948471	03/06/22	9:23	Poopo	5.77	4.3	748.2	8.55	106.7	51.3	<0.1	39.13	<0.01	1.72	<0.003	335	0.005	125	2.3	0.98
29	29-226	Rio Antequera	721877	7948251	03/06/22	10:02	Poopo	3.3	10.6	2486	6.5	94.8	0.69	<0.1	94.92	<0.01	1.92	0.0335	155	0.08	60.4	820	0.69
30	30-229	Dique 1 Bolivar	725275	7956393	03/06/22	12:50	Poopo	8.95	9.9	3774	6.8	100.2	3.26	<0.1	280.00	<0.01	<0.1	0.034	467	0.08	151	580	1.23
31	31-234	Poopo	717090	7966296	03/06/22	15:30	Poopo	7.58	29.6	10240	11.46	249.7	1.95	<0.1	12.59	<0.01	29.2	0.015	540	0.036	2300	118	6.8
32	32-245	Bocamina Poopo	715400	7966171	03/06/22	16:26	Poopo	2.2	21.9	13910	2.21	42.2	0.7	<0.1	2.06	8.3	<0.1	0.105	562	0.77	479	7500	0.41
33	33-242	Poopo	713601	7965960	03/06/22	17:27	Poopo	6.29	14.2	11110	5.56	88	38.5	9.5	190.46	<0.01	3.4	0.04	3899	0.182	2220	500	6.44
34	34-253	Japo	727651	8000011	04/06/22	11:15	Poopo	2.87	11	2596	6.44	102	1391	1.6	66.24	<0.01	<0.1	0.05	299	0.15	15.2	1800	0.13
35	35-247	Morococala	731959	7993004	04/06/22	13:10	Poopo	2.68	18.4	3120	4.57	84.5	692	0.4	55.57	4.9	<0.1	<0.003	80	0.025	26.8	2000	0.23
36	36-249	Huanuni	726448	7977942	04/06/22	16:10	Poopo	3.26	14.9	3392	5.68	92.1	1989	62.0	337.75	0.01	<0.1	0.41	87.5	1.06	41.8	2500	0.33
37	37-248	Obrajes	713090	8028016	05/06/22	9:27	Poopo	8.45	25	1966	3.77	79.7	1.55	<0.1	31.01	<0.01	<0.1	<0.003	277	<0.003	436	64	1.16
38	38-250	Mina Nazareno (Chambiri)	711917	8066397	05/06/22	13:00	Poopo	5.26	11	2131	6.54	102.6	300	<0.1	6.08	<0.01	<0.1	0.004	45	0.016	41.8	2100	0.18
39	39-252	Mina Chelita	702216	8067644	05/06/22	16:42	Poopo	7.6	10.5	2321	6.03	92.6	225	<0.1	0.61	0.04	<0.1	<0.003	17.5	0.012	11.2	1400	0.07
40	40-228	Canal drenaje mina San Jose	700158	8015178	05/06/22	13:40	Poopo	2.08	15.2	34640	5.65	89.9	187	7.0	35.81	35.8	3.34	2.36	13245	19.3	6150	5800	9.88

En referencia a los resultados de las mediciones realizadas en campo y laboratorio de 40 muestras obtenidas de agua superficial en las unidades hidrográficas del área de estudio, a continuación se describe brevemente las especificaciones técnicas del equipo empleado.

- Equipo Medidor Multiparámetro Orion A329 (para trabajo de campo)

<i>Exactitud (CE):</i>	<i>0,5 % de lectura \pm 1 dígito > 3 μS; 0,5 % de lectura \pm 0,01 μS \leq 3 μS</i>
<i>Exactitud (mV):</i>	<i>\pm 0,2 mV o \pm 0,05 % de la lectura, lo que sea mayor</i>
<i>Exactitud (OD polarográfica):</i>	<i>\pm 0,2 mg/l o \pm 2 % de la lectura, lo que sea mayor</i>
<i>Exactitud (TDS):</i>	<i>0,5 % de la lectura \pm 1 dígito</i>
<i>Exactitud de temperatura:</i>	<i>\pm 0,1 °C</i>
<i>Exactitud (pH):</i>	<i>\pm0,002</i>
<i>Modos de calibración:</i>	<i>Aire con agua saturada y agua saturada con aire, manual (valoración Winkler) y punto cero</i>
<i>Puntos de calibración (conductividad):</i>	<i>Hasta 5</i>
<i>Puntos de calibración (pH):</i>	<i>Desde 1 hasta 5</i>
<i>Intervalo (conductividad):</i>	<i>De 0,001 μS/cm a 3000 mS/cm</i>
<i>Intervalo (pH):</i>	<i>Desde -2,000 hasta 20,000</i>
<i>Intervalo (salinidad):</i>	<i>De 0,06 a 80,00 psu, de 0,05 a 42,00 ppt</i>
<i>Intervalo de temperatura (métrico):</i>	<i>De -5,0 °C a +105,0 °C</i>
<i>Percent Saturation Range (Polarographic DO):</i>	<i>De 0,0 al 600,0 % de saturación</i>

- Equipo Turbidímetro Orion AQ4500 con el que se midió la Turbidez en campo:

<i>Descripción:</i>	<i>Kit de turbidímetro y calibración</i>
<i>Rangos de Medición:</i>	<i>0 a 4000 NTU, EPA 0 a 2000 NTU, rango GLI. 0 a 40 NTU, ISO-7027 0 a 150 FAU, Relación IR. 0 a 4000 NTU, EBC 0 a 24.5, ASBC 0 a 236</i>
<i>Resolución:</i>	<i>0.01 (0 a 9.99 NTU), 0.1 (10 a 99.9), 1 (100 a 1000)</i>
<i>Precisión:</i>	<i>\pm2 % de lectura más 0.01 NTU de 0 a 500 NTU, \pm3 % de lectura de 500 a 1000 NTU, \pm5 % de lectura de 1000 a 2000 NTU</i>

Estándares Estándares primarios provistos SDVB

Calibración:

Tam. 10 mL

Mínimo

Muestra:

*Temperaturas (-40 °C a 60 °C), 90 % de humedad relativa a 30.0 °C max
de Operación:*

Por otra parte, los límites de detección que presenta el laboratorio que realizó los análisis de aguas, reportó los siguientes datos:

- Arsénico 0.01 mg/L
- Boro 0.1 mg/L
- Cadmio 0.003 mg/L
- Plomo 0.003 mg/L
- Sulfatos 2 mg/L
- Litio 0.01 mg/L.

En la Tabla 22 se muestran los resultados de los parámetros fisicoquímicos medidos en campo y laboratorio, comparados con la normativa nacional de Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores (Reglamento a la Ley del Medio Ambiente 1333). El detalle de los colores es el siguiente: azul (clase A), verde (clase B), amarillo (clase C), anaranjado (clase D) y rojo (clase mayor a D).

Las concentraciones reportadas, en los parámetros recomendados por el VRHR, son muy variadas, los valores de pH son indicadores de la alta actividad mineras presente en particular en la UH Poopó, es así que casos como las descargas sobre los CA superficiales cercanas a los complejos mineros de Poopó, Antequera, Japo, Morococala, Huanuni y San José muestran afectación directa de sus actividades sobre este parámetro.

La salinidad es elevada en muchos de los CA medidos, al Este de la UH Poopó en poblaciones como Antequera, Bolívar, Poopó, Japo, Santa Fe, Huanuni y San José, relacionados principalmente con las actividades mineras presentes en estas poblaciones. Las aguas termales influyen en la salinidad de los CA naturales, esto se evidencia en poblaciones como Obrajes, Urmiri y Poopó de la UH Poopó.

Las zonas con depósitos de sal (saleras) como es el caso de Jayuma Llallagua y Tarquiamaya son las regiones donde la salinidad es bastante elevada afectando directamente a la calidad de los CA superficiales naturales que atraviesan estas áreas.

La salera de Jayuma Llallagua y Tarquiamaya es un área de donde se extrae sal del agua, a través del proceso de evaporación con el sol. Este es un método práctico en climas donde la tasa de evaporación excede la tasa de precipitación, ya sea anualmente o por períodos prolongados e idealmente, donde prevalecen vientos constantes. La

producción de sal, consiste en la captura de agua salada en estanques poco profundos donde el sol evapora la mayor parte del agua.

Las saleras son capaces de cambiar la salinidad (acumulación de sal en la tierra y el agua) a un nivel que daña el medio ambiente natural. Los responsables de la elevación de salinidad son generalmente el sodio, el calcio y el magnesio combinado con el cloruro, el sulfato y el carbonato.

El impacto más importante de la salinidad, en las tierras secas, es la salinización de ríos previamente no salinos. Esto afecta a la calidad del agua para beber y para regar, con graves consecuencias económicas, sociales y medioambientales para las comunidades rurales.

Los sólidos sedimentables son claramente elevados en regiones donde hay minería como Poopó, Japo, Santa Fe, Huanuni y San José, debido a las actividades de explotación y procesamiento de minerales.

No se encontraron concentraciones elevadas de arsénico (As) en la región Oeste de las UH del Salar de Coipasa y Mauri, con excepción de la muestra tomada en el río Pacokahua, en este caso su fuente es natural, normalmente liberado al ambiente por la misma geología de la zona.

Nuevamente las regiones mineras muestran su fuerte influencia sobre los CA superficiales tomando en cuenta al As. La dinámica de este elemento en el suelo está vinculada a las fases mineralógicas a las que se encuentra asociado. Esto es fundamental ya que este factor influye en la presencia de As en concentraciones elevadas en CA en regiones con actividad minera, controlando de esta forma su biodisponibilidad y toxicidad.

El As se presenta en zonas mineras como Poopó, Santa Fe y San José asociado a los depósitos de sulfuros, siendo muy abundante en la faja pirítica, esto se evidencia con la presencia elevada de sulfatos ($\text{SO}_4^{2=}$) en estas zonas.

El boro (B) tiene fuentes muy diversas, proviene tanto FC naturales como regiones volcánicas en forma de boratos y FC antrópicas como el vertido de aguas provenientes del sector agrícola, industrial y de aguas residuales. Otros elementos como el cadmio (Cd) presenta concentraciones importantes en zonas mineras, pero en particular en la descarga de la mina San José.

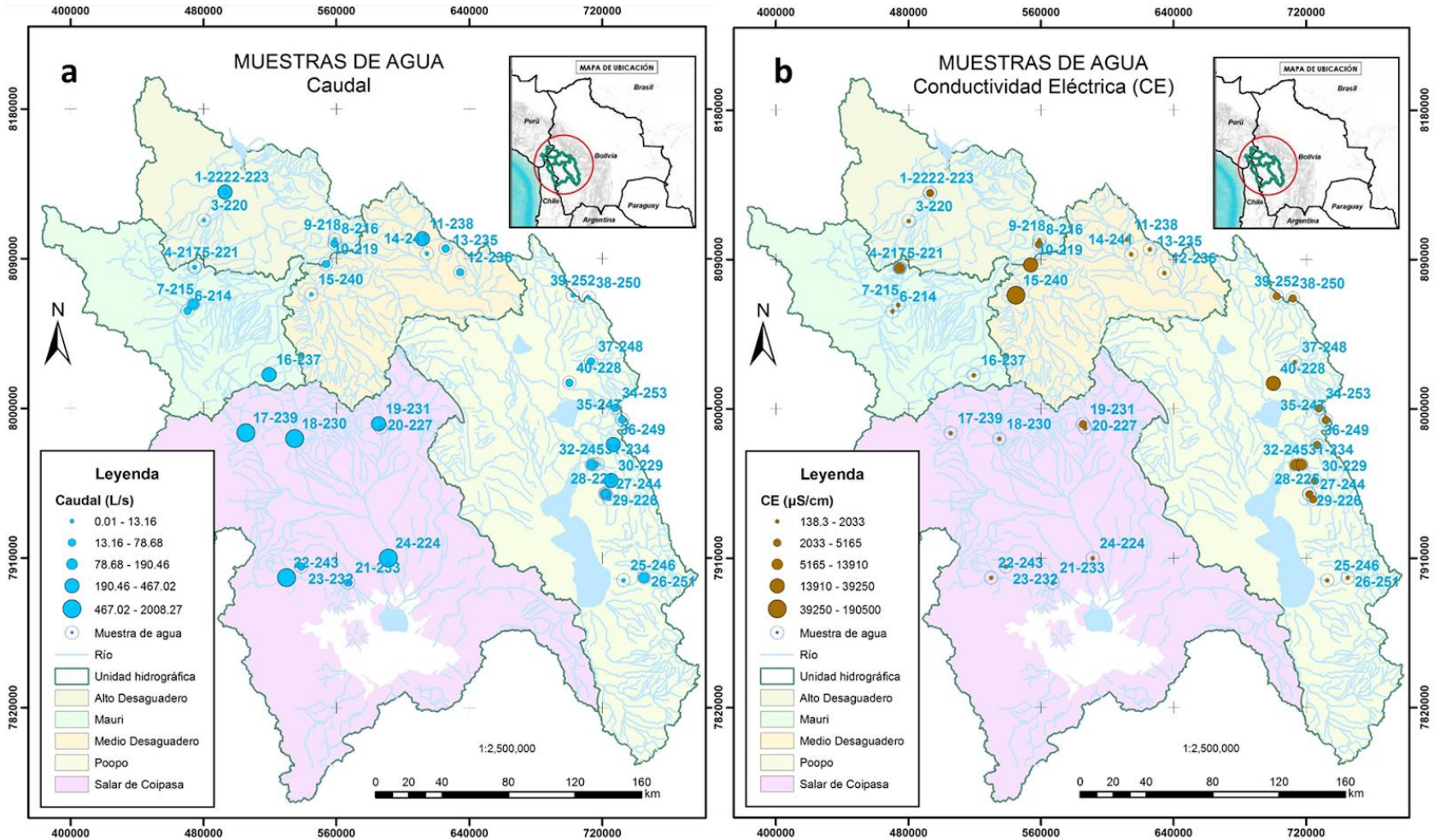


Figura 26 Espacialización de las medidas de caudal (a) y conductividad eléctrica (b) en los puntos de muestreo de agua

En relación a los caudales medidos, estos son mayores en la UH Salar de Coipasa como se observa en la figura, los ríos Sajama, Cosapa y Lauca son los más caudalosos en periodo de estiaje, este factor es fundamental a la hora de entender la carga contaminante que arrastran estos CA, como se ve en la jerarquización de FC que se discutirá más adelante.

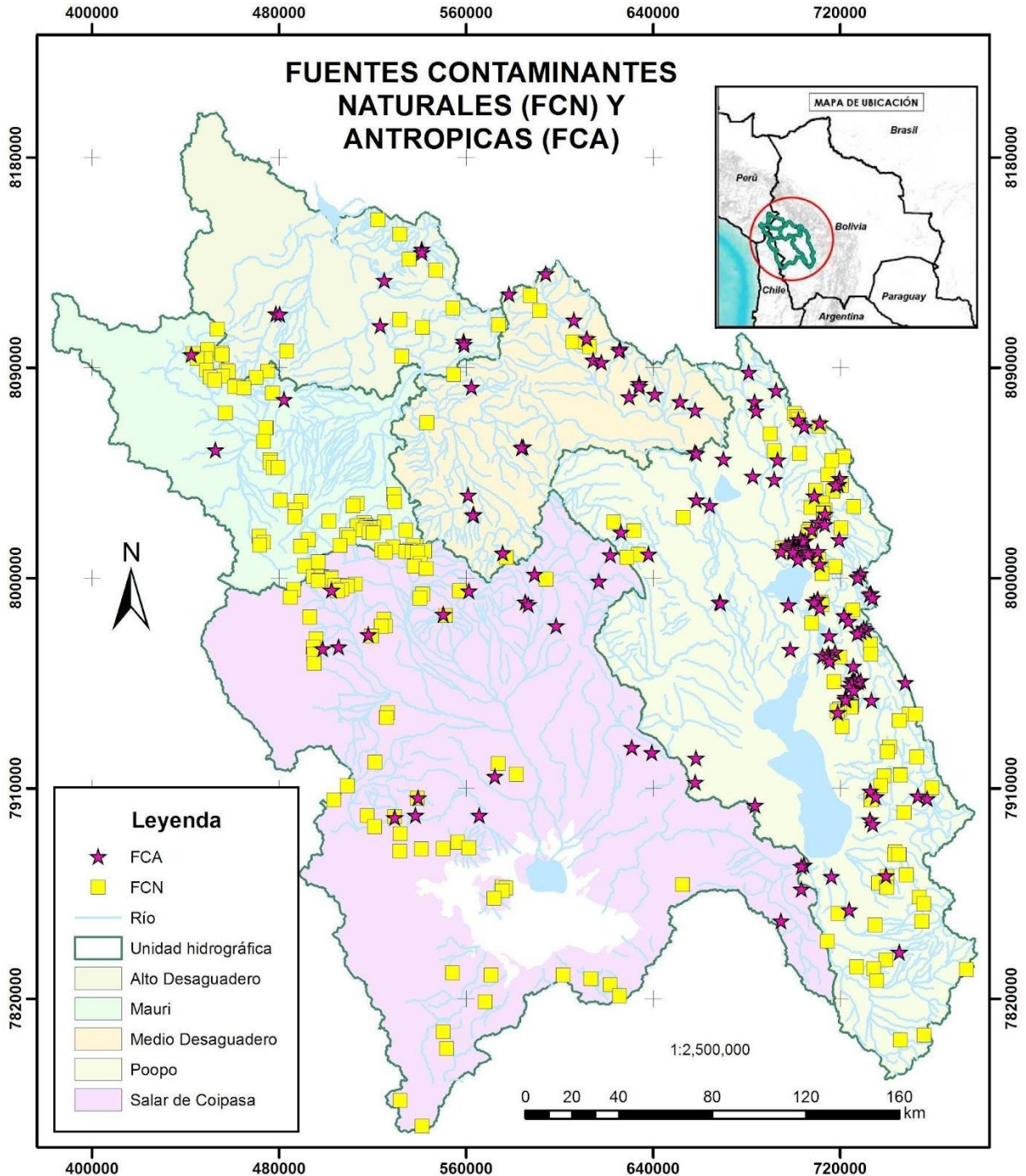


Figura 27 Espacialización de todas las FC naturales y antrópicas reclasificadas.

Con el objetivo de contribuir a la identificación, clasificación y jerarquización de las fuentes contaminantes (FC) de origen natural y antrópico actuales con base en las características fisicoquímicas y nivel de carga contaminante de sus efluentes, se elaboró la metodología planteada en el presente estudio, evaluando los impactos de estas FC sobre los recursos hídricos de las cinco unidades hidrográficas del sistema TDPS en el

lado de Bolivia. En la figura se observa el total de FC reclasificadas para posteriormente ser jerarquizadas.

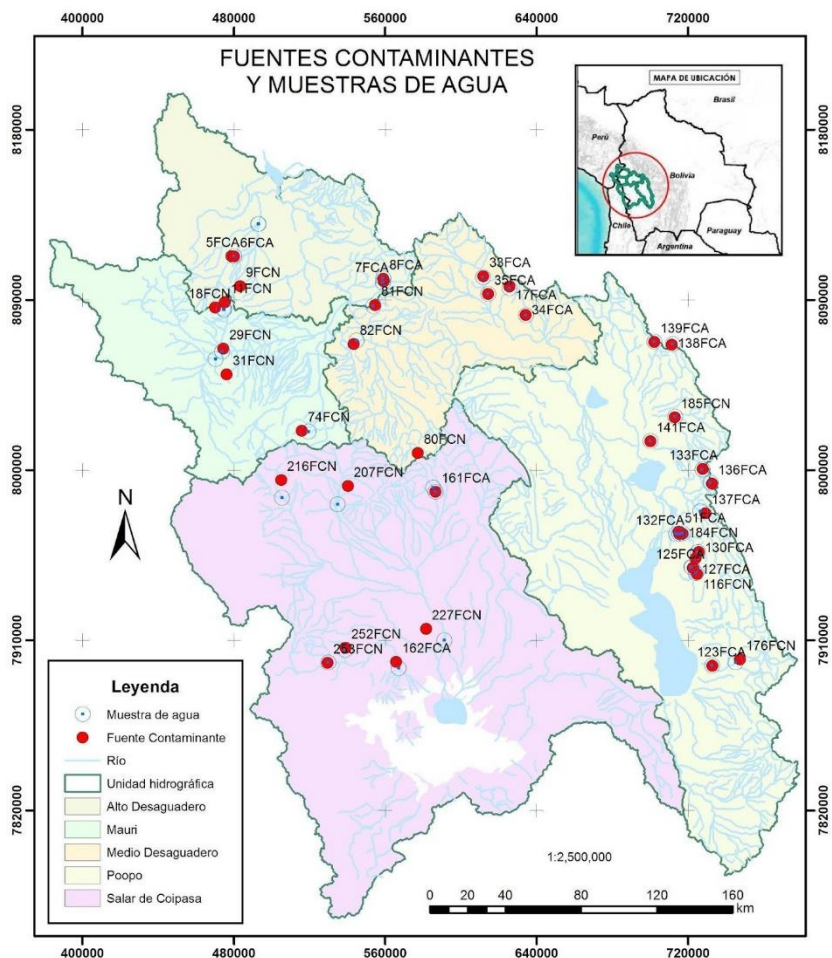


Figura 28 Fuentes Contaminantes Naturales (FCN) y Antrópicas (FCA) seleccionadas para ser relacionadas con los cuerpos de agua muestreados

Se aplicó la matriz de jerarquización "Contaminación de Fuentes Medidas en Ríos" (CMR) para 40 FC identificadas que fueron verificadas y/o validadas de acuerdo a cada caso en campo, que además fueron sustentadas con las mediciones fisicoquímicas realizadas en campo y en laboratorio. A su vez se aplicó la evaluación de "Importancia del Impacto Ambiental" (IIA) recomendada por la metodología del ALT para todas FC naturales y antrópicas reclasificadas.

Considerando los resultados de verificación y validación obtenidos en campo/laboratorio y bajo los criterios definidos en la metodología de Evaluación de Importancia Ambiental tanto de los términos de referencia de la presente consultoría (CMR) y los de la ALT (IIA), se reclasificaron y jerarquizaron las fuentes contaminantes por unidad hidrográfica en las diferentes categorías.

14 FUENTES CONTAMINANTES DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA ALTO DESAGUADERO

14.1 Fuentes Contaminantes Antrópicas (FCA)

14.1.1 Aguas Residuales Municipales

En esta unidad se ha identificado el vertimiento de aguas residuales proveniente del alcantarillado sanitario en la población de Nazacara y las descargas de las plantas de tratamiento de agua residual en las poblaciones de Santiago de Machaca y Coro Coro.

Tabla 23 Aguas residuales municipales en la UH Alto Desaguadero

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	1FCA	La Paz	Nazacara de Pacajes	Nazacara	525100	8127280	01519/AR/DO/004	-34	MODERADO
2	6FCA	La Paz	Santiago de Machaca	Santiago de Machaca	480304	8112944	01549/AR/MJ/007	-32	MODERADO
3	8FCA	La Paz	Coro Coro	Coro Coro	559049	8101267	01512/AR/MJ/012	-29	MODERADO

Se aplicó la matriz de jerarquización para la fuente contaminante 8FCA (PTAR Coro Coro), para lo que se analizó la descarga de la planta, resultando un valor en el rango moderado.

Tabla 24 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 8FCA de la UH Alto Desaguadero


												
CONTAMINACION DE FUENTES MEDIDAS EN RIOS (CMR) INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES - SISTEMA HÍDRICO TDPS (Alto Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Salar de Coipasa y Poopó)												
Ubicación												
Departamento: La Paz				Zona hidrológica: Alto Desaguadero				Coordenadas (UTM)				
Provincia: Pacajes				Código (UH): 01512				Este: 559048.9				
Municipio: Coro Coro				Día.Mes.Año: 27/05/22				Norte: 8101267.34				
Poblado cercano: Coro Coro				Hora: 12:04				Elevación: 4002 m s.n.m.				
Descripción: PTAR Coro Coro (8FCA)												
Matriz de jerarquización												
N	Criterio de jerarquización	Categorías	Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valor asignado	Valoración (%)	Concentración	Carga (mg/s)	Peso 1	Peso 2	Valor final
1	Características físico-químicas y carga contaminante.	Basicos 1	pH	<6 - >9	RMCH	5	60	8.5		0.25	0.25	1.3
			T					10				
		Basicos 2	CE	>1600 µS/cm	VRHR	3		1600		0.26	0.25	0.8
			Fuentes que demanda oxígeno	OD	<50%			3	37.5		0.95	0.75
		Fuentes aportantes de sales	Na	>200 mg/L	RMCH	3		80.4	248.86	0.25	0.25	0.8
			Cl ⁻	>500 mg/L		3		134	414.76	0.25	0.25	0.8
			SO ₄ ⁼	>400 mg/L		3		138	427.14	0.25	0.25	0.8
		Fuentes aportantes de sólidos suspendidos	Ssed	>1 mL/L		3		0.3	0.93	0.25	0.25	0.8
			Turbidez	>200 (UNT) (seca)		3		45		0.27	0.25	0.8
		Fuentes aportantes de metales (evaporativos)	B	>1 mg/L		5		5.2	16.10	0.25	1.00	2.8
			Li	>5 mg/L		5		0.16	0.50	0.25	0.25	1.3
		2	Caudal del efluente.	Cuantificación del volumen de la fuente	Q	L/s					3.10	
3	Actividad toxica (ecotoxica genotoxica)	Fuentes aportantes de metales tóxicos (sensibles a redox)	As	>0.1 mg/L	RMCH	8		<0.01	0.02	0.25	0.25	2.0
			Pb	>0.1 mg/L		8	0.246	0.76	0.25	0.75	3.6	
			Cd	>0,005 mg/L		8	0.094	0.29	0.25	1.00	4.4	
4	Valoración de importancia ambiental (local y regional).	Importancia del Impacto Ambiental (ALT) y regionalización Importancia del impacto (CONESSA)	Compatible	<25	ALT	20	20			29		5.8
			Moderado	26≥<50								
			Severo	51≥<75								
			Crítico	76≥<100								
5	Impacto económico.	Afectación al sector productivo	Alto			1	9			0.33		2.97
			Medio			0.66						
			Bajo			0.33						
6	Impacto social.	Habitantes afectados	Alto			1	9			0.33		2.97
			Medio			0.66						
			Bajo			0.33						
7	Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental (viabilidad técnica y económica).	Instituciones públicas o privadas que trabajan en el tema ambiental del municipio	Sin instituciones			1	2			0.66		1.3
			Al menos una institución			0.66						
			Mas de una institución			0.33						
COMPATIBLE <25 MODERADO 26≥<50 SEVERO 51≥<75 CRITICO 76≥<100 Valor total: 35												



Figura 29 PTAR de Santiago de Machaca (a) y PTAR de Coro Coro (b) en la UH Alto Desaguadero

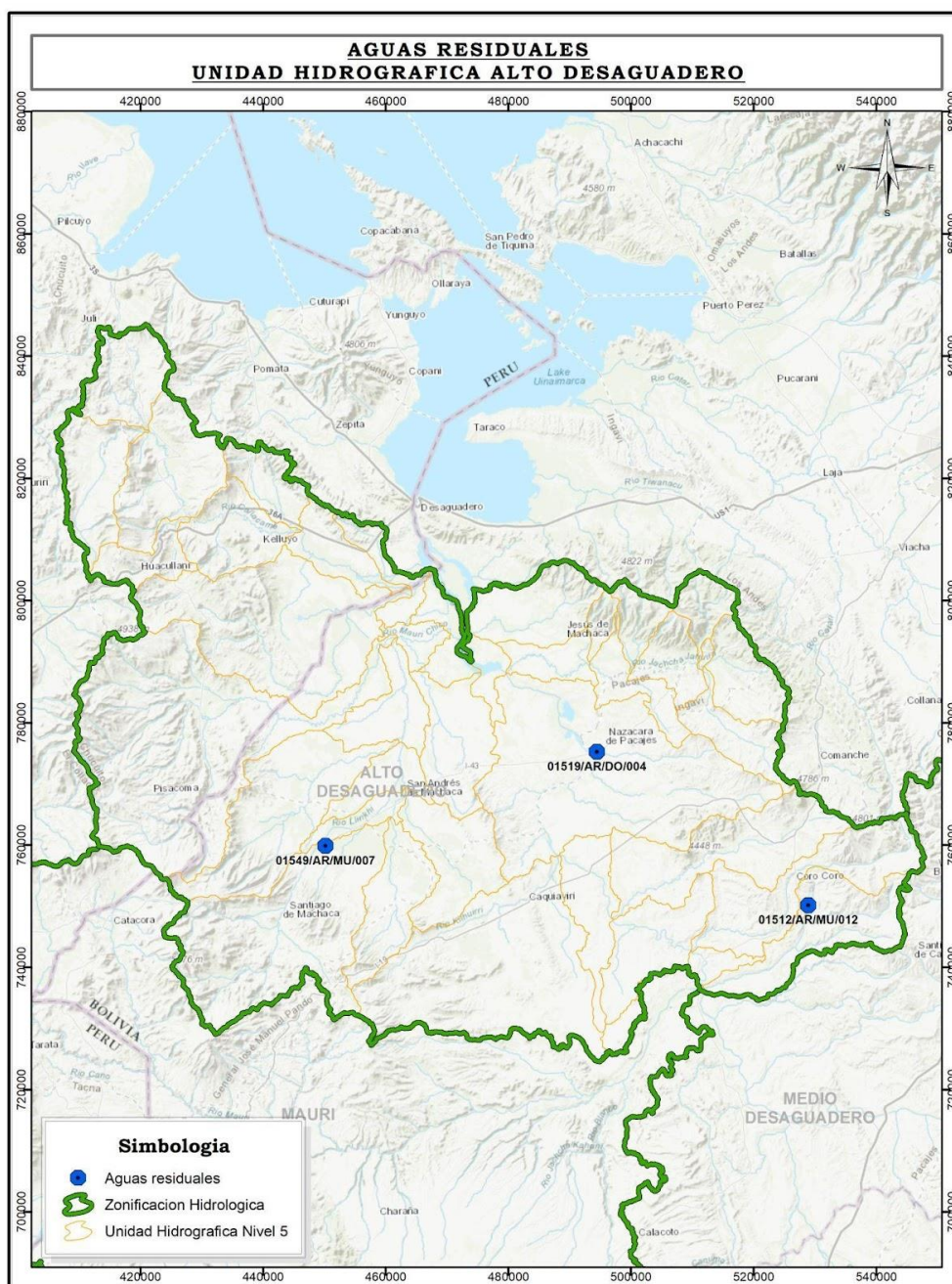


Figura 30 Mapa de ubicación de las aguas residuales municipales en la UH Alto Desaguadero

14.1.2 Residuos Sólidos

En esta UH, se ha identificado al botadero de residuos sólidos de la población de Santiago de Machaca como Fuente Contaminante. En muchos de los municipios no hay un manejo adecuado de residuos sólidos, es por esa razón que los pobladores arrojan sus residuos en diferentes zonas cercanas a las principales poblaciones o directamente son arrojados a los cauces de los ríos circundantes. En otros casos, los residuos sólidos son incinerados y posteriormente enterrados.

Tabla 25 Residuos sólidos en la UH Alto Desaguadero

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCAÑA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	5FCA	La Paz	Santiago de Machaca	Santiago de Machaca	478755	8113065	01549/RS/GN/006	-26	MODERADO

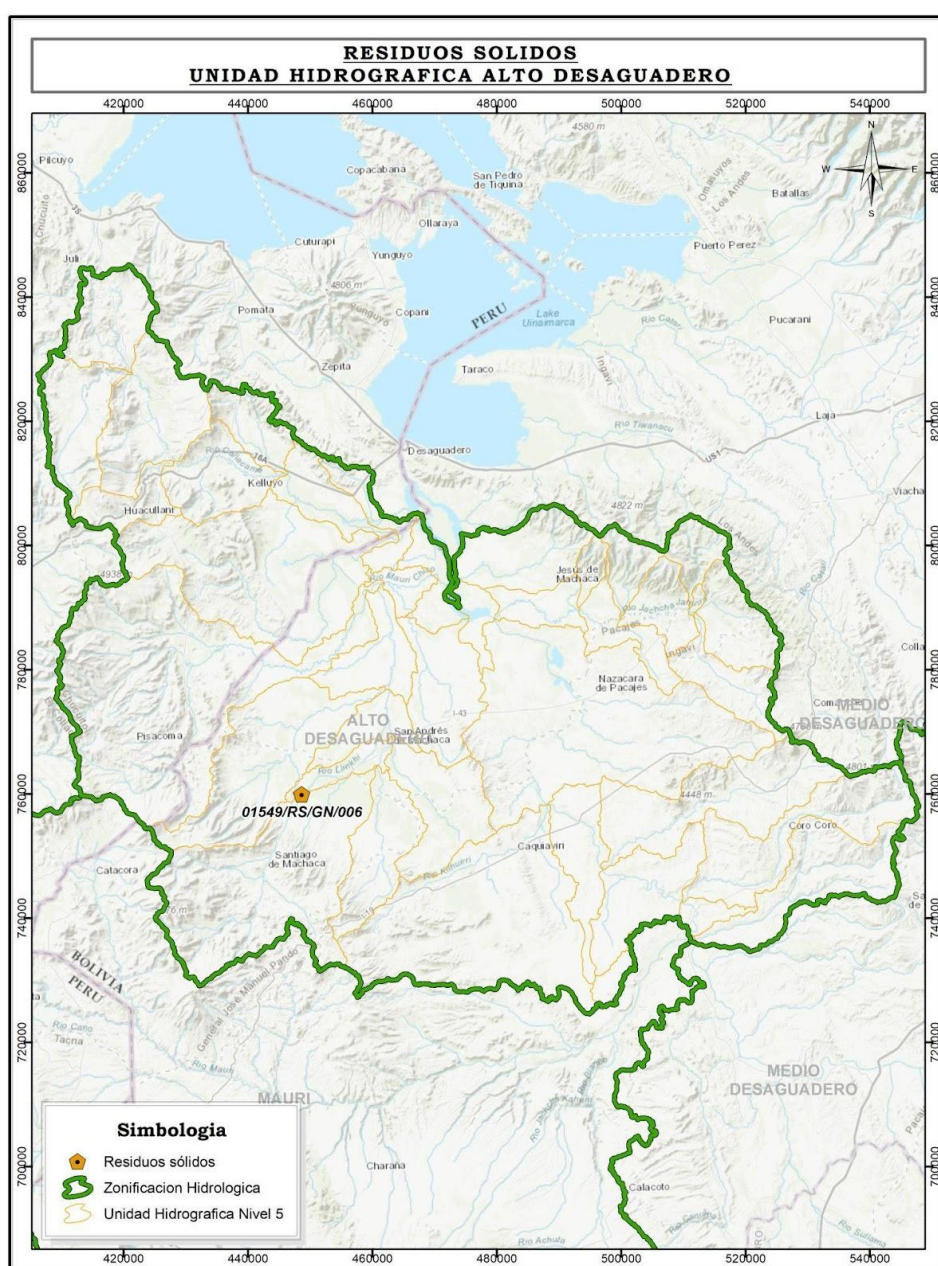


Figura 31 Mapa de ubicación de residuo sólidos en la UH Alto Desaguadero

14.1.3 Labores y residuos mineros

En la UH Alto Desaguadero, las labores y residuos mineros se localizan en la parte Este de la UH. En la zona de Jesús de Machaca, Caquiaviri y Coro Coro, en las cercanías de la cordillera oriental. En la visita realizada el 27 de mayo de 2022, se verificó la presencia de actividad minera en la localidad de Coro Coro. También se identificó la presencia de relaves mineros y otras labores (campamentos), desde donde en el periodo de lluvias, se podría generar drenaje ácido superficial, que terminaría en el cauce del río Caquingora. En esta UH se clasificaron 4 FCA que representan a labores y residuos mineros identificados.

Tabla 26 Labores y residuos mineros en la UH Alto Desaguadero

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	2FCA	La Paz	Jesus de Machaca	Khasiri	541177	8140722	01525/LM/ND/001	-25	COMPATIBLE
2	3FCA	La Paz	Jesus de Machaca	Jilatiti Canaza	541055	8139262	01525/LM/ND/002	-25	COMPATIBLE
3	7FCA	La Paz	Coro Coro	Chijchi	559271	8099795	01512/LM/ND/013	-23	COMPATIBLE
4	4FCA	La Paz	Caquiaviri	Guanco Alta Calapaillo	523397	8107988	01517/IM/CA/009	-14	COMPATIBLE

En la tabla anterior se muestra los valores de la IIA aplicado a las FC, todos los valores indican que las actividades no estarían generando un alto impacto en el ambiente actualmente.

De estas 4 FCA se eligió una para ser verificada y/o validada en campo. La FCA elegida fue la 7FCA que representa al centro minero Coro Coro, en esta fuente se tomó una muestra de agua en la parte sur de este complejo minero sobre el río Caquingora y se aplicó la matriz de jerarquización CMR para evaluar el impacto de esta FCA sobre el ambiente.

El complejo minero Coro Coro presenta una valoración final de 36 bajo esta evaluación, lo que indica que tiene un impacto moderado sobre el ambiente. Hay diferencia entre los valores de la evaluación IIA y CMR, debido a que esta última considera las mediciones hechas en campo y laboratorio del cuerpo de agua, por lo tanto, tiene mayor sustento en su valoración final.

Tabla 27 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante FCA de UH Alto Desaguadero

PN UD		GIRH TDPS		No. CMR/ 008											
CONTAMINACIÓN DE FUENTES MEDIDAS EN RÍOS (CMR) INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES - SISTEMA HÍDRICO TDPS (Alto Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Salar de Colpas y Poopó)															
Ubicación			Coordenadas (UTM)												
Departamento: La Paz		Zona hidrográfica: Alto Desaguadero		Este: 559271.29											
Provincia: Pacajes		Código (UH): 01512		Norte: 8099795.34											
Municipio: Coro Coro		Día/Mes/Año: 27/05/22		Elevación: 3996 m s.n.m.											
Poblado cercano: Ninoca Wayocata		Hora: 10:10													
Descripción: Complejo minero Coro Coro (7FCA)															
Matriz de jerarquización															
N	Criterio de jerarquización	Categorías	Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valor asignado	Valoración (%)	Concentración	Carga (mg/s)	Peso 1	Peso 2	Valor final			
1	Características físico-químicas y carga contaminante.	Básicos 1	pH	<6 - >9	RMCH	5	60	7.7		0.25	0.25	1.3			
			T					4.3							
		Básicos 2	CE	>1500 µS/cm	VRHR	3		5165			0.27	1.00	1.7		
			Fuentes que demanda oxígeno	OD	<50%			3	117.8		0.69	0.25	1.5		
		Fuentes aportantes de sales	Na	>200 mg/L		3		1172	57870.64		0.35	1.00	1.8		
			Cl ⁻	>500 mg/L		3		2038	100631.72		0.32	1.00	1.8		
			SO ₄ ²⁻	>400 mg/L	RMCH	3		412	20343.61		0.27	0.50	1.1		
		Fuentes aportantes de sólidos suspendidos	Ssed	>1 mL/L		3		<0.1	2.47		0.25	0.25	0.8		
			Turbidez	>200 (UNT) (seca)		3		4.57			0.25	0.25	0.8		
		Fuentes aportantes de metales (evaporativos)	B	>1 mg/L		5		5.2	256.76		0.26	1.00	2.8		
Li	>5 mg/L			5	0.57	28.15		0.26	0.25	1.3					
2	Caudal del efluente.	Cuantificación del volumen de la fuente	Q	L/s				49.38							
3	Actividad tóxica (ecotoxicidad genotóxica)	Fuentes aportantes de metales tóxicos (sensibles a redox)	As	>0.1 mg/L		8		<0.01	0.25	0.25	0.25	2.0			
			Pb	>0.1 mg/L	RMCH	8		0.023	1.14	0.25	0.25	2.0			
			Cd	>0.005 mg/L		8		0.009	0.44	0.25	0.50	2.8			
4	Valoración de importancia ambiental (local y regional).	Importancia del Impacto Ambiental (ALI) y regionalización Importancia del Impacto (CONESSA)	Compatible	<25											
			Moderado	26<=50	ALT	20	20								
			Severo	51<=75							23		4.6		
			Crítico	76<=100											
5	Impacto económico.	Afectación al sector productivo	Alto			1									
			Medio			0.66	9			0.66		5.94			
			Bajo			0.33									
6	Impacto social.	Habitantes afectados	Alto			1									
			Medio			0.66	9			0.33		2.97			
			Bajo			0.33									
7	Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental (viabilidad técnica y económica).	Instituciones públicas o privadas que trabajan en el tema ambiental del municipio	Sin instituciones			1									
			Al menos una institución			0.66	2			0.66		1.3			
			Más de una institución			0.33									
			COMPATIBLE	<25		MODERADO	26<=50		SEVERO	51<=75		CRÍTICO	76<=100	Valor total:	36



Figura 32 Labores y residuos mineros del complejo minero Coro Coro de la UH Alto Desaguadero, ingenio para el procesamiento de minerales (a) y dique de colas (b).

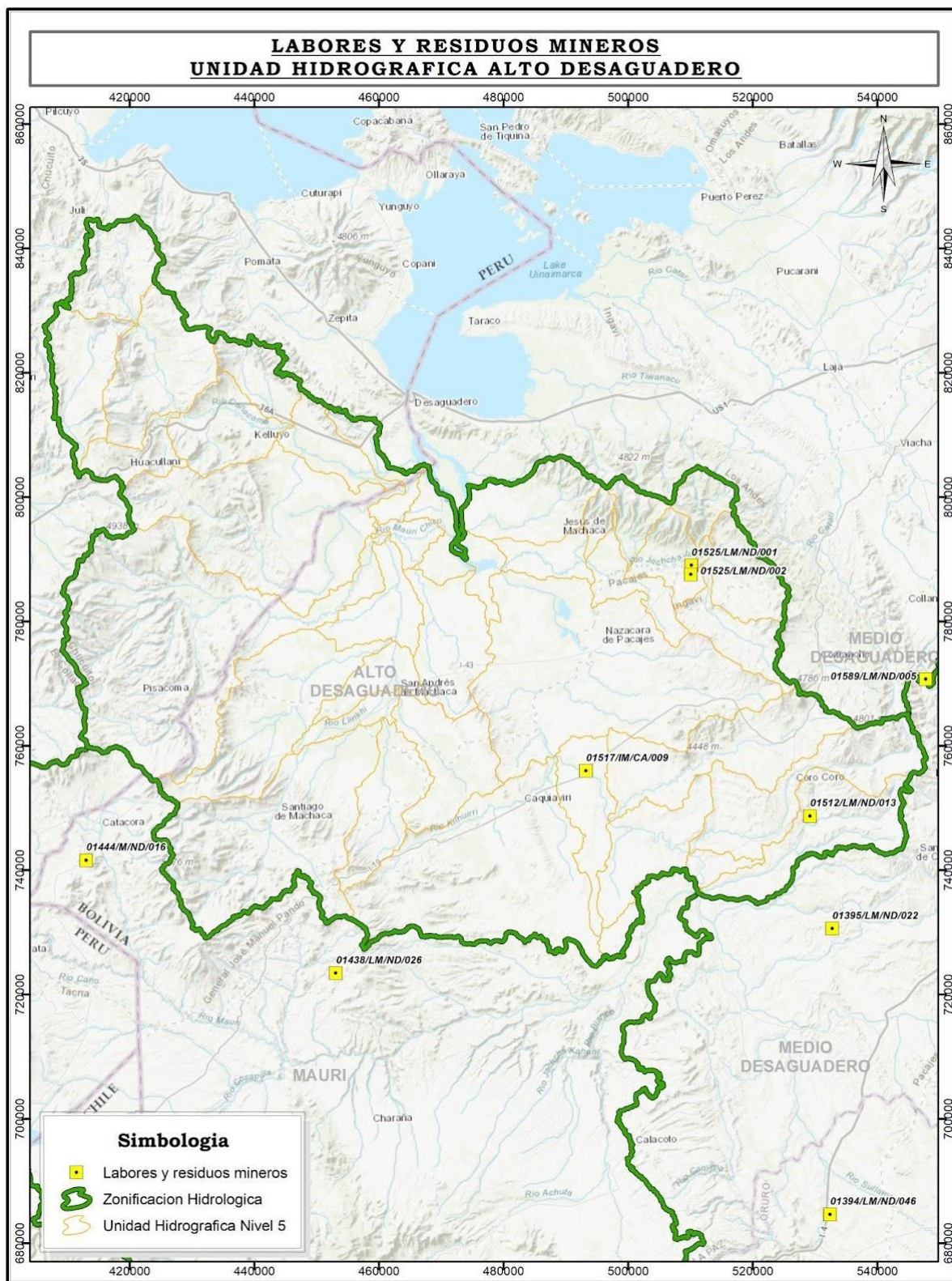


Figura 33 Mapa de ubicación de labores y residuos mineros en la UH Alto Desaguadero.

14.2 Fuentes Contaminantes Naturales (FCN)

14.2.1 Depósitos naturales

En la UH Alto Desaguadero, los depósitos naturales se localizan en la parte Este y Sur. En la zona de Santiago de Machaca. En la visita realizada el 25 y 26 de mayo del 2022, se verificó la presencia de depósitos naturales en esta región, en el periodo de lluvias, se podría generar drenaje superficial, que terminaría en los cauces de los ríos Tujsa Jahuira y Challa Jahuira. En esta UH se clasificaron 13 FCN que representan a depósitos naturales identificados, los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 28 Depósitos naturales en la UH Alto Desaguadero

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	1FCN	La Paz	Santiago de Machaca	Faroco	458362	8088488	01549/DN/DN/027	-40	MODERADO
2	10FCN	La Paz	Santiago de Machaca	Faroco	457600	8088900	01549/DN/DN/025	-21	COMPATIBLE
3	11FCN	La Paz	Santiago de Machaca	Berenguela	475300	8088600	01438/DN/DN/026	-21	COMPATIBLE
4	12FCN	La Paz	Caquiaviri	Mapa Salinas	535689	8136547	01523/DN/DN/003	-42	MODERADO
5	13FCN	La Paz	Caquiaviri	Ajnocollo	547241	8131712	01529/DN/DN/004	-22	COMPATIBLE
6	2FCN	La Paz	Jesus de Machaca	Achirjiri	522400	8153400	01534/DN/DN/001	-23	COMPATIBLE
7	3FCN	La Paz	Jesus de Machaca	Sullkatiti Titiri	531825	8147250	01524/DN/DN/002	-21	COMPATIBLE
8	4FCN	La Paz	Caquiaviri	Guanco Alta Calapaillo	531800	8110600	01516/DN/DN/008	-21	COMPATIBLE
9	5FCN	La Paz	Coro Coro	Lacaya	541400	8107400	01516/DN/DN/010	-21	COMPATIBLE
10	6FCN	La Paz	Calacoto	Villa Belen	532600	8094900	01515/DN/DN/020	-21	COMPATIBLE
11	7FCN	La Paz	Coro Coro	Colque Alta	554400	8115600	01516/DN/DN/006	-21	COMPATIBLE
12	8FCN	La Paz	Coro Coro	Callirpa	574000	8108400	01514/DN/DN/009	-23	COMPATIBLE
13	9FCN	La Paz	Santiago de Machaca	Choquepina	483400	8097200	01549/DN/DN/016	-17	COMPATIBLE

En la anterior tabla, se muestran los valores de la evaluación de IIA aplicado a las FC, la mayoría de los valores indican que las estas FC no estarían generando un alto impacto en el ambiente actualmente.

De estas 13 FCA se eligieron 2 para ser verificadas y/o validadas en campo. Las FCN elegidas 9 FCN y 11 FCN se encuentran en cercanías a la localidad de Santiago de Machaca. Se tomaron 2 muestras de agua en la parte norte de estos depósitos sobre los ríos Tujsa Jahuira y Challa Jahuira. Se aplicó la matriz de jerarquización CMR para evaluar el impacto de estas FCN sobre el ambiente. Los valores de todas las FCN clasificadas y jerarquizadas se muestran en Anexos.

Tabla 29 Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 11FCN de la UH Alto Desaguadero

CONTAMINACIÓN DE FUENTES MEDIDAS EN RÍOS (CMR) INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES - SISTEMA HÍDRICO TDPS (Alto Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Salar de Colpasá y Poopó)											No. CMR/ 005			
Departamento: La Paz Provincia: General José Manuel Pando Municipio: Santiago de Machaca Poblado cercano: Fayurani Chico			Zona hidrográfica: Mauri Código (UH): 01438 Día.Mes.Año: 26/05/22 Hora: 13:36			Coordenadas (UTM) Este: 475300 Norte: 8088600 Elevación: 4117 m s.n.m.								
Matriz de jerarquización														
N	Criterio de jerarquización	Categorías	Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valor asignado	Valoración (%)	Concentración	Carga (mg/s)	Peso 1	Peso 2	Valor final		
1	Características físico-químicas y carga contaminante.	Básicos 1	pH	<6 - >9	RMCH	5	60	8.5		0.25	0.25	1.3		
			T					19						
		Básicos 2	CE	>1500 µS/cm	VRHR	3		750			0.25	0.25	0.8	
			Fuentes que demanda oxígeno	OD	<50%			3	110			0.72	0.25	1.6
		Fuentes aportantes de sales	Na	>200 mg/L		3		385	733.91	0.25	0.50	1.1		
			Cl	>500 mg/L		3		548	1044.63	0.25	0.50	1.1		
			SO ₄ ²⁻	>400 mg/L		3		70	133.44	0.25	0.25	0.8		
			Fuentes aportantes de sólidos suspendidos	Ssed	>1 mL/L	RMCH		3	<0.1	0.10	0.25	0.25	0.8	
		Fuentes aportantes de metales (evaporativos)	Turbidez	>200 (UNT) (seca)		3		1.5			0.25	0.25	0.8	
			B	>1 mg/L		5		3	5.72	0.25	0.75	2.3		
			Li	>5 mg/L		5		0.71	1.35	0.25	0.25	1.3		
		2	Caudal del efluente.	Cuantificación del volumen de la fuente	Q	L/s					1.91			
3	Actividad tóxica (ecotóxica genotóxica)	Fuentes aportantes de metales tóxicos (sensibles a redox)	As	>0.1 mg/L		8		<0.01	0.01	0.25	0.25	2.0		
			Pb	>0.1 mg/L	RMCH	8		0.003	0.01	0.25	0.25	2.0		
			Cd	>0.005 mg/L		8		<0.0015	0.00	0.25	0.25	2.0		
4	Valoración de importancia ambiental (local y regional).	Importancia del Impacto Ambiental (ALI) y regionalización Importancia del Impacto (CONESSA)	Compatible	<25										
			Moderado	26<=50	ALT	20	20			40		8		
			Severo	51<=75										
			Crítico	76<=100										
5	Impacto económico.	Afectación al sector productivo	Alto			1								
			Medio			0.66	9			0.33		2.97		
			Bajo			0.33								
6	Impacto social.	Habitantes afectados	Alto			1								
			Medio			0.66	9			0.33		2.97		
			Bajo			0.33								
7	Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental (viabilidad técnica y económica).	Instituciones públicas o privadas que trabajan en el tema ambiental del municipio	Sin instituciones			1								
			Al menos una institución			0.66	2			1.00		2.0		
			Más de una institución			0.33								
			COMPATIBLE	<25										
			MODERADO	26<=50										
			SEVERO	51<=75										
			CRÍTICO	76<=100										
										Valor total:		33		

El depósito natural de la fuente contaminante 11FCN presenta una valoración final de 33 bajo esta evaluación, lo que indica que tiene un impacto moderado sobre el ambiente. Hay diferencia entre los valores de la evaluación IIA y la CMR, debido a que esta última considera las mediciones hechas en campo y laboratorio del cuerpo de agua, por lo tanto, tiene mayor sustento en su valoración final.

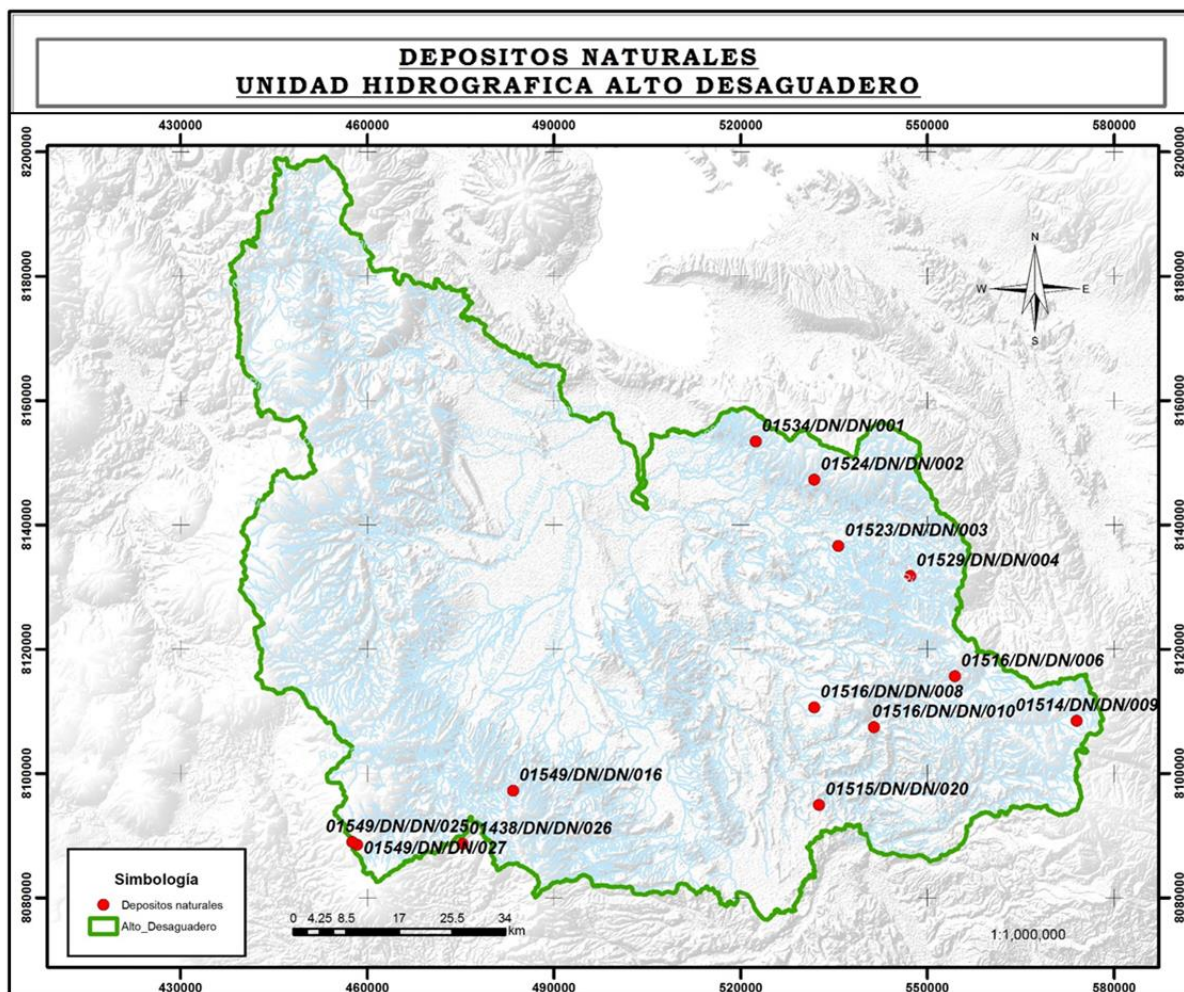


Figura 34 Mapa de ubicación de depósitos naturales en la UH Alto Desaguadero

14.3 Estadísticas de las Fuentes Contaminantes

En la UH Alto Desaguadero se identificaron 21 fuentes contaminantes, en la siguiente tabla se presentan las FC según su origen.

Tabla 30 Origen de la fuente contaminante según municipios en la unidad hidrográfica Alto Desaguadero

Municipio	Aguas residuales	Residuos sólidos	Labores y residuos mineros	Agua natural	Depósito natural	Total
Calacoto					1	1
Caquiaviri			1		3	4
Coro Coro	1		1		3	5
Jesus de Machaca			2		2	4
Nazacara de Pacajes	1					1
Santiago de Machaca	1	1			4	6
Total	3	1	4		13	21

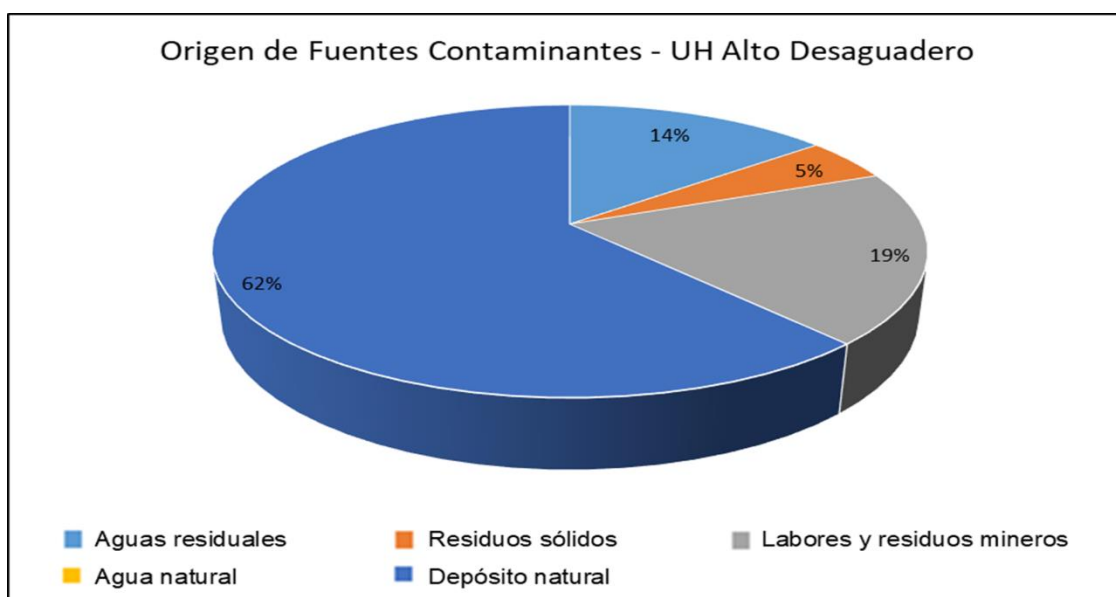


Figura 35 Fuente contaminantes por tipo de fuente contaminante en la UH Alto Desaguadero

En la UH Alto Desaguadero, el mayor número de fuentes contaminantes está representado por los depósitos naturales con el 62%, mientras que el 19% por labores y residuos mineros, el 14% por aguas residuales y el 5% por residuos sólidos.

15 FUENTES CONTAMINANTES DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA MEDIO DESAGUADERO

15.1 Fuentes Contaminantes Antrópicas (FCA)

15.1.1 Aguas Residuales Municipales

En esta unidad se han identificado 7 vertimientos de aguas residuales provenientes del alcantarillado sanitario de las poblaciones de Patacamaya, Sica Sica, Eucaliptus y Curahuara de Carangas, algunas de estas poblaciones cuentan con plantas de tratamiento de agua residual.

Tabla 31 Aguas residuales municipales en la UH Medio desaguadero

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	35FCA	La Paz	Patacamaya	Patacamaya	614403	8093145	01389/AR/MU/017	-46	MODERADO
2	30FCA	La Paz	Sica Sica	Lahuachaca	640764	8078527	01384/AR/MM/024	-22	COMPATIBLE
3	29FCA	La Paz	Sica Sica	Belen	651629	8075348	01382/AR/IN/027	-26	MODERADO
4	28FCA	La Paz	Sica Sica	Konani	658113	8071801	01382/AR/DO/029	-34	MODERADO
5	27FCA	Oruro	Eucaliptus	Eucaliptus	658639	8053269	01379/AR/DO/038	-34	MODERADO
6	25FCA	Oruro	Eucaliptus	Amachuma	670204	8050755	01377/AR/DO/039	-34	MODERADO
7	21FCA	Oruro	Curahuara de carangas	Curahuara de carangas	562963	8026891	01394/AR/DO/052	-34	MODERADO

Se aplicó la matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 35FCA (PTAR Patacamaya), para lo que se analizó la descarga de la planta, resultando un valor de 45 moderado.

Tabla 32 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 35FCA de la UH Medio Desaguadero

PN UD		GIRH TDPS		No. CMR/ 014		BOLIVIA							
CONTAMINACIÓN DE FUENTES MEDIDAS EN RÍOS (CMR)													
INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES - SISTEMA HÍDRICO TDPS													
(Año Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Salar de Colpasá y Poopó)													
Ubicación				Coordenadas (UTM)									
Departamento: La Paz		Zona hidrográfica: Medio Desaguadero		Este: 614402.52		Norte: 8093145.05							
Provincia: Aroma		Código (UH): 01389		Este: 614402.52		Norte: 8093145.05							
Municipio: Patacamaya		Día.Mes.Año: 28/05/22		Este: 614402.52		Norte: 8093145.05							
Poblado cercano: Patacamaya		Hora: 17:23		Este: 614402.52		Norte: 8093145.05							
Descripción: FTAR de Patacamaya (35FCA)				Elevación: 3830 m s.n.m.									
Matriz de jerarquización													
N	Criterio de jerarquización	Categorías	Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valor asignado	Valoración (%)	Concentración	Carga (mg/s)	Peso 1	Peso 2	Valor final	
1	Características físico-químicas y carga contaminante.	Básicos 1	pH	<6 - >9	RMCH	5	60	8.25		0.25	0.25	1.3	
			T					11.3					
		Básicos 2	CE	>1500 µS/cm	VRHR	3		2033		0.26	0.50	1.1	
			OD	<50%		3		28.2		0.98	0.50	2.4	
		Fuentes aportantes de sales	Na	>200 mg/L		3		372	303.81	0.25	0.50	1.1	
			Cl	>500 mg/L		3		899	734.21	0.25	0.50	1.1	
			SO ₄ *	>400 mg/L		3		44	35.93	0.25	0.25	0.8	
			Ssed	>1 mL/L	RMCH	3		0.1	0.08	0.25	0.25	0.8	
		Fuentes aportantes de sólidos suspendidos	Turbidez	>200 (UNT) (seca)		3		536		0.45	0.75	1.7	
			B	>1 mg/L		5		5.3	4.33	0.25	1.00	2.8	
U	>5 mg/L			5	0.07	0.06	0.25	0.25	1.3				
2	Caudal del efluente.	Cuantificación del volumen de la fuente	Q	L/s				0.82					
3	Actividad tóxica (ecotóxica genotóxica)	Fuentes aportantes de metales tóxicos (sensibles a redox)	As	>0.1 mg/L		8		<0.01	0.00	0.25	0.25	2.0	
			Pb	>0.1 mg/L	RMCH	8		0.069	0.06	0.25	0.25	2.0	
			Cd	>0.005 mg/L		8		0.031	0.03	0.25	1.00	4.4	
4	Valoración de importancia ambiental (local y regional).	Importancia del Impacto Ambiental (ALI) y regionalización Importancia del Impacto (CONESSA)	Compatible	<25									
			Moderado	26<=50	ALT	20	20				46	9.2	
			Severo	51<=75									
			Crítico	76<=100									
5	Impacto económico.	Afectación al sector productivo	Alto			1							
			Medio			0.66	9			0.66	5.94		
			Bajo			0.33							
6	Impacto social.	Habitantes afectados	Alto			1							
			Medio			0.66	9			0.66	5.94		
			Bajo			0.33							
7	Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental (viabilidad técnica y económica).	Instituciones públicas o privadas que trabajan en el tema ambiental del municipio	Sin instituciones			1							
			Al menos una institución			0.66	2			0.66	1.3		
			Más de una institución			0.33							
			COMPATIBLE	<25									
			MODERADO	26<=50									
			SEVERO	51<=75									
			CRÍTICO	76<=100									
										Valor total:	45		

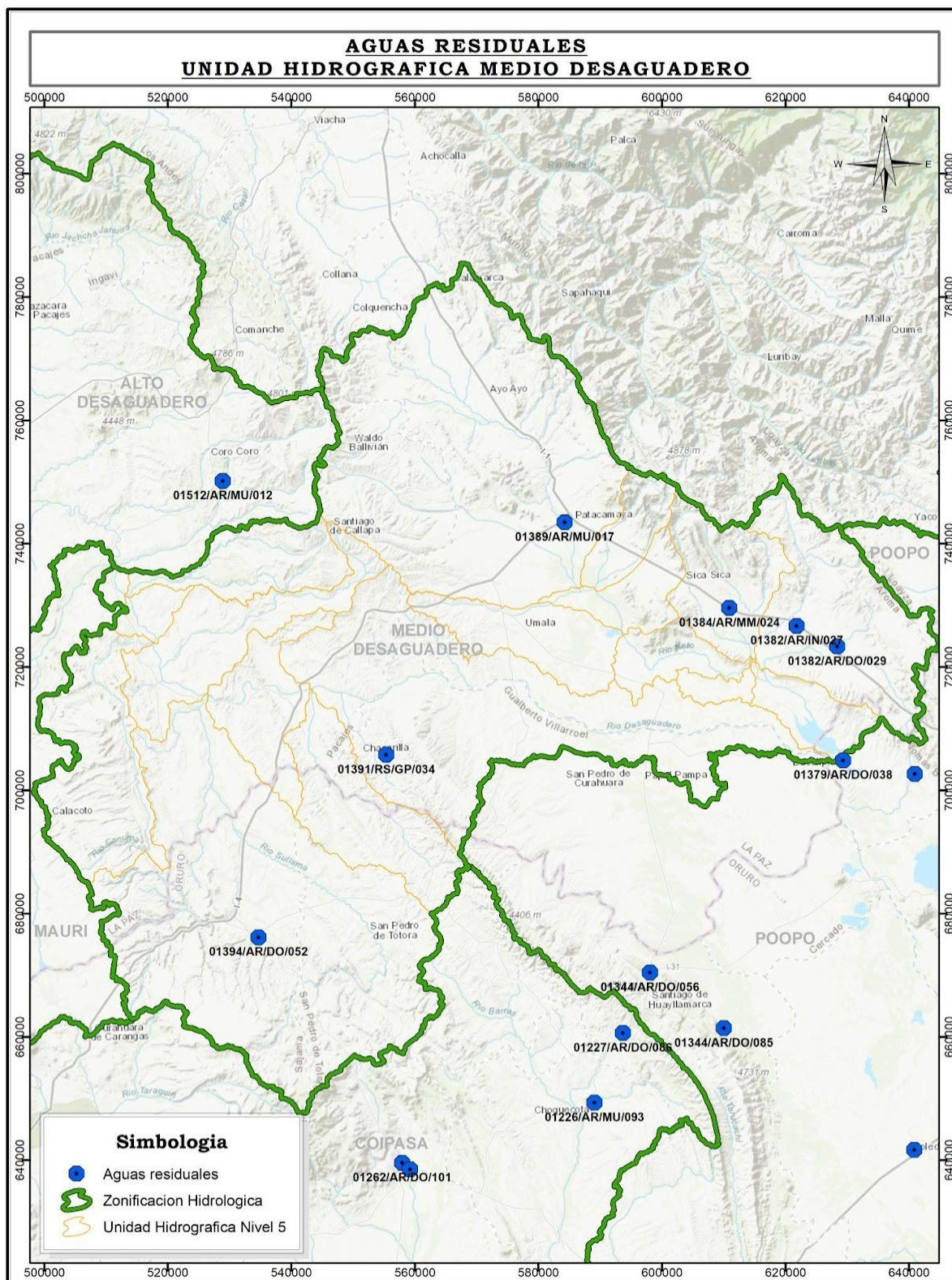


Figura 36 Mapa de ubicación de las aguas residuales municipales en la UH Medio Desaguadero

15.1.2 Residuos Sólidos

En esta UH, se han identificado botaderos en las poblaciones de Ayo Ayo, Calamarca, Sica Sica, Chacarilla, Eucaliptus y Curahuara de Carangas. En muchos de los municipios no hay un manejo adecuado de residuos sólidos, es por esa razón que los


pobladores arrojan sus residuos en diferentes zonas cercanas a las principales poblaciones o directamente son arrojados a los cauces de los ríos circundantes. En otros casos, los residuos sólidos son incinerados y posteriormente enterrados.

Tabla 33 Residuo sólidos en la UH Medio Desaguadero

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	12FCA	La Paz	Calamarca	Ayo Ayo	594153	8130207	01389/RS/GP/003	-26	MODERADO
2	14FCA	La Paz	Ayo Ayo	Calamarca	606160	8110349	01389/RS/GP/008	-26	MODERADO
3	18FCA	La Paz	Patacamaya	Taypillanga	617987	8092261	01389/RS/GM/018	-26	MODERADO
4	32FCA	La Paz	Sica Sica	Sica Sica	634093	8083192	01384/RS/GP/020	-26	MODERADO
5	34FCA	La Paz	Sica Sica	Sica Sica	634231	8081990	01384/RS/GM/021	-24	COMPATIBLE
6	36FCA	La Paz	Chacarilla	Chacarilla	584456	8056050	01391/RS/GP/034	-31	MODERADO
7	26FCA	Oruro	Eucaliptus	Eucaliptus	657924	8053689	01379/RS/GP/037	-26	MODERADO
8	22FCA	Oruro	Curahuara de Carangas	Curahuara de Carangas	563311	8027196	01394/RS/GN/051	-26	MODERADO

Se aplicó la matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 34FCA (Botadero de Sica Sica) para lo que se analizó una muestra de agua en el río Molle Punkhu (Sica Sica), resultando un valor de 34 moderado.

Tabla 34 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 34FCA de la UH Medio Desaguadero

N		Criterio de jerarquización		Categorías		Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valor asignado	Valoración (%)	Concentración	Carga (mg/s)	Peso 1	Peso 2	Valor final
 <p style="text-align: center;">CONTAMINACIÓN DE FUENTES MEDIDAS EN RÍOS (CMR) INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES - SISTEMA HÍDRICO TDPS (Alto Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Salar de Coipasa y Poopó)</p> <p style="text-align: right;">No. CMR/ 012</p>															
		Departamento: La Paz		Ubicación		Zona hidrológica: Medio Desaguadero		Coordenadas (UTM)							
		Provincia: Aroma		Código (UH): 01384		Este: 634231									
		Municipio: Sica Sica		Día.Mes.Año: 28/05/22		Norte: 8081990									
		Poblado cercano: Sica Sica		Hora: 12:36		Elevación: 3932 m s.n.m.									
		Descripción: Botadero municipal de la población de Sica Sica, disperso y sin control (34FCA)													
Matriz de jerarquización															
1	Características físico-químicas y carga contaminante.	Basicos 1	pH	<6 - >9	RMCH	3				60	9.89		0.50	0.50	2.5
		Basicos 2	T	>1500 µS/cm	VRHR	3					16.4				
		Fuentes que demanda oxígeno	OD	<50%		3					138.3		0.25	0.25	0.8
		Fuentes aportantes de sales	Na	>200 mg/L		3					146		0.60	0.25	1.4
			Cl ⁻	>500 mg/L		3					11.8	735.53	0.25	0.25	0.8
			SO ₄ ²⁻	>400 mg/L	RMCH	3					55	3428.33	0.25	0.25	0.8
		Fuentes aportantes de sólidos suspendidos	Ssed	>1 mL/L		3					24	1496.00	0.25	0.25	0.8
			Turbidez	>200 (UNI) (seca)		3					<0.1	3.12	0.25	0.25	0.8
		Fuentes aportantes de metales (evaporativos)	B	>1 mg/L		5					2.51		0.25	0.25	0.8
			Li	>5 mg/L		5					<0.1	3.12	0.25	0.25	1.3
											<0.01	0.31	0.25	0.25	1.3
2	Caudal del efluente.	Cuantificación del volumen de la fuente	Q	L/s							62.33				
3	Actividad tóxica (ecotóxica genotóxica)	Fuentes aportantes de metales tóxicos (sensibles a redox)	As	>0.1 mg/L		8					0.01	0.62	0.25	0.25	2.0
			Pb	>0.1 mg/L	RMCH	8					0.007	0.44	0.25	0.25	2.0
			Cd	>0.005 mg/L		8					<0.0015	0.09	0.25	0.25	2.0
4	Valoración de importancia ambiental (local y regional).	Importancia del Impacto Ambiental (ALI) y regionalización Importancia del impacto (CONESSA)	Compatible	<25											
			Moderado	26<=50	ALT	20							24		4.8
			Severo	51<=75											
			Crítico	76<=100											
5	Impacto económico.	Afectación al sector productivo	Alto			1									
			Medio			0.66									
			Bajo			0.33				9			0.66		5.94
6	Impacto social.	Habitantes afectados	Alto			1									
			Medio			0.66									
			Bajo			0.33				9			0.33		2.97
7	Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental (viabilidad técnica y económica).	Instituciones públicas o privadas que trabajan en el tema ambiental del municipio	Sin instituciones			1									
			Al menos una institución			0.66									
			Más de una institución			0.33				2			0.66		1.3
		COMPATIBLE <=25		MODERADO 26<=50		SEVERO 51<=75		CRITICO 76<=100		Valor total:				32	

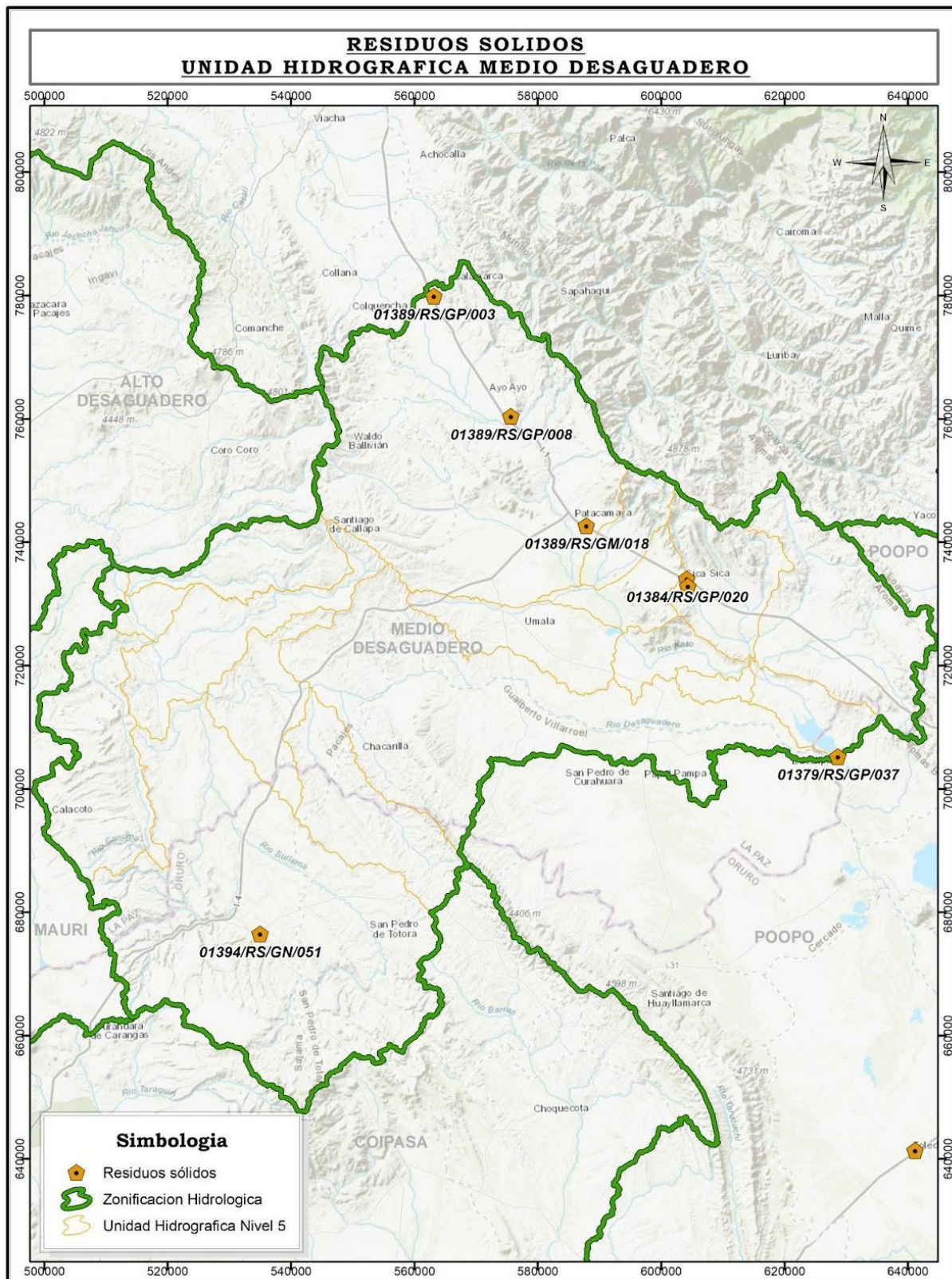


Figura 37 Mapa de ubicación de residuo sólidos en la UH Medio Desaguadero

15.1.3 Labores y residuos mineros

En la UH Medio Desaguadero, las labores y residuos mineros se localizan a lo largo y ancho de toda la UH. En las zonas de Ayo Ayo, Patacamaya, Sica Sica, Chacarilla y Curahuara de Carangas. En la visita realizada el 28 y 29 de mayo de 2022, se verificó la presencia de actividad minera en los municipios de Patacamaya y Chacarilla. También se identificó la presencia de relaves mineros y otras labores (campamentos), desde donde en el periodo de lluvias, se podría generar drenaje ácido superficial, que terminaría en el cauce del río Chacarilla. En esta UH se clasificaron 11 FCA que representan a labores y residuos mineros identificados.

Tabla 35 Labores y residuos mineros en la UH Medio Desaguadero

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	13FCA	La Paz	Ayo Ayo	Tumuyo	578492	8121451	01589/LM/ND/005	-40	MODERADO
2	16FCA	La Paz	Patacamaya	Sasari	625873	8097927	01388/LM/ND/014	-26	MODERADO
3	19FCA	La Paz	Santiago de Callapa	Collpani	562394	8081540	01395/LM/ND/022	-38	MODERADO
4	31FCA	La Paz	Sica Sica	Santiago de Sipe Sipe	629891	8077561	01387/LM/ND/025	-21	COMPATIBLE
5	37FCA	La Paz	Chacarilla	Chacarilla	583814	8055682	01391/LM/ND/035	-37	MODERADO
6	20FCA	Oruro	Curahuara de Carangas	Sullka Tunka	560901	8035419	01394/LM/ND/046	-21	COMPATIBLE
7	24FCA	Oruro	Caracollo	La Joya	658553	8033302	01345/LM/ND/048	-33	MODERADO
8	23FCA	Oruro	San Pedro de Totora	Alto Yaraque	575700	8010672	01394/LM/BO/083	-21	COMPATIBLE
9	33FCA	La Paz	Patacamaya	Viscachani	611853	8102429	01389/RM/DR/010	-35	MODERADO
10	15FCA	La Paz	Patacamaya	Viscachani	611710	8102394	01389/RM/DR/011	-35	MODERADO
11	17FCA	La Paz	Patacamaya	Colchani	625658	8097126	01388/RM/DR/015	-35	MODERADO

En la anterior tabla se muestran los valores de la IIA aplicado a las FC, los valores indican que las actividades generan un moderado impacto en el ambiente.

De estas 11 FCA se eligieron dos para ser verificadas y/o validadas en campo. La FCA 33FCA y 17FCA que representan al sector minero dentro del municipio de Patacamaya, en estas áreas se presenta un potencial medio de generación de DAM y DAR. Se tomaron dos muestras de agua en la parte sur de estas FC y se aplicó la matriz de jerarquización CMR para evaluar el impacto de esta FCA sobre el ambiente.

Las fuentes contaminantes 33FCA y 17FCA presentan una valoración final de 33 y 34 respectivamente bajo esta evaluación, lo que indica que tiene un impacto moderado sobre el ambiente. En este caso ambas evaluaciones presentan la misma valoración.

Tabla 36 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 17FCA de la UH Medio Desaguadero

CONTAMINACIÓN DE FUENTES MEDIDAS EN RÍOS (CMR) INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES - SISTEMA HÍDRICO TDPS (Alto Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Salar de Colpasá y Poopó)											No. CMR/ 013		
Departamento: La Paz Provincia: Aroma Municipio: Patacamaya Poblado cercano: Sasari			Ubicación Zona hidrográfica: Medio Desaguadero Código (UH): 01388 Día.Mes.Año: 28/05/22 Hora: 14:31				Coordenadas (UTM) Este: 625657.937 Norte: 8097126.331 Elevación: 4420 m s.n.m.						
Matriz de jerarquización													
N	Criterio de jerarquización	Categorías	Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valor asignado	Valoración (%)	Concentración	Carga (mg/s)	Peso 1	Peso 2	Valor final	
1	Características físico-químicas y carga contaminante.	Básicos 1	pH	<6 - >9	RMCH	5	60	5.59		0.33	0.50	2.0	
			T					10.7					
		Básicos 2	CE	>1500 µS/cm	VRHR	3		185.9		0.25	0.25	0.8	
			Fuentes que demanda oxígeno	OD	<50%			3	95.1		0.77	0.25	1.7
		Fuentes aportantes de sales	Na	>200 mg/L		3		10.2	286.57	0.25	0.25	0.8	
			Cl	>500 mg/L		3		55	1545.22	0.25	0.25	0.8	
			SO ₄ ²⁻	>400 mg/L	RMCH	3		62	1741.89	0.25	0.25	0.8	
		Fuentes aportantes de sólidos suspendidos	Ssed	>1 mL/L		3		<0.1	1.40	0.25	0.25	0.8	
			Turbidez	>200 (UNT) (seca)		3		7.45		0.25	0.25	0.8	
		Fuentes aportantes de metales (evaporativos)	B	>1 mg/L		5		<0.1	1.40	0.25	0.25	1.3	
Li	>5 mg/L			5	<0.01	0.14	0.25	0.25	1.3				
2	Caudal del efuente.	Cuantificación del volumen de la fuente	Q	L/s				28.09					
3	Actividad tóxica (ecotoxicológica genotóxica)	Fuentes aportantes de metales tóxicos (sensibles a redox)	As	>0.1 mg/L		8		<0.01	0.14	0.25	0.25	2.0	
			Pb	>0.1 mg/L	RMCH	8		0.033	0.93	0.25	0.25	2.0	
			Cd	>0.005 mg/L		8		0.014	0.39	0.25	0.75	3.6	
4	Valoración de importancia ambiental (local y regional).	Importancia del Impacto Ambiental (ALI) y regionalización Importancia del Impacto (CONESSA)	Compatible	<25									
			Moderado	26<=50	ALT	20	20						
			Severo	51<=75							37		7.4
			Crítico	76<=100									
5	Impacto económico.	Afectación al sector productivo	Alto			1							
			Medio				0.66		9		0.33		2.97
			Bajo				0.33						
6	Impacto social.	Habitantes afectados	Alto			1							
			Medio				0.66		9		0.33		2.97
			Bajo				0.33						
7	Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental (viabilidad técnica y económica).	Instituciones públicas o privadas que trabajan en el tema ambiental del municipio	Sin instituciones			1							
			Al menos una institución				0.66		2		1.00		2.0
			Más de una institución				0.33						
			COMPATIBLE	<25	MODERADO	26<=50	SEVERO	51<=75	CRÍTICO	76<=100	Valor total:	34	

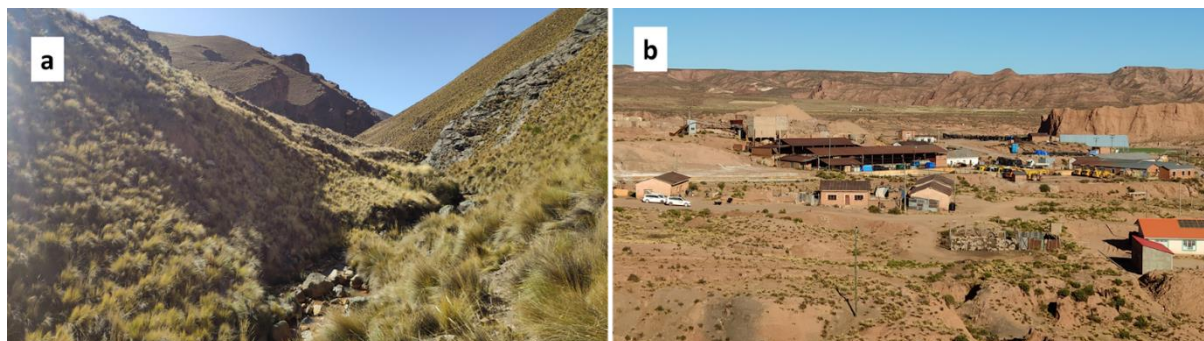


Figura 38 Labores y residuos mineros en el municipio de Patacamaya (a) y complejo minero Chacarilla (b) dentro de la UH Alto Desaguadero.

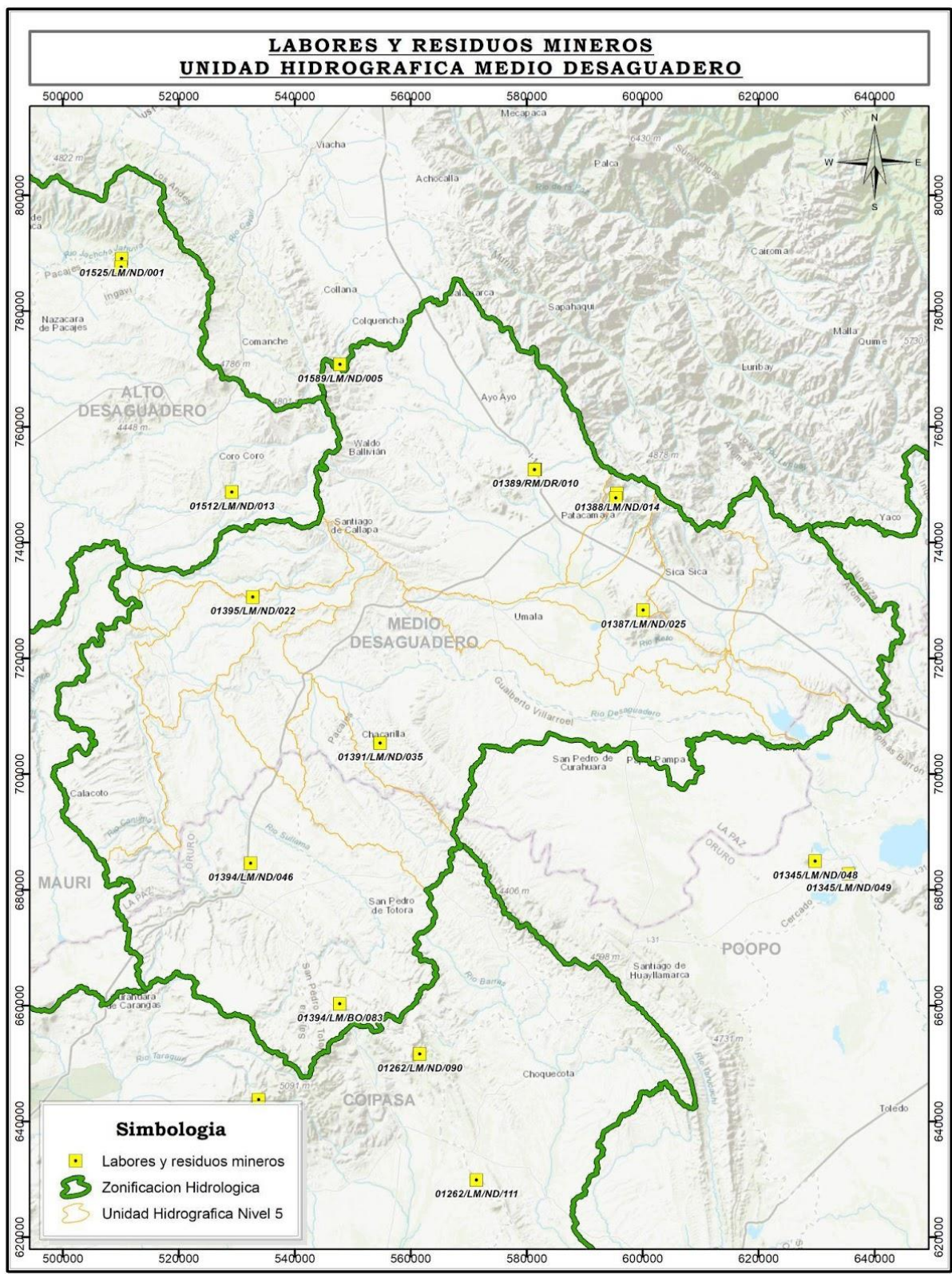


Figura 39 Mapa de ubicación de labores y residuos mineros en la UH Medio Desaguadero

15.2 Fuentes Contaminantes Naturales (FCN)

15.2.1 Aguas Naturales

En la UH Medio Desaguadero, las aguas naturales se localizan en la parte Norte. En la zona de Jayuma Llallagua y Tarquiamaya. En la visita realizada en fechas 27 y 29 de

mayo del 2022, se verificó la presencia de saleras (aguas naturales) en esta región, estas fuentes naturales son explotadas por las poblaciones de la zona, se evidencia la influencia de estas fuentes sobre el cauce natural de los cuerpos de agua que atraviesan esta zona (río Jayuma Llallagua y Tarquiamaya) al incrementar la salinidad. En esta UH se clasificaron 3 FCA que representan a aguas naturales identificadas.

Tabla 37 Aguas naturales en la UH Medio Desaguadero

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	75FCN	La Paz	Patacamaya	Viscahani	611153	8100938	01389/AN/MT/013	-42	MODERADO
2	81FCN	La Paz	Santiago de Callapa	Jayuma Llallagua	554707	8087178	01398/AN/MM/028	-54	SEVERO
3	82FCN	La Paz	Calacoto	Tarquiamaya	543400	8066596	01395/AN/MM/042	-65	SEVERO

En la anterior tabla, se muestra los valores de la evaluación de la IIA aplicada, en el caso de ambas saleras (Jayuma Llallagua y Tarquiamaya) los valores indican que estas fuentes generan un severo impacto en el ambiente.



Figura 40 Aguas naturales, salar de Tarquiamaya (a), ojo de agua en Tarquiamaya (b) y salera de Jayuma Llallagua (c), todos dentro de la UH Medio Desaguadero.

De estas 3 FCN se eligieron 2 para ser verificadas y/o validadas en campo. Las FCN elegidas fueron la 81FCN (c) y 82FCN (a), estas se encuentran en las localidades de Jayuma Llallagua y Tarquiamaya respectivamente. Aguas abajo de estas fuentes se tomaron 2 muestras de agua en los ríos del mismo nombre de cada localidad. Se aplicó la matriz de jerarquización CMR para evaluar el impacto de estas FCN sobre el ambiente. Los valores de todas las FCN clasificadas y jerarquizadas se muestran en la parte de Anexos.

Tabla 38 Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 82FCN de la UH Medio Desaguadero

CONTAMINACIÓN DE FUENTES MEDIDAS EN RÍOS (CMR) INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES - SISTEMA HÍDRICO TDPS (Alto Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Salar de Colpasa y Poopó)												
Departamento: La Paz Provincia: Pacajes Municipio: Calacoto Poblado cercano: Tarquiamaya				Ubicación Zona hidrográfica: Medio Desaguadero Código (UH): 01395 Día, Mes, Año: 29/05/22 Hora: 11:48				Coordenadas (UTM) Este: 543400 Norte: 8066596 Elevación: 3858 m s.n.m.				
Matriz de jerarquización												
N	Criterio de jerarquización	Categorías	Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valor asignado	Valoración (%)	Concentración	Carga (mg/s)	Peso 1	Peso 2	Valor final
1	Características físico-químicas y carga contaminante.	Básicos 1	pH	<6 - >9	RMCH	5	60	7.62		0.25	0.25	1.3
			T					17.9				
		Básicos 2	CE	>1500 µS/cm	VRHR	3		190500		1.00	1.00	3.0
			OD	<50%		3		126.2		0.66	0.25	1.5
		Fuentes que demanda oxígeno	Na	>200 mg/L		3		5840	67683.26	0.37	1.00	1.9
			Cl ⁻	>500 mg/L		3		11496	133234.03	0.34	1.00	1.8
			SO ₄ ²⁻	>400 mg/L		3		776	8993.53	0.26	0.50	1.1
		Fuentes aportantes de sólidos suspendidos	Ssed	>1 mL/L		3		<0.1	0.58	0.25	0.25	0.8
			Turbidez	>200 (UNT) (seca)		3		1.47		0.25	0.25	0.8
			B	>1 mg/L		5		2.1	24.34	0.25	0.75	2.3
Fuentes aportantes de metales (evaporativos)	Li	>5 mg/L		5	0.85	9.85	0.25	0.25	1.3			
	Q	l/s			11.59							
2	Caudal del efluente.	Cuantificación del volumen de la fuente	As	>0.1 mg/L		8	1.76	20.40	0.26	1.00	4.5	
			Pb	>0.1 mg/L	RMCH	8	0.01	0.12	0.25	0.25	2.0	
			Cd	>0.005 mg/L		8	0.004	0.05	0.25	0.25	2.0	
3	Actividad tóxica (ecotóxica genotóxica)	Fuentes aportantes de metales tóxicos (sensibles a redox)	Compatible	<25								
			Moderado	26<=50								
			Severo	51<=75								
			Crítico	76<=100								
4	Valoración de importancia ambiental (local y regional).	Importancia del Impacto Ambiental (ALI) y regionalización Importancia del Impacto (CONESSA)	Compatible	<25	ALT	20	20			65	13	
			Moderado	26<=50								
			Severo	51<=75								
5	Impacto económico.	Afectación al sector productivo	Alto			1						
			Medio				0.66			0.33	2.97	
			Bajo				0.33					
6	Impacto social.	Habitantes afectados	Alto			1						
			Medio				0.66			0.33	2.97	
			Bajo				0.33					
7	Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental (viabilidad técnica y económica).	Instituciones públicas o privadas que trabajan en el tema ambiental del municipio	Sin instituciones			1						
			Al menos una institución				0.66			0.66	1.3	
			Más de una institución				0.33					
			COMPATIBLE	<25	MODERADO	26<=50	SEVERO	51<=75	CRITICO	76<=100	Valor total:	44

El agua natural de la fuente contaminante 82FCN en la localidad de Tarquiamaya (a) presenta una valoración final de 44 bajo la evaluación CMR, lo que indica que tiene un impacto moderado sobre el ambiente. Hay diferencia entre los valores de la evaluación IIA y la CMR, debido a que esta última considera las mediciones hechas en campo y laboratorio del cuerpo de agua, por lo tanto, tiene mayor sustento en su valoración final.

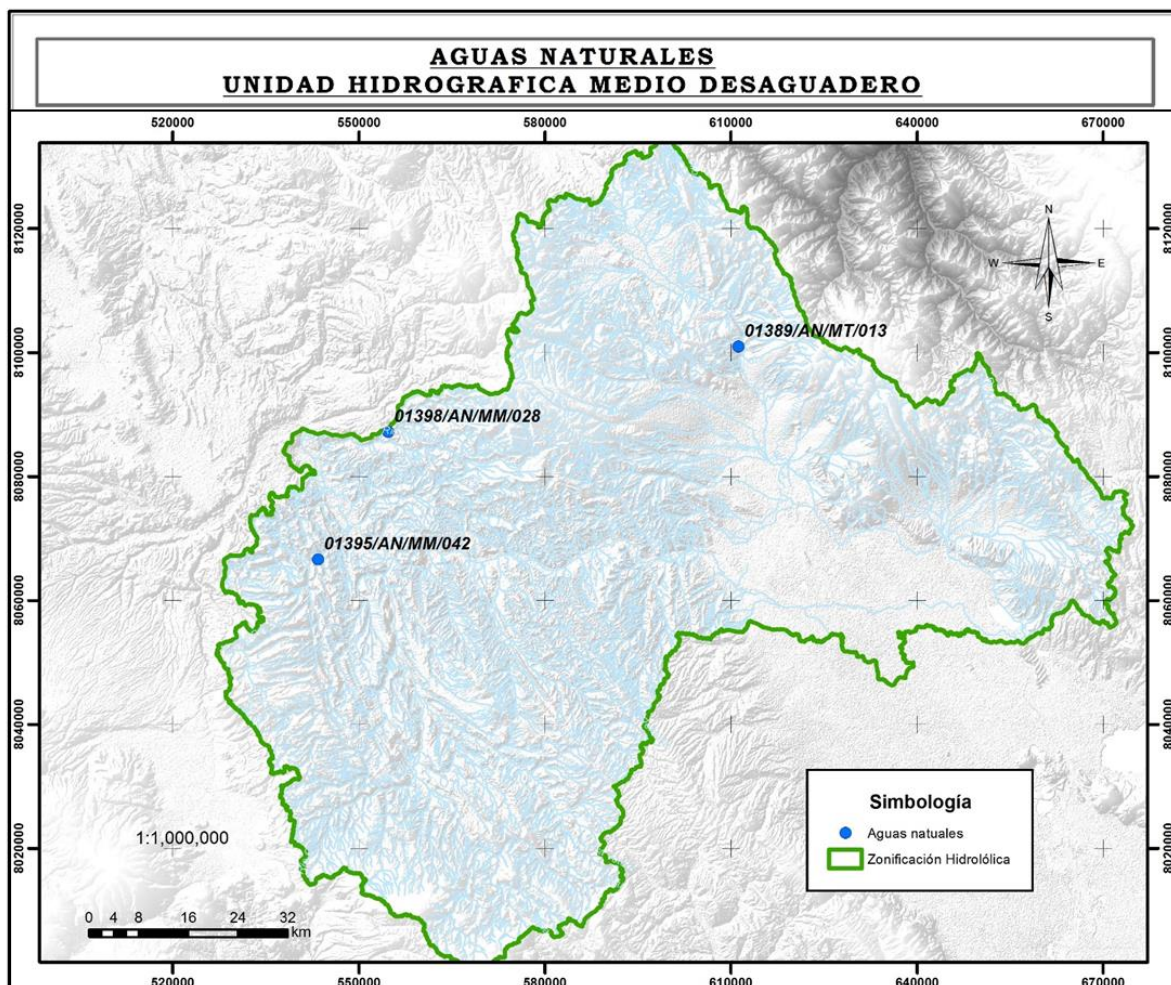


Figura 41 Mapa de ubicación de aguas naturales en la UH Medio Desaguadero

15.2.2 Depósitos naturales

En la UH Medio Desaguadero, 4 de los 5 depósitos naturales clasificados se localizan en la parte Norte, en las cercanías a las poblaciones de Calamarca, Ayo Ayo y Patacamaya. En esta UH se clasificaron 5 FCN que representan a depósitos naturales identificados en el área.

Tabla 39 Depósitos naturales en la UH Medio Desaguadero

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	76FCN	La Paz	Patacamaya	Esquillani Pampa	612944	8099078	01389/DN/DN/014	-40	MODERADO
2	77FCN	La Paz	Calamarca	Sivincani	587425	8121000	01389/DN/DN/005	-21	COMPATIBLE
3	78FCN	La Paz	Ayo Ayo	Villa El Carmen	591600	8114400	01389/DN/DN/007	-20	COMPATIBLE
4	79FCN	La Paz	Ayo Ayo	Huallcota	605900	8101100	01389/DN/DN/012	-17	COMPATIBLE
5	80FCN	Oruro	San Pedro de Totora	Alto Yaraque	577300	8008950	01394/DN/DN/119	-21	COMPATIBLE

En la tabla anterior se muestran los valores de la evaluación de IIA aplicado a las FCN, la mayoría de los valores indican que estás FCN no estarían generando un alto impacto en el ambiente actualmente. Los valores de todas las FCN clasificadas y jerarquizadas se muestran en Anexos.

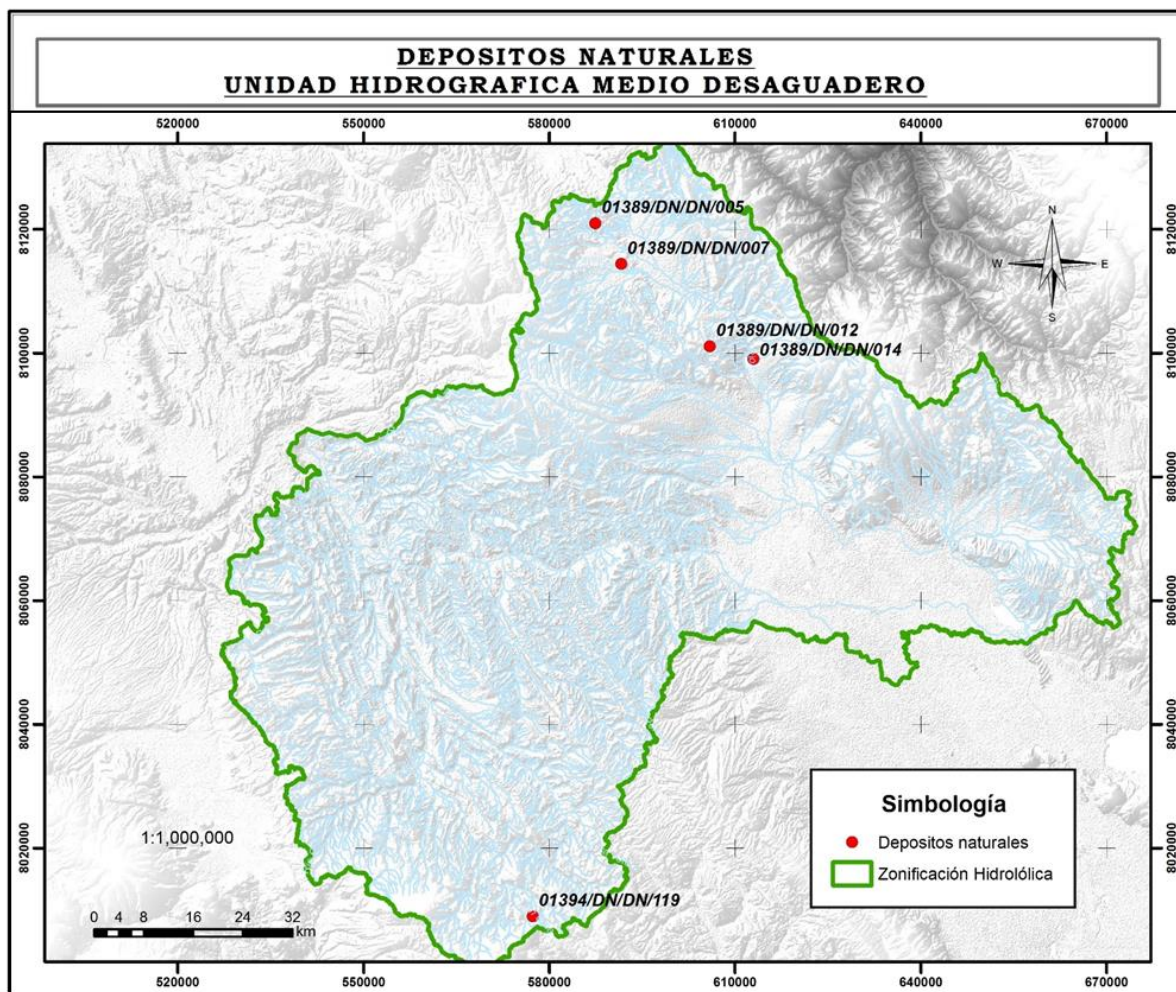


Figura 42 Mapa de ubicación de depósitos naturales en la UH Medio Desaguadero

15.3 Estadísticas de las Fuentes Contaminantes

En la UH Medio Desaguadero se identificaron 34 fuentes contaminantes.

Tabla 40 Origen de la fuente contaminante según municipios en la unidad hidrográfica Medio Desaguadero

Municipio	Aguas residuales	Residuos sólidos	Labores y residuos mineros	Agua natural	Depósito natural	Total
Ayo Ayo		1	1		2	4
Calacoto				1		1
Calamarca		1			1	2
Caracollo			1			1
Chacarilla		1	1			2
Curahuara de Carangas	1	1	1			3
Eucaliptus	2	1				3
Patacamaya	1	1	4	1	1	8
San Pedro de Totora			1		1	2
Santiago de Callapa			1	1		2
Sica Sica	3	2	1			6
Total	7	8	11	3	5	34

En la UH Medio Desaguadero, el mayor número de fuentes contaminantes está representado por las labores y residuos mineros con el 32%, mientras que el 23% por residuos sólidos, el 21% por aguas residuales, el 15% por depósitos naturales y el 9% por aguas naturales.

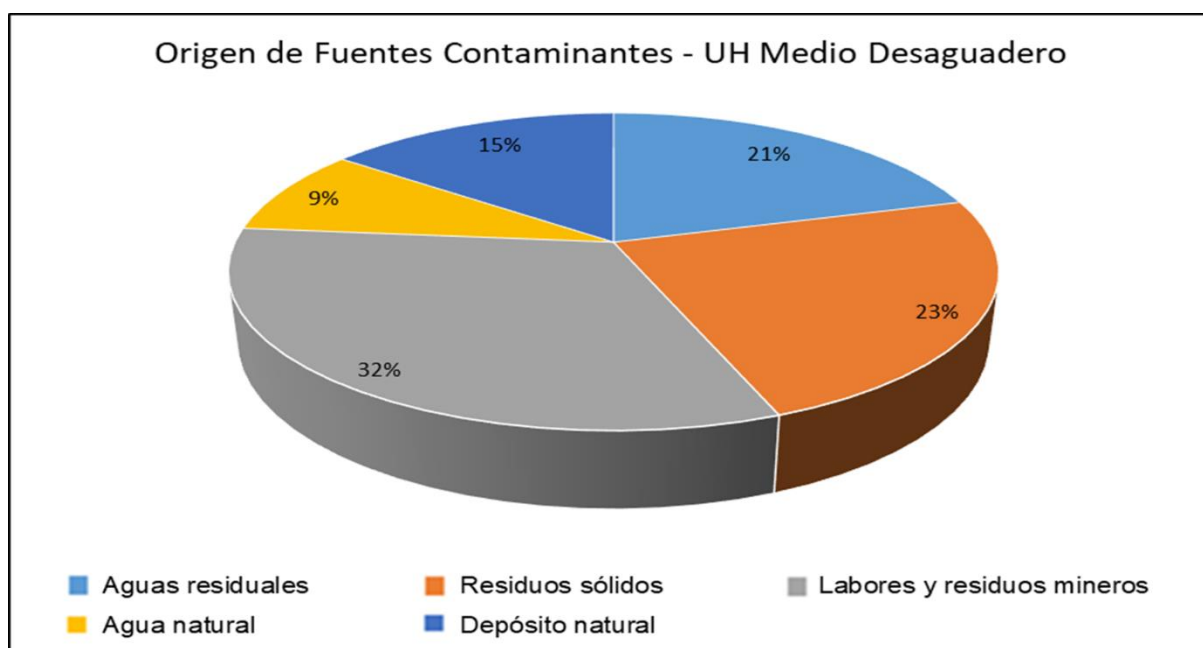


Figura 43 Tipos de fuente contaminante en la UH Medio Desaguadero

16 FUENTES CONTAMINANTES DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA MAURI

16.1 Fuentes Contaminantes Antrópicas (FCA)

16.1.1 Aguas Residuales Municipales

En esta unidad se ha identificado el vertimiento de aguas residuales proveniente del alcantarillado sanitario en la población de Charaña. Se aplicó la evaluación de IIA para la fuente contaminante 11FCA resultando un valor de 34 moderado.

Tabla 41 Aguas residuales municipales en la UH Mauri

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	11FCA	La Paz	Charaña	Charaña	452886	8054823	01483/AR/DO/036	-34	MODERADO

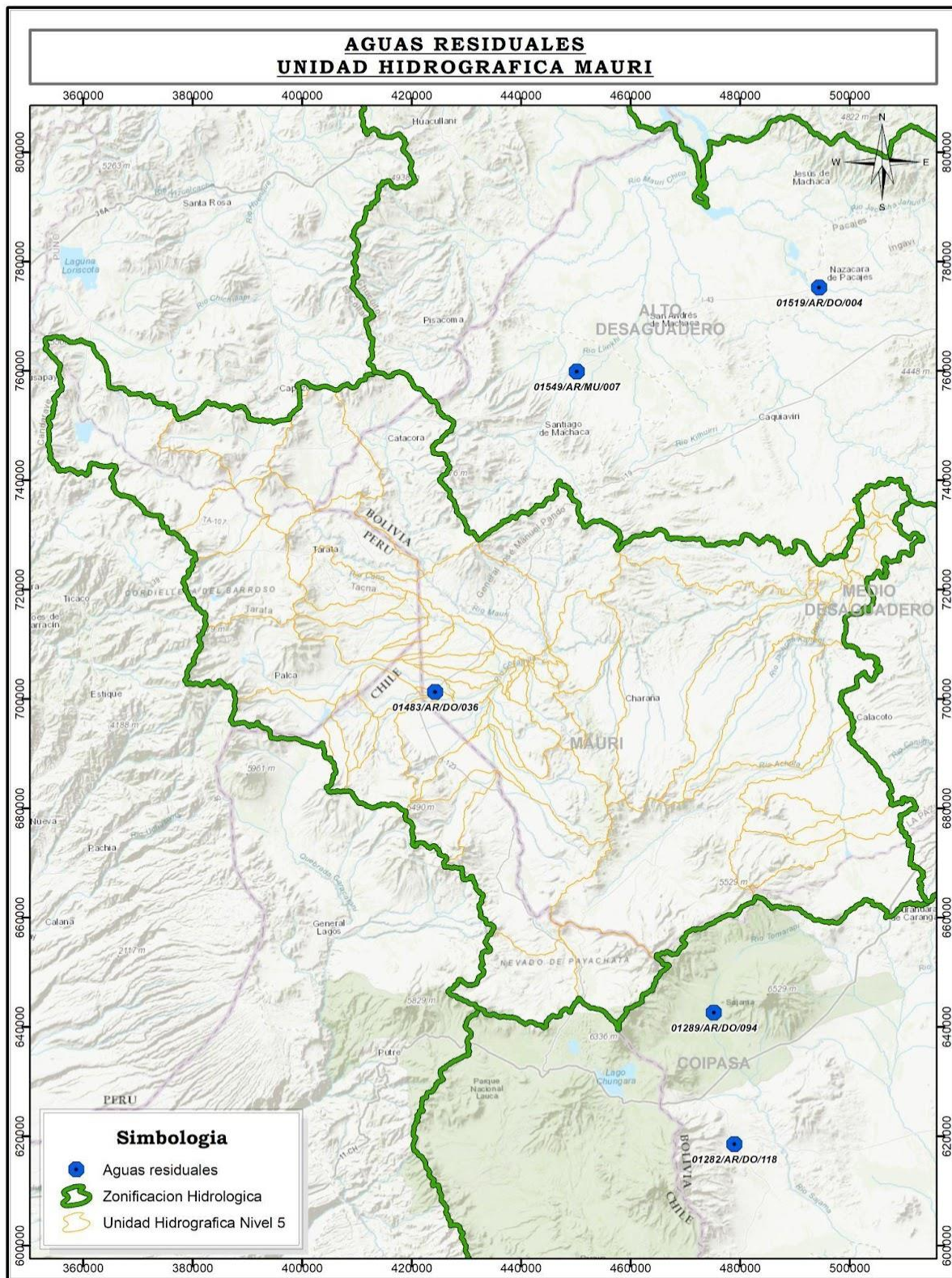


Figura 44 Mapa de ubicación de las aguas residuales municipales en la UH Maori

16.1.2 Labores y residuos mineros

En la UH Mauri, las labores y residuos mineros se localizan en la parte Norte de la UH. En las zonas de Catacora y Charaña. En esta UH se clasificaron 2 FCA que representan a labores y residuos mineros identificados.

Tabla 42 Labores y residuos mineros en la UH Mauri

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	9FCA	La Paz	Catacora	Tolacollo	442536	8095553	01444/LM/ND/016	-30	MODERADO
2	10FCA	La Paz	Charana	Kaparumiri	482300	8076346	01438/LM/ND/026	-30	MODERADO

En la anterior tabla se muestran los valores de la IIA aplicado a las FC, todos los valores indican que las actividades están generando un moderado impacto en el ambiente.

16.2 Fuentes Contaminantes Naturales (FCN)

16.2.1 Depósitos naturales

En la UH Mauri, los depósitos naturales están distribuidos prácticamente en toda la UH, en diferentes localidades de los municipios de Charaña, Calacoto, Catacora y Santiago de Machaca. En la visita realizada el 26 y 29 de mayo del 2022, se verificó la presencia de depósitos naturales en esta región, en el periodo de lluvias, se podría generar drenajes superficiales, que terminaría en los cauces de los ríos aguas abajo de estas fuentes. En esta UH se clasificaron 61 FCN que representan a depósitos naturales identificados en el área de estudio.

Tabla 43 Depósitos naturales en la UH Mauri

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	14FCN	La Paz	Catacora	Villa Exaltación	455785	8095505	01442/DN/DN/019	-40	MODERADO
2	15FCN	La Paz	Catacora	Pairumani Grande	461801	8082190	01438/DN/DN/033	-40	MODERADO
3	16FCN	La Paz	Charana	Pasto Grande	501443	8024453	01424/DN/DN/080	-40	MODERADO
4	17FCN	La Paz	Calacoto	Chacolla	513550	8031985	01426/DN/DN/069	-40	MODERADO
5	18FCN	La Paz	Santiago de Machaca	Payrumani Chico	470293	8085910	01438/DN/DN/031	-40	MODERADO
6	19FCN	La Paz	Catacora	Cotari	455872	8086610	01442/DN/DN/029	-40	MODERADO
7	20FCN	La Paz	Catacora	Piquenchaca	449513	8097855	01442/DN/DN/015	-40	MODERADO
8	21FCN	La Paz	Catacora	Pajchiri	448658	8094067	01442/DN/DN/021	-40	MODERADO
9	22FCN	La Paz	Catacora	Pajchiri	445065	8093926	01442/DN/DN/022	-40	MODERADO
10	23FCN	La Paz	Catacora	Talacollo	445065	8093926	01442/DN/DN/023	-40	MODERADO
11	24FCN	La Paz	Catacora	Zaparani	449011	8089051	01442/DN/DN/024	-40	MODERADO
12	25FCN	La Paz	Catacora	Cotari	450578	8086058	01442/DN/DN/030	-40	MODERADO
13	26FCN	La Paz	Catacora	Cotari	452470	8084791	01442/DN/DN/032	-40	MODERADO
14	27FCN	La Paz	Santiago de Machaca	Payrumani Chico	465079	8081377	01438/DN/DN/036	-40	MODERADO
15	28FCN	La Paz	Santiago de Machaca	Sarcota	457076	8070644	01441/DN/DN/038	-40	MODERADO
16	29FCN	La Paz	Charana	Taracollo Condoroca	474566	8064272	01438/DN/DN/044	-40	MODERADO
17	30FCN	La Paz	Charana	Zona Centro Inoca	477339	8079197	01438/DN/DN/037	-40	MODERADO
18	31FCN	La Paz	Charana	Copacati	476352	8050574	01456/DN/DN/052	-40	MODERADO
19	32FCN	La Paz	Charana	Copacati	476378	8049607	01456/DN/DN/054	-40	MODERADO
20	33FCN	La Paz	Charana	Copacati	477694	8047355	01456/DN/DN/055	-40	MODERADO
21	34FCN	La Paz	Charana	Copacati	479651	8047273	01436/DN/DN/056	-40	MODERADO
22	35FCN	La Paz	Charana	Siki	471579	8017933	01497/DN/DN/100	-40	MODERADO
23	36FCN	La Paz	Charana	Pasto Grande	489482	8032868	01435/DN/DN/063	-40	MODERADO
24	37FCN	La Paz	Charana	Siki	486911	8026150	01424/DN/DN/078	-40	MODERADO
25	38FCN	La Paz	Calacoto	Tanapaca	513508	8022351	01428/DN/DN/085	-40	MODERADO
26	39FCN	La Paz	Calacoto	Tanapaca	516517	8023610	01428/DN/DN/083	-40	MODERADO
27	40FCN	La Paz	Calacoto	Tanapaca	517350	8022484	01428/DN/DN/084	-40	MODERADO
28	41FCN	La Paz	Calacoto	Tanapaca	517187	8021470	01428/DN/DN/089	-40	MODERADO
29	42FCN	La Paz	Calacoto	Tanapaca	515998	8020678	01429/DN/DN/092	-40	MODERADO
30	43FCN	La Paz	Calacoto	Tanapaca	519031	8021669	01428/DN/DN/087	-40	MODERADO
31	44FCN	La Paz	Calacoto	Tanapaca	520677	8021765	01428/DN/DN/086	-40	MODERADO
32	45FCN	La Paz	Calacoto	Tanapaca	520320	8019387	01429/DN/DN/098	-40	MODERADO
33	46FCN	La Paz	Calacoto	Pichaca	525321	8023992	01429/DN/DN/082	-40	MODERADO
34	47FCN	La Paz	Calacoto	Chacolla	529206	8035815	01425/DN/DN/061	-40	MODERADO
35	48FCN	La Paz	Calacoto	Pichaca	529464	8032714	01425/DN/DN/064	-40	MODERADO
36	49FCN	La Paz	Curahuara de Carangas	Sullka Uta Manasaya	534323	8020537	01429/DN/DN/094	-40	MODERADO
37	50FCN	La Paz	Curahuara de Carangas	Taypi Uta Choquemarca	537449	8013755	01429/DN/DN/107	-40	MODERADO
38	51FCN	La Paz	Curahuara de Carangas	Caripe	524014	8012088	01429/DN/DN/111	-40	MODERADO
39	52FCN	La Paz	Curahuara de Carangas	Caripe	525512	8011104	01429/DN/DN/116	-40	MODERADO
40	53FCN	La Paz	Calacoto	Jilahuta Choquemarca	506161	8013970	01424/DN/DN/105	-40	MODERADO
41	54FCN	La Paz	Calacoto	Caripe	510041	8017390	01429/DN/DN/101	-40	MODERADO
42	55FCN	La Paz	Calacoto	Siki	492630	8016455	01424/DN/DN/102	-40	MODERADO
43	56FCN	La Paz	Curahuara de Carangas	Jilahuta Choquemarca	496765	8007024	01424/DN/DN/122	-40	MODERADO
44	57FCN	La Paz	Calacoto	Jilahuta Choquemarca	490984	8005285	01498/DN/DN/124	-40	MODERADO
45	58FCN	La Paz	Charana	Siki	471756	8014135	01497/DN/DN/104	-40	MODERADO
46	59FCN	La Paz	Curahuara de Carangas	Papel Pampa	486363	7995156	01498/DN/DN/141	-40	MODERADO
47	72FCN	La Paz	Catacora	Pairumani Grande	461778	8082176	01438/DN/DN/034	-40	MODERADO
48	73FCN	La Paz	Charaña	Taracollo Condoroca	474494	8064231	01438/DN/DN/045	-40	MODERADO
49	74FCN	La Paz	Calacoto	Tanapaca	516016	8020641	01429/DN/DN/093	-40	MODERADO
50	60FCN	La Paz	Catacora	Catacora	453600	8106600	01442/DN/DN/011	-21	COMPATIBLE
51	61FCN	La Paz	Catacora	Pajchiri	455400	8096400	01442/DN/DN/017	-20	COMPATIBLE
52	62FCN	La Paz	Catacora	Talacollo	443300	8096000	01444/DN/DN/018	-17	COMPATIBLE
53	63FCN	La Paz	Catacora	Pairumani Grande	461100	8082000	01441/DN/DN/035	-21	COMPATIBLE
54	64FCN	La Paz	Charana	Taracollo Condoroca	473500	8058600	01453/DN/DN/047	-21	COMPATIBLE
55	65FCN	La Paz	Charana	Copacati	480600	8033300	01494/DN/DN/062	-17	COMPATIBLE
56	66FCN	La Paz	Charana	Pasto Grande	487100	8029200	01424/DN/DN/073	-21	COMPATIBLE
57	67FCN	La Paz	Calacoto	Chacolla	511800	8031000	01426/DN/DN/070	-21	COMPATIBLE
58	68FCN	La Paz	Calacoto	Tanapaca	518600	8019700	01429/DN/DN/097	-17	COMPATIBLE
59	69FCN	La Paz	Calacoto	Caripe	509100	8018600	01428/DN/DN/099	-17	COMPATIBLE
60	70FCN	La Paz	Calacoto	Siki	489300	8013700	01424/DN/DN/108	-21	COMPATIBLE
61	71FCN	La Paz	Charana	Siki	473500	8015400	01497/DN/DN/103	-21	COMPATIBLE

En la anterior tabla se muestran los valores de la evaluación de IIA aplicado a las FCN, la mayoría de los valores (80%) indican que éstas FCN tiene un impacto moderado en el ambiente actualmente.

De estas 61 FCN se eligieron 4 para ser verificadas y/o validadas en campo. Las FCN elegidas fueron 11FCN, 18FCN, 29FCN, 31FCN y 74FCN, estas se encuentran distribuidas entre los municipios de Santiago de Machaca y Charaña. Aguas abajo de estas fuentes se tomaron 4 muestras de agua en los ríos Berenguela y Tiquirani. Se aplicó la matriz de jerarquización CMR para evaluar el impacto de estas FCN sobre el ambiente. Los valores de todas las FCN clasificadas y jerarquizadas se muestran en Anexos.

Tabla 44 Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 18FCN de la UH Mauri

CONTAMINACIÓN DE FUENTES MEDIDAS EN RÍOS (CMR) INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES - SISTEMA HÍDRICO TDPS (Alto Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Salor de Colpasa y Poopó)											No. CMR/ 004		
Ubicación				Departamento: La Paz			Coordenadas (UTM)						
Zona hidrográfica: Mauri				Provincia: General José Manuel Pando			Este: 470293						
Código (UH): 01438				Municipio: Santiago de Machaca			Norte: 8085910						
Día, Mes, Año: 26/05/22				Poblado cercano: Berenguela			Elevación: 4342 m s.n.m.						
Hora: 13:05				Descripción: Centro Volcánico (18FCN)									
Matriz de jerarquización													
N	Criterio de jerarquización	Categorías	Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valor asignado	Valoración (%)	Concentración	Carga (mg/s)	Peso 1	Peso 2	Valor final	
1	Características físico-químicas y carga contaminante.	Básicos 1	pH	<6 - >9	RMCH	5	60	8.03		0.25	0.25	1.3	
			T					18.3					
		Básicos 2	CE	>1500 µS/cm	VRHR	3			7927		0.28	1.00	1.7
			OD	<50%		3			140.6		0.62	0.25	1.4
		Fuentes que demanda oxígeno	Na	>200 mg/L		3			1304	17155.75	0.28	1.00	1.7
			Cl ⁻	>500 mg/L		3			2474.2	32551.19	0.27	1.00	1.7
			SO ₄ ²⁻	>400 mg/L		3			114	1499.81	0.25	0.25	0.8
		Fuentes aportantes de sólidos suspendidos	Ssed	>1 mL/L		3			<0.1	0.66	0.25	0.25	0.8
			Turbidez	>200 (UNT) (seca)		3			2.69		0.25	0.25	0.8
			B	>1 mg/L		5			6.5	85.52	0.25	1.00	2.8
		Fuentes aportantes de metales (evaporativos)	LI	>5 mg/L		5			2.88	37.89	0.27	0.25	1.3
			Q	l/s					13.16				
2	Caudal del efluente.	Cuantificación del volumen de la fuente											
3	Actividad tóxica (ecotoxicológica genotóxica)	Fuentes aportantes de metales tóxicos (sensibles a redox)	As	>0.1 mg/L		8		1.63	21.44	0.26	1.00	4.5	
			Pb	>0.1 mg/L	RMCH	8		0.015	0.20	0.25	0.25	2.0	
			Cd	>0.005 mg/L		8		0.006	0.08	0.25	0.50	2.8	
4	Valoración de importancia ambiental (local y regional).	Importancia del Impacto Ambiental (ALI) y regionalización Importancia del Impacto (CONESSA)	Compatible	<25									
			Moderado	26<=50	ALT	20	20			40		8	
			Severo	51<=75									
			Crítico	76<=100									
5	Impacto económico.	Afectación al sector productivo	Alto			1							
			Medio				0.66		9		0.66	5.94	
			Bajo				0.33						
6	Impacto social.	Habitantes afectados	Alto			1							
			Medio				0.66		9		0.33	2.97	
			Bajo				0.33						
7	Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental (viabilidad técnica y económica).	Instituciones públicas o privadas que trabajan en el tema ambiental del municipio	Sin instituciones			1							
			Al menos una institución				0.66		2		0.66	1.3	
			Más de una institución				0.33						
			COMPATIBLE	<25									
			MODERADO	26<=50									
			SEVERO	51<=75									
			CRÍTICO	76<=100									
												Valor total: 42	

El depósito natural de la fuente contaminante 18FCN presenta una valoración final de 42 bajo esta evaluación, lo que indica que tiene un impacto moderado sobre el ambiente. En este caso no hay gran diferencia entre los valores de la evaluación IIA y la CMR, ambas metodologías muestran un moderado impacto ambiental.

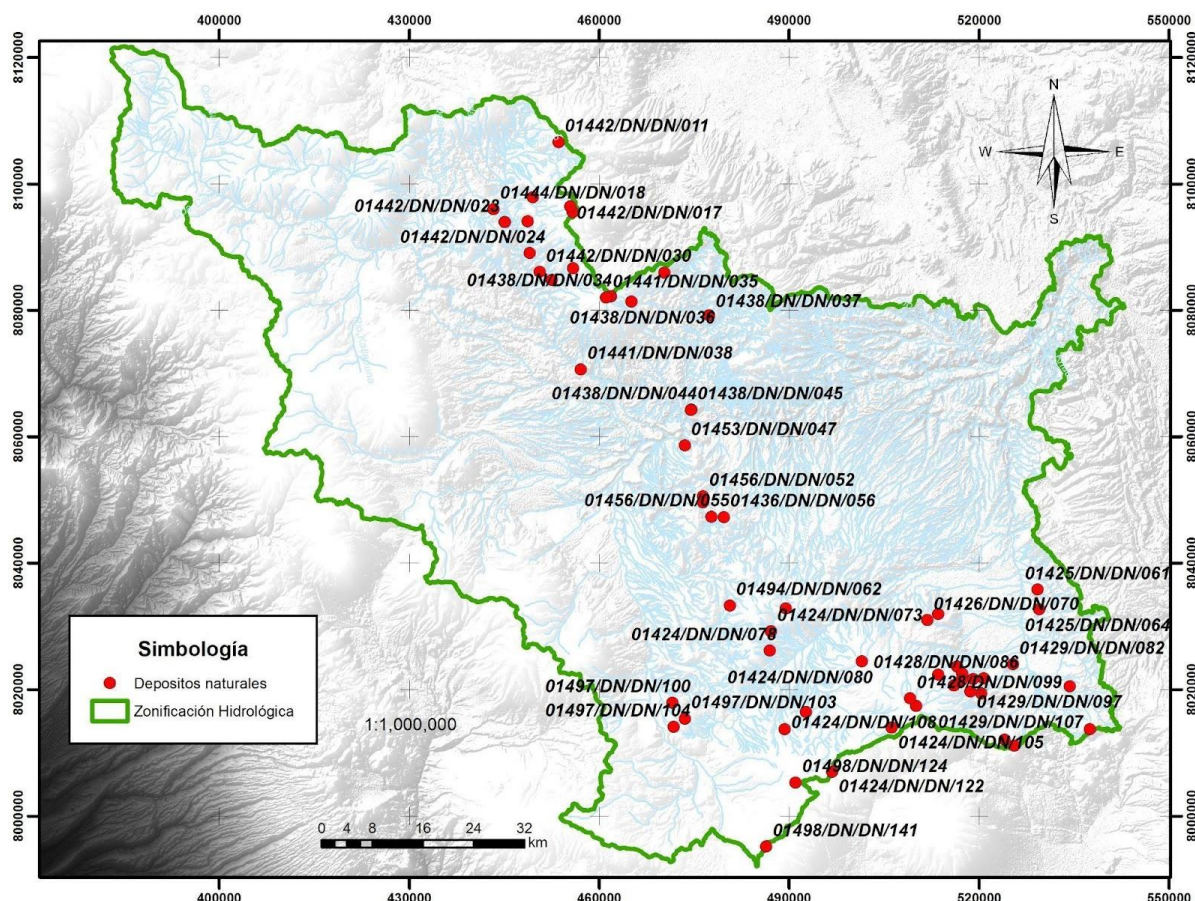


Figura 46 Mapa de ubicación de depósitos naturales en la UH Mauri

16.3 Estadísticas de las Fuentes Contaminantes

En la UH Mauri se identificaron 64 fuentes contaminantes, las cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 45 Origen de la fuente contaminante según municipios en la unidad hidrográfica Mauri

Municipio	Aguas residuales	Residuos sólidos	Labores y residuos mineros	Agua natural	Depósito natural	Total
Calacoto					21	21
Catacora			1		15	16
Charana	1		1		16	18
Curahuara de Carangas					6	6
Santiago de Machaca					3	3
Total	1		2		61	64

En la UH Mauri, el mayor número de fuentes contaminantes está representado por depósitos naturales con el 95%, mientras que el 3% por labores y residuos mineros y el 2% por aguas residuales.

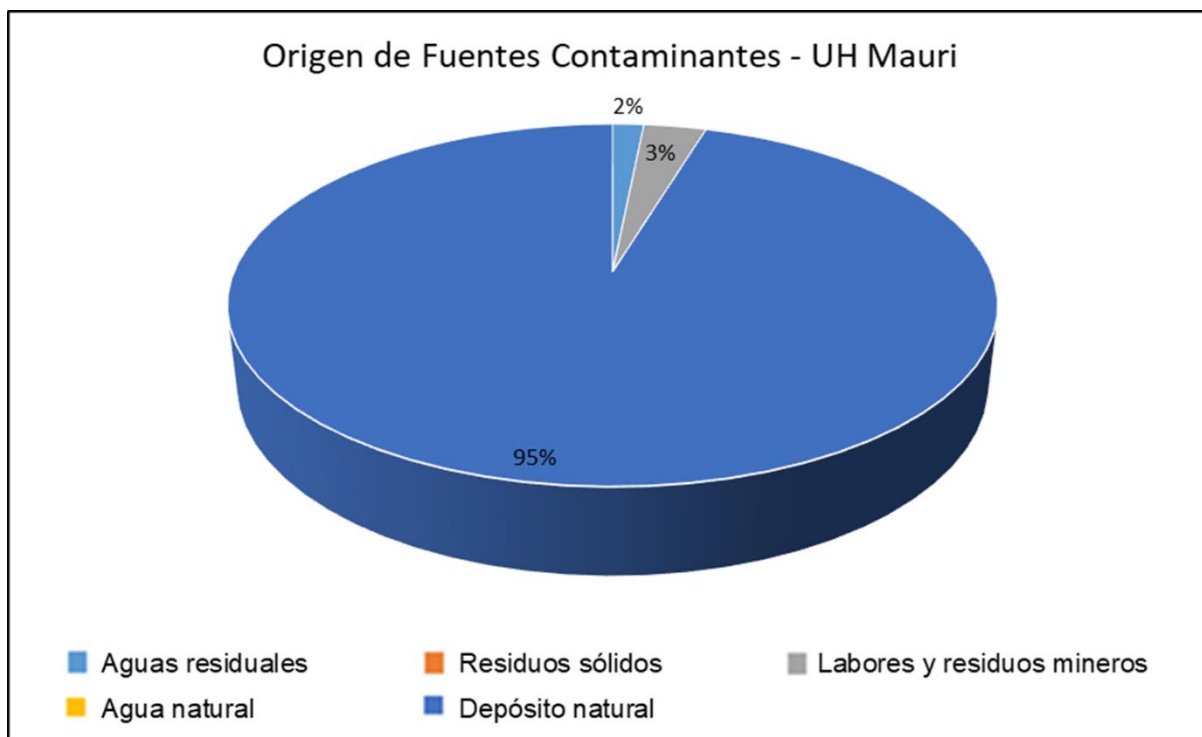


Figura 47 Tipos de fuentes contaminantes en la UH Mauri.

17 FUENTES CONTAMINANTES DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA POOPÓ

17.1 Fuentes Contaminantes Antrópicas (FCA)

17.1.1 Aguas Residuales Municipales

En esta unidad se han identificado vertimientos de aguas residuales provenientes del alcantarillado sanitario en las poblaciones de Poopó, Huayllamarca, Oruro, Soracahi, Toledo, Machacamarca, Andamarca, Huanuni, Challapata, Quillacas, Huari, Antequera y Pampa Aullagas, algunas de estas poblaciones cuentan con plantas de tratamiento de agua residual.

Tabla 46 Aguas residuales municipales en la UH Poopó

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	51FCA	Oruro	Poopo	Poopo	715086	7967391	01358/AR/MM/122	-58	SEVERO
2	79FCA	Oruro	Huayllamarca (C. stgo. H	Chuquichambi	626391	8019548	01344/AR/DO/056	-34	MODERADO
3	92FCA	Oruro	Oruro	Ciudad de Oruro	703239	8016750	01362/AR/IN/057	-43	MODERADO
4	94FCA	Oruro	Oruro	Ciudad de Oruro	700165	8013141	01352/AR/HO/065	-24	COMPATIBLE
5	98FCA	Oruro	Oruro	Oruro	702084	8013128	01352/AR/DO/066	-34	MODERADO
6	95FCA	Oruro	Oruro	Ciudad de Oruro	700131	8012907	01352/AR/MM/067	-43	MODERADO
7	96FCA	Oruro	Oruro	Ciudad de Oruro	700317	8012895	01352/AR/MM/068	-24	COMPATIBLE
8	97FCA	Oruro	Oruro	Oruro	700570	8012700	01352/AR/DO/069	-34	MODERADO
9	100FCA	Oruro	Oruro	Oruro	699742	8011981	01352/AR/DO/071	-34	MODERADO
10	103FCA	Oruro	Oruro	Oruro	701936	8011936	01352/AR/DO/072	-34	MODERADO
11	104FCA	Oruro	Oruro	Ciudad de Oruro	702726	8011842	01352/AR/MM/073	-24	COMPATIBLE
12	101FCA	Oruro	Oruro	Ciudad de Oruro	700335	8011700	01352/AR/MU/074	-34	MODERADO
13	105FCA	ORURO	Oruro	Ciudad de Oruro	702719	8011658	01352/AR/MM/075	-24	COMPATIBLE
14	106FCA	Oruro	Oruro	Ciudad de Oruro	702807	8011639	01352/AR/MM/076	-43	MODERADO
15	107FCA	Oruro	Oruro	Ciudad de Oruro	702842	8011584	01352/AR/MM/077	-24	COMPATIBLE
16	108FCA	Oruro	Oruro	Ciudad de Oruro	705816	8011511	01352/AR/AI/078	-24	COMPATIBLE
17	109FCA	Oruro	Oruro	Oruro	706754	8011352	01352/AR/DO/079	-34	MODERADO
18	111FCA	Oruro	pari - soracachi	Sepulturas	710525	8011262	01352/AR/DO/081	-34	MODERADO
19	102FCA	Oruro	Oruro	Ciudad de Oruro	699819	8011091	01352/AR/MU/082	-34	MODERADO
20	110FCA	Oruro	Oruro	Ciudad de Oruro	706436	8010227	01352/AR/MM/084	-24	COMPATIBLE
21	80FCA	Oruro	Huayllamarca	Llanquera	638176	8010211	01344/AR/DO/085	-34	MODERADO
22	81FCA	Oruro	Toledo	Toledo	668579	7989613	01343/AR/DO/102	-34	MODERADO
23	113FCA	Oruro	Machacamarca	Machacamarca	709115	7989522	01356/AR/DO/103	-34	MODERADO
24	115FCA	Oruro	Huanuni (c. villa huanuni)	Viluyo	723717	7981501	01356/AR/DO/110	-34	MODERADO
25	129FCA	Oruro	Antequera	Bolivar	726561	7955686	01339/AR/MU/130	-38	MODERADO
26	118FCA	Oruro	Antequera	Antequera	727973	7955489	01339/AR/DO/131	-34	MODERADO
27	84FCA	Oruro	Andamarca (c. sgo. de ar	Andamarca	658413	7922815	01334/AR/DO/143	-34	MODERADO
28	85FCA	Oruro	Santiago de Andamarca	Eduardo Avaroa	658070	7912490	01334/AR/DO/145	-34	MODERADO
29	124FCA	Oruro	Challapata	Challapata	733010	7908766	01332/AR/MU/146	-44	MODERADO
30	86FCA	Oruro	Santiago de Andamarca	Orinoca	683659	7902640	01333/AR/MU/151	-34	MODERADO
31	123FCA	Oruro	Santiago de Huari	Huari	732869	7896459	01332/AR/MU/155	-44	MODERADO
32	90FCA	Oruro	Santiago de Huari	Urmiri	739745	7872483	01332/AR/DO/159	-34	MODERADO
33	89FCA	Oruro	Quillacas	Santuario de Quillacas	716333	7872187	01332/AR/DO/160	-34	MODERADO
34	88FCA	Oruro	Pampa aullagas	Bengal Vinto	703495	7866732	01318/AR/DO/161	-34	MODERADO
35	91FCA	Oruro	Quillacas	Soraga	724050	7857899	01332/AR/DO/162	-34	MODERADO
36	142FCA	Oruro	Oruro	Oruro	702164	8007907	01352/AR/MU/087	-38	MODERADO

Se aplicó la matriz de jerarquización para la fuente contaminante 51FCA (Poopó), para lo cual se analizó la descarga sobre el río Poopó, resultando un valor de 63 severo.

Tabla 47 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 51FCA de la UH Poopó

PN UD		CONTAMINACIÓN DE FUENTES MEDIDAS EN RÍOS (CMR) INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES - SISTEMA HÍDRICO TDPS (Alto Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Salar de Colpas y Poopó)					No. CMR/ 033						
Departamento: Oruro		Ubicación			Coordenadas (UTM)								
Provincia: Poopó		Zona hidrográfica: Poopó	Código (UH): 01358		Este: 715086.07								
Municipio: Poopó		Día Mes.Año: 03/06/22	Hora: 17:27		Norte: 7967391.01								
Poblado cercano: Poopó		Descripción: Complejo minero Poopó (51FCA)			Elevación: 3851 m s.n.m.								
Matriz de jerarquización													
N	Criterio de jerarquización	Categorías	Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valor asignado	Valoración (%)	Concentración	Carga (mg/s)	Peso 1	Peso 2	Valor final	
1	Características físico-químicas y carga contaminante.	Básicos 1	pH	<6 - >9	RMCH	5	60	6.29		0.25	0.25	1.3	
			T					14.2					
		Básicos 2	CE	>1500 µS/cm	VRHR	3		11110		0.29	1.00	1.7	
			OD	<50%		3		88		0.79	0.25	1.7	
		Fuentes aportantes de sales	Na	>200 mg/L	RMCH	3		2220	422819.79	1.00	1.00	3.0	
			Cl ⁻	>500 mg/L		3		3899	742601.06	0.78	1.00	2.6	
			SO ₄ ²⁻	>400 mg/L		3		500	95229.68	0.33	0.50	1.2	
			Ssed	>1 mL/L		3		9.5	1809.36	0.31	1.00	1.8	
		Fuentes aportantes de sólidos suspendidos	Turbidez	>200 (UNT) (seca)		3		38.5		0.26	0.25	0.8	
			B	>1 mg/L		5		3.4	647.56	0.27	1.00	2.8	
			U	>5 mg/L		5		6.44	1226.56	0.79	0.50	3.4	
		2	Caudal del efluente.	Cuantificación del volumen de la fuente	Q	L/s					190.46		
3	Actividad tóxica (ecotóxica genotóxica)	Fuentes aportantes de metales tóxicos (sensibles a redox)	As	>0.1 mg/L	RMCH	8		<0.01	0.95	0.25	0.25	2.0	
			Pb	>0.1 mg/L		8		0.182	34.66	0.29	0.50	3.0	
			Cd	>0.005 mg/L		8		0.04	7.62	0.29	1.00	4.6	
4	Valoración de importancia ambiental (local y regional).	Importancia del Impacto Ambiental (ALI) y regionalización Importancia del Impacto (CONESSA)	Compatible	<25	ALT	20	20				68		13.6
			Moderado	26<=50									
			Severo	51<=75									
			Crítico	76<=100									
5	Impacto económico.	Afectación al sector productivo	Alto			1							
			Medio				0.66	9			1.00		9
			Bajo				0.33						
6	Impacto social.	Habitantes afectados	Alto			1							
			Medio				0.66	9			1.00		9
			Bajo				0.33						
7	Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental (viabilidad técnica y económica).	Instituciones públicas o privadas que trabajan en el tema ambiental del municipio	Sin instituciones			1							
			Al menos una institución				0.66	2			0.66		1.3
			Más de una institución				0.33						
			COMPATIBLE	<25	MODERADO	26<=50	SEVERO	51<=75	CRÍTICO	76<=100	Valor total:	63	

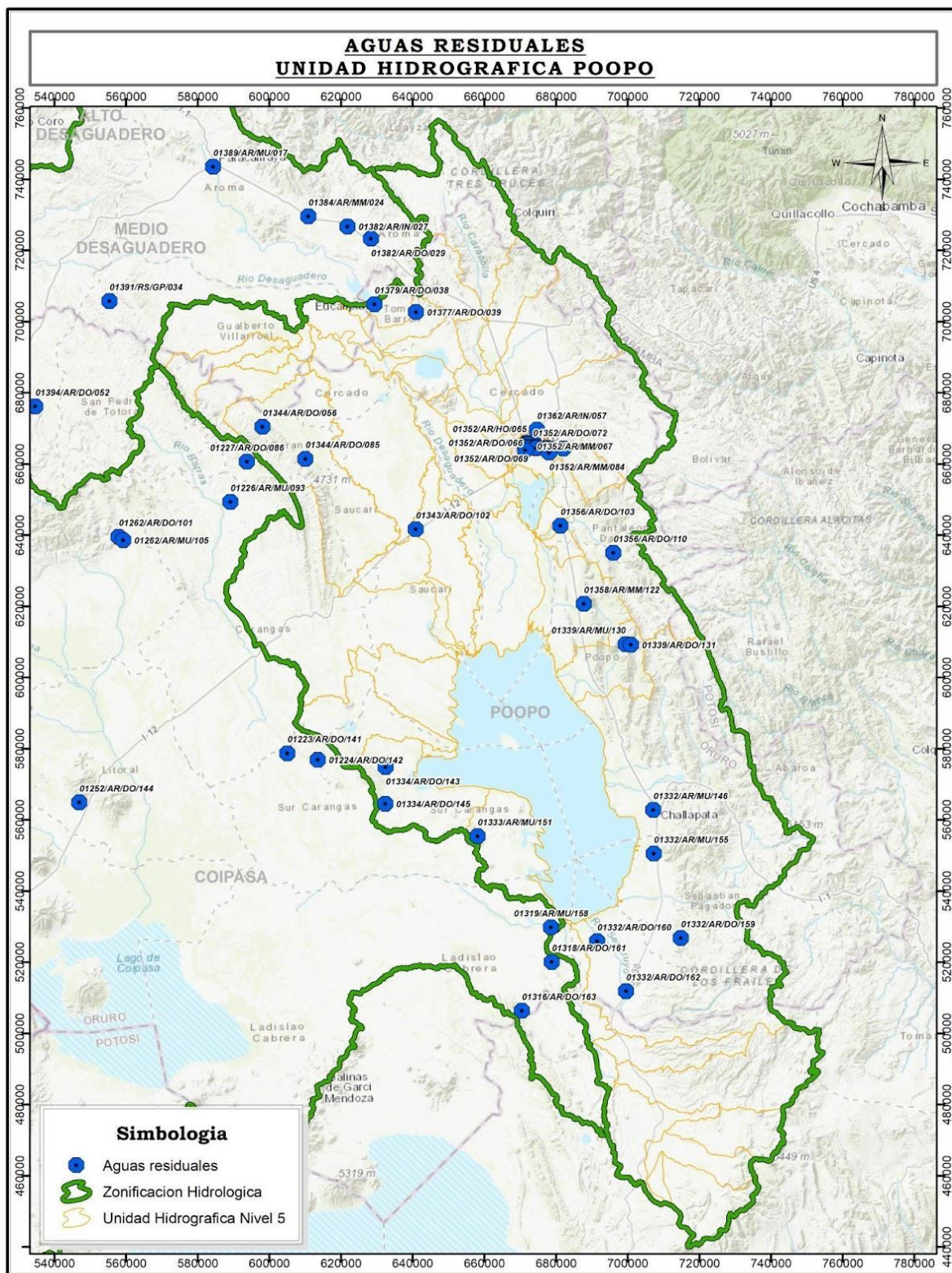


Figura 48 Mapa de ubicación de las aguas residuales municipales en la UH Poopó

17.1.2 Residuos Sólidos

En esta UH, se han identificado botaderos en las poblaciones de Caracollo, Paria, Oruro, Huanuni, Machacamarca, Toledo, El Choro, Poopó, Antequera, Pazña, Challapata, Huari y Pampa Aullagas. En muchos de los municipios no hay un manejo adecuado de residuos sólidos, es por esa razón que los pobladores arrojan sus residuos en diferentes zonas cercanas a las principales poblaciones o directamente son arrojados a los cauces de los ríos circundantes. En otros casos, los residuos sólidos son incinerados y posteriormente enterrados.

Tabla 48 Residuos sólidos en la UH Poopó

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	76FCA	Oruro	Caracollo	Panaderia	693428	8050568	01366/RS/GN/040	-26	MODERADO
2	78FCA	Oruro	Paria (Soracachi)	Soracachi	709096	8035150	01364/RS/GP/047	-26	MODERADO
3	143FCA	Oruro	Oruro	Oruro	704241	8015701	01362/RS/GM/060	-48	MODERADO
4	99FCA	Oruro	Oruro	Vito	700197	8012142	01352/RS/GN/070	-26	MODERADO
5	134FCA	Oruro	Villa Huanuni	Japo	727617	8000077	01356/RS/GM/092	-26	MODERADO
6	112FCA	Oruro	Machacamarca	Alantañita Caravi	708880	7989909	01356/RS/GM/100	-26	MODERADO
7	82FCA	Oruro	Toledo	Toledo	668859	7989285	01343/RS/GM/104	-26	MODERADO
8	114FCA	Oruro	Machacamarca	Toraca Bajo	711400	7987177	01357/RS/GP/107	-26	MODERADO
9	116FCA	Oruro	Huanuni	Venta y Media	727536	7976231	01356/RS/GM/115	-26	MODERADO
10	83FCA	Oruro	El Choro	El Choro	698855	7969437	01359/RS/GM/120	-26	MODERADO
11	117FCA	Oruro	Poopó	Poopó	712625	7966635	01358/RS/GP/123	-26	MODERADO
12	128FCA	Oruro	Antequera	Bolivar	725938	7955824	01339/RS/GM/129	-26	MODERADO
13	126FCA	Oruro	Pazña	Avicaya	722482	7947819	01339/RS/GM/138	-26	MODERADO
14	119FCA	Oruro	Pazña	Pazña	719097	7942330	01339/RS/GP/140	-26	MODERADO
15	120FCA	Oruro	Challapata	Andamarca	735304	7906310	01332/RS/GM/148	-26	MODERADO
16	121FCA	Oruro	Challapata	Andamarca Crucero	757360	7905520	01332/RS/GP/150	-26	MODERADO
17	122FCA	Oruro	Santiago de Huari	Huari	734048	7894617	01332/RS/GM/156	-25	COMPATIBLE
18	87FCA	Oruro	Pampa Aullagas	Pampa Aullagas	704602	7877092	01319/RS/GM/157	-26	MODERADO

En la anterior tabla se muestra los valores de la IIA aplicado a las fuentes identificadas, de acuerdo a esta evaluación se observa un impacto moderado de estas FC sobre el ambiente.

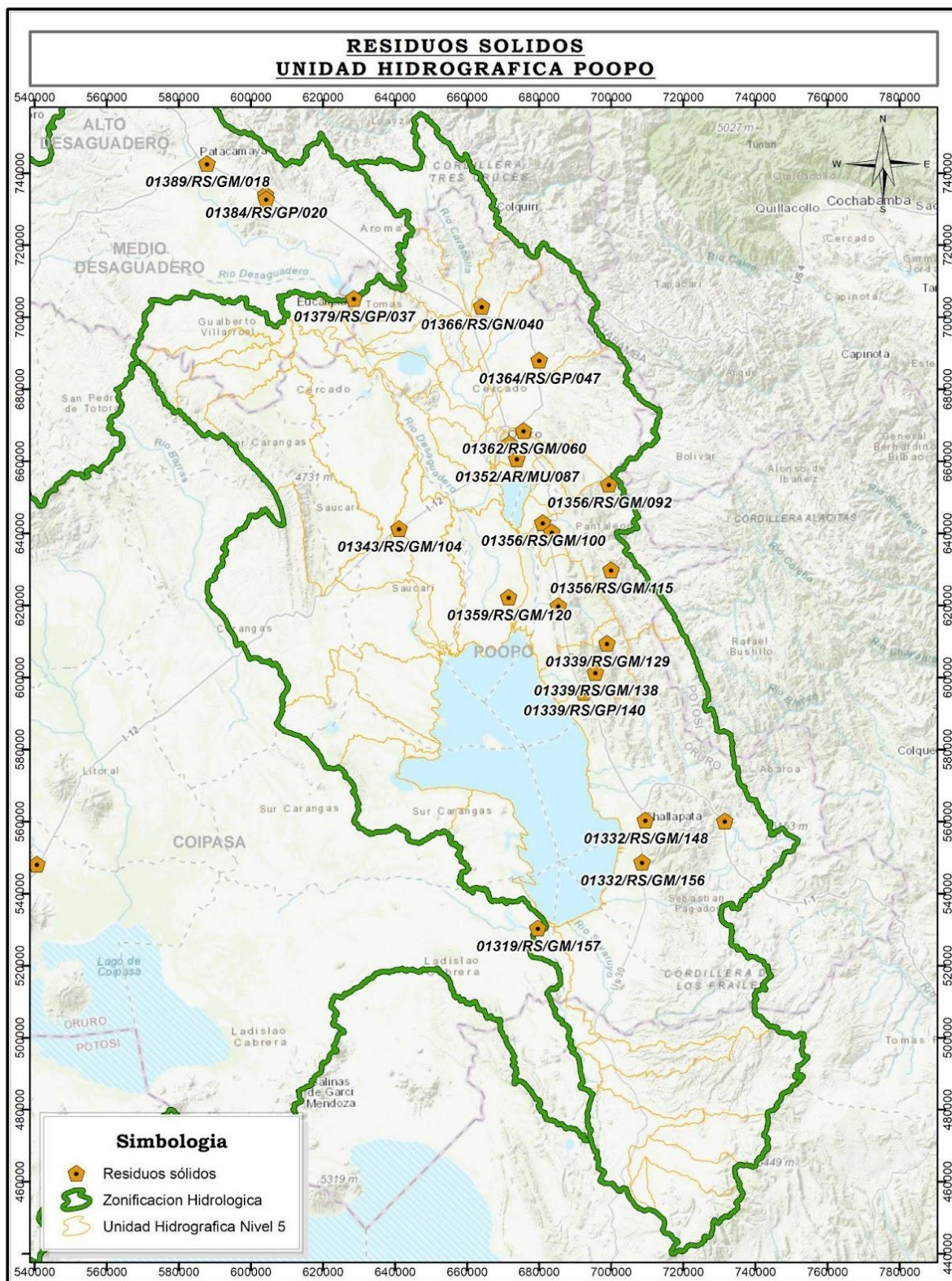


Figura 49 Mapa de ubicación de residuo sólidos en la UH Poopó

17.1.3 Labores y residuos mineros

En la UH Poopó, las labores y residuos mineros se localizan en la parte Este de la UH. En las zonas cercanas a Colquiri, Japo, Santa Fe, Morococala, Machacamarcas, Huanuni, Poopó y Antequera, en las cercanías de la cordillera oriental. En la visita

realizada entre el 2 al 5 de junio del 2022, se verificó la presencia de una intensa actividad minera en las localidades Japo, Santa Fe, Morococala, Machacamarcá, Huanuni, Poopó y Antequera. También se identificó la presencia de relaves mineros y otras labores (campamentos), desde donde en el periodo de lluvias, se podría generar drenaje ácido superficial, que terminaría en los cauces de los ríos aguas abajo de estas localidades. En esta UH se clasificaron 52 FCA que representan a labores y residuos mineros identificados.

Tabla 49 Labores y residuos mineros en la UH Poopó

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	38FCA	La Paz	Ichoca	Jupiri	681000	8088000	01369/LM/ND/019	-20	COMPATIBLE
2	39FCA	La Paz	Colquiri	Villa Berenguela	692700	8080150	01369/LM/ND/023	-20	COMPATIBLE
3	40FCA	Oruro	Caracollo	Canohuma Villa Taroca	684100	8071500	01369/LM/ND/030	-20	COMPATIBLE
4	41FCA	Oruro	Caracollo	Pucarani	682750	8043500	01367/LM/ND/041	-23	COMPATIBLE
5	61FCA	Oruro	Paria	Chicuela	719957	8042615	01364/LM/BO/042	-33	MODERADO
6	62FCA	Oruro	Paria	Orcoma	719406	8039980	01364/LM/ND/044	-33	MODERADO
7	63FCA	Oruro	Paria	Tuloma	718147	8039683	01364/LM/ND/045	-33	MODERADO
8	42FCA	Oruro	Toledo	Koricollo	664300	8030950	01345/LM/ND/049	-33	MODERADO
9	64FCA	Oruro	Paria	Obrajes	713753	8027391	01362/LM/ND/050	-33	MODERADO
10	65FCA	Oruro	Paria	Amachuma Catuyo	710766	8023860	01362/LM/ND/053	-33	MODERADO
11	66FCA	Oruro	Paria	Omitiri	713554	8022810	01362/LM/ND/054	-33	MODERADO
12	67FCA	Oruro	Oruro	Amachuma Catuyo	708036	8020581	01362/LM/ND/055	-33	MODERADO
13	68FCA	Oruro	Paria	Lekhe Lekheni	719722	8016318	01362/LM/ND/058	-33	MODERADO
14	69FCA	Oruro	Oruro	Oruro	705137	8015891	01362/LM/ND/059	-33	MODERADO
15	75FCA	Oruro	Oruro	Oruro	697967	8013626	01352/LM/ND/063	-33	MODERADO
16	72FCA	Oruro	Machacamarca	Ingenio Machacamarca	710579	7990891	01356/LM/ND/099	-33	MODERADO
17	71FCA	Oruro	El Choro	Chocaya	697905	7988437	01359/LM/ND/106	-33	MODERADO
18	47FCA	Oruro	Villa Huanuni	Viluyo	721850	7983750	01356/LM/ND/109	-23	COMPATIBLE
19	73FCA	Oruro	Villa Huanuni	Cataric ahua	731352	7977616	01356/LM/ND/113	-33	MODERADO
20	57FCA	Oruro	Pazña	San Ignacio	722500	7948900	01339/LM/ND/136	-23	COMPATIBLE
21	74FCA	Oruro	Challapata	Andamarca Crucero	753433	7906609	01332/LM/ND/147	-33	MODERADO
22	138FCA	La Paz	Colquiri	Chambiri	711477	8066321	01364/LM/ND/032	-51	SEVERO
23	77FCA	Oruro	Oruro	Pasto Grande	691986	8042115	01366/LM/ND/043	-43	MODERADO
24	93FCA	Oruro	Oruro	Ciudad de Oruro	696678	8013556	01361/LM/ND/064	-28	MODERADO
25	140FCA	Oruro	El Choro	Chusaqueri	694860	8011266	01361/LM/ND/080	-52	SEVERO
26	133FCA	Oruro	Villa Huanuni	Japo	727749	8000531	01356/LM/ND/091	-78	CRÍTICO
27	136FCA	Oruro	Villa Huanuni	Santa Fe	732680	7992801	01356/LM/ND/097	-80	CRÍTICO
28	135FCA	Oruro	Villa Huanuni	Morococala	734006	7991420	01356/LM/ND/098	-64	SEVERO
29	137FCA	Oruro	Villa Huanuni	Huanuni	729175	7977023	01356/LM/ND/114	-78	CRÍTICO
30	131FCA	Oruro	Pazña	Martha	724927	7954992	01339/LM/ND/133	-52	SEVERO
31	44FCA	Oruro	Oruro	Vito	698150	8014000	01352/RM/DM/062	-33	MODERADO
32	70FCA	Oruro	Paria	Irumita	711322	8005890	01354/RM/DM/088	-33	MODERADO
33	45FCA	Oruro	Villa Huanuni	Japo	728750	8001700	01356/RM/DM/089	-33	MODERADO
34	46FCA	Oruro	Villa Huanuni	Santa Fe	733250	7993400	01356/RM/DM/096	-33	MODERADO
35	49FCA	Oruro	Villa Huanuni	Cataric ahua	730200	7978350	01356/RM/DM/112	-33	MODERADO
36	48FCA	Oruro	Poopo	Coriviri	715500	7975250	01358/RM/DM/117	-33	MODERADO
37	50FCA	Oruro	Poopo	Mina Triunfo	717950	7968200	01358/RM/DM/121	-33	MODERADO
38	52FCA	Oruro	Poopo	Poopo	715600	7964300	01358/RM/DM/125	-33	MODERADO
39	53FCA	Oruro	Poopo	Larankawa	725700	7962200	01358/RM/DM/126	-33	MODERADO
40	54FCA	Oruro	Antequera	Antequera	728950	7956050	01339/RM/DM/128	-33	MODERADO
41	55FCA	Potosi	Uncia	VilaApacheta	748000	7955200	01332/RM/DM/132	-33	MODERADO
42	56FCA	Oruro	Pazña	Avicaya	725950	7951900	01339/RM/DM/135	-33	MODERADO
43	58FCA	Oruro	Antequera	Taloco	733600	7947600	01332/RM/DM/139	-33	MODERADO
44	43FCA	Potosi	Uyuni	Pachji Carhuaycollo	745500	7839800	01322/RM/DM/164	-33	MODERADO
45	139FCA	Oruro	Caracollo	Colquiri	702215	8067632	01366/RM/DR/031	-71	SEVERO
46	141FCA	Oruro	Oruro	Oruro	700158	8015172	01352/RM/DR/061	-78	CRÍTICO
47	132FCA	Oruro	Poopo	Poopo	715399	7966170	01358/RM/DR/124	-76	CRÍTICO
48	130FCA	Oruro	Antequera	Bolivar	725741	7956532	01339/RM/RV/127	-42	MODERADO
49	127FCA	Oruro	Pazña	Total	723970	7953246	01339/RM/DM/134	-80	CRÍTICO
50	125FCA	Oruro	Pazña	Avicaya	722519	7948086	01339/RM/RV/137	-52	SEVERO
51	60FCA	Oruro	Caracollo	Pongo Quenuani	704770	8064763	01366/RM/DM/033	-33	MODERADO
52	59FCA	Oruro	Caracollo	Canohuma Villa Taroca	683503	8075347	01369/IM/PP/028	-43	MODERADO

En la anterior tabla, se muestra los valores de la IIA aplicado, se observa valores severos y críticos en las localidades de Huanuni, Antequera, Poopó y Pazña, estos valores indican que las FCA estarían generando un alto impacto en el ambiente.

De estas 52 FCA se eligieron 10 para ser verificadas y/o validadas en campo. Las FCA que se evaluaron fueron 139FCA, 138FCA, 141FCA, 133FCA, 136FCA, 137FCA, 132FCA, 130FCA, 127FCA y 125FCA que representan a los centros mineros de Nazareno, San José, Japo, Santa Fe, Huanuni, Poopó, Bolívar, Totoral y Avicaya, se tomaron muestras de agua en la parte baja de estos complejos mineros sobre los cauces de los ríos. Se aplicó la matriz de jerarquización CMR para evaluar el impacto de estas FCA sobre el ambiente.

El complejo minero San José presenta una valoración final de 80 es la más alta, lo que indica que tiene un impacto crítico sobre el ambiente. Ambas evaluaciones IIA y la CMR, tienen valoraciones similares para esta FC.

Tabla 50 Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 141FCA de la UH Medio Desaguadero

CONTAMINACIÓN DE FUENTES MEDIDAS EN RÍOS (CMR) INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES - SISTEMA HÍDRICO TDPS (Alto Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Salar de Colpasá y Poopó)												
Ubicación												
Departamento: Oruro				Zona hidrológica: Poopó			Coordenadas (UTM)					
Provincia: Cercado				Código (UH): 01352			Este: 700157.83					
Municipio: Oruro				Día.Mes.Año: 6/6/2022			Norte: 8015171.94					
Poblado cercano: Oruro				Hora: 13:22			Elevación: 3762 m s.n.m.					
Descripción: Drenaje ácido de mina San Jose (141FCA)												
Matriz de jerarquización												
N	Criterio de jerarquización	Categorías	Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valor asignado	Valoración (%)	Concentración	Carga (mg/s)	Peso 1	Peso 2	Valor final
1	Características físico-químicas y carga contaminante.	Básicos 1	pH	<6 - >9	RMCH	5	60	2.08		1.00	1.00	5.0
			T					15.2				
		Básicos 2	CE	>1500 µS/cm	VRHR	3		34640		0.39	1.00	1.9
			OD	<50%		3		89.9		0.78	0.25	1.7
		Fuentes aportantes de sales	Na	>200 mg/L		3		6150	220244.17	0.64	1.00	2.4
			Cl ⁻	>500 mg/L		3		13245	474330.74	0.59	1.00	2.3
			SO ₄ ²⁻	>400 mg/L		3		5800	207709.95	0.43	1.00	2.0
		Fuentes aportantes de sólidos suspendidos	Ssed	>1 mL/L	RMCH	3		7	250.68	0.26	1.00	1.7
			Turbidez	>200 (UNT) (seca)		3		187		0.32	0.25	0.9
			B	>1 mg/L		5		3.34	119.61	0.25	1.00	2.8
Fuentes aportantes de metales (evaporativos)	Li	>5 mg/L		5	9.88	353.82	0.41	0.50	2.2			
	Q	L/s			35.81206067							
2	Caudal del efluente.	Cuantificación del volumen de la fuente	Q	L/s								
3	Actividad tóxica (ecotoxicogenotóxica)	Fuentes aportantes de metales tóxicos (sensibles a redox)	As	>0.1 mg/L	RMCH	8	35.8	1282.07	1.00	1.00	8.0	
			Pb	>0.1 mg/L		8	19.3	691.17	1.00	1.00	8.0	
			Cd	>0.005 mg/L		8	2.36	84.52	0.71	1.00	6.6	
4	Valoración de importancia ambiental (local y regional).	Importancia del Impacto Ambiental (ALI) y regionalización Importancia del Impacto (CONESSA)	Compatible	<25								
			Moderado	26<=50	ALT	20	20			78		15.6
			Severo	51<=75								
			Crítico	76<=100								
5	Impacto económico.	Afectación al sector productivo	Alto			1						
			Medio				0.66					
			Bajo				0.33		9		1.00	
6	Impacto social.	Habitantes afectados	Alto			1						
			Medio				0.66					
			Bajo				0.33		9		1.00	
7	Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental (viabilidad técnica y económica).	Instituciones públicas o privadas que trabajan en el tema ambiental del municipio	Sin instituciones			1						
			Al menos una institución				0.66					
			Más de una institución				0.33		2		0.66	
COMPATIBLE <25 MODERADO 26<=50 SEVERO 51<=75 CRITICO 76<=100 Valor total: 80												

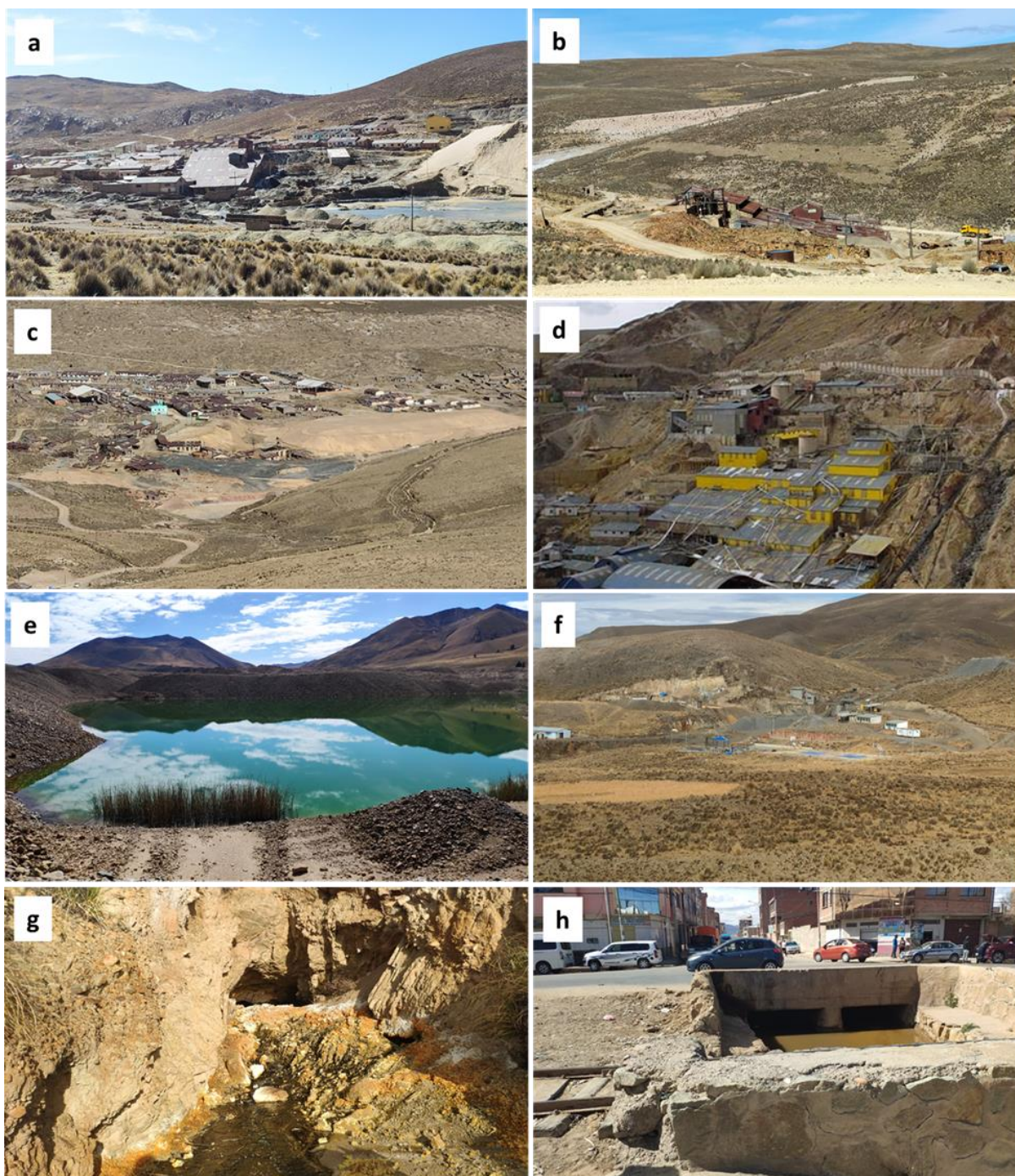


Figura 50 Labores y residuos mineros en los centros mineros de Japo (a), Morococala (b), Santa Fe (c), Huanuni (d), Dique de colas de Avicaya (e), Nazareno (f), Poopó (g) y San José (h) dentro de la UH Alto Desaguadero.

Huanuni, Poopó, Antequera, Urmiri, Pazña, Challapata, Huari y Quillacas. En la visita realizada el 2, 3 y 5 de junio del 2022, se verificó la existencia de aguas termales (aguas naturales) en esta región, estas fuentes naturales son explotadas por las poblaciones de la zona, con fines turísticos y de entretenimiento, se evidencia también la influencia de estas fuentes sobre el cauce natural de los cuerpos de agua que atraviesan esta zona al incrementar la salinidad. En esta UH se clasificaron 52 FCN que representan a aguas naturales identificadas en el área.

Tabla 51 Aguas naturales en la UH Poopó

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	184FCN	Oruro	Poopo	Poopo	717114	7966292	01358/ANMM/169	-42	MODERADO
2	185FCN	Oruro	Paria	Obrajes	713064	8027852	01362/ANMM/076	-42	MODERADO
3	100FCN	Oruro	Poopo	Poopo	715494	7966510	01358/ANMT/165	-42	MODERADO
4	101FCN	Oruro	Poopo	Poopo	715578	7966563	01358/ANMT/163	-42	MODERADO
5	102FCN	Oruro	Poopo	Poopo	715705	7966457	01358/ANMT/167	-42	MODERADO
6	103FCN	Oruro	Poopo	Killatapata	720105	7966141	01358/ANMT/174	-42	MODERADO
7	104FCN	Oruro	Poopo	Pajchantiri	717188	7966270	01358/ANMT/170	-42	MODERADO
8	105FCN	Oruro	Poopo	Pajchantiri	717182	7966262	01358/ANMT/171	-42	MODERADO
9	106FCN	Oruro	Poopo	Pajchantiri	717194	7966242	01358/ANMT/173	-42	MODERADO
10	107FCN	Oruro	Poopo	Pajchantiri	717141	7966256	01358/ANMT/172	-42	MODERADO
11	108FCN	Oruro	Poopo	Pajchantiri	717103	7966310	01358/ANMT/168	-42	MODERADO
12	109FCN	Oruro	Pazna	Urmiri Norte	724882	7944867	01339/ANMT/181	-42	MODERADO
13	110FCN	Oruro	Pazna	Urmiri Norte	724878	7944822	01339/ANMT/183	-42	MODERADO
14	111FCN	Oruro	Pazna	Juchayapu	719849	7944001	01339/ANMT/184	-42	MODERADO
15	112FCN	Oruro	Pazna	San Martin	718938	7943171	01339/ANMT/185	-42	MODERADO
16	113FCN	Oruro	Pazna	Urmiri Norte	725150	7945784	01339/ANMT/177	-42	MODERADO
17	114FCN	Oruro	Pazna	Urmiri Norte	724870	7944849	01339/ANMT/182	-42	MODERADO
18	115FCN	Oruro	Pazna	Urmiri Norte	725000	7945121	01339/ANMT/178	-42	MODERADO
19	116FCN	Oruro	Pazna	Urmiri Norte	724813	7944994	01339/ANMT/179	-42	MODERADO
20	117FCN	Oruro	Pazna	Urmiri Norte	724843	7944893	01339/ANMT/180	-42	MODERADO
21	118FCN	Oruro	Pazna	Ayllu Cahualli	740352	7925736	01332/ANMT/193	-42	MODERADO
22	119FCN	Oruro	Challapata	Chacarita Grande	752864	7923524	01332/ANMT/194	-42	MODERADO
23	120FCN	Oruro	Challapata	Huaylla Pujro	745901	7915943	01332/ANMT/198	-42	MODERADO
24	121FCN	Oruro	Challapata	Huaylla Pujro	745896	7915782	01332/ANMT/199	-42	MODERADO
25	122FCN	Cochaba	Challapata	Callapa Tercera	759363	7910277	01332/ANMT/203	-42	MODERADO
26	123FCN	Oruro	Challapata	Aguas Calientes	733442	7905085	01332/ANMT/207	-42	MODERADO
27	124FCN	Oruro	Challapata	Aguas Calientes	733682	7905250	01332/ANMT/205	-42	MODERADO
28	125FCN	Oruro	Santiago de Huari	Castilla Huma	745445	7881755	01332/ANMT/220	-42	MODERADO
29	126FCN	Oruro	Santiago de Huari	Castilla Huma	745327	7881737	01332/ANMT/221	-42	MODERADO
30	127FCN	Oruro	Santiago de Huari	Castilla Huma	743499	7881798	01332/ANMT/219	-42	MODERADO
31	128FCN	Oruro	Santiago de Huari	Castilla Huma	743686	7882805	01332/ANMT/218	-42	MODERADO
32	129FCN	Oruro	Santiago de Huari	Urmiri	740227	7872134	01332/ANMT/223	-42	MODERADO
33	130FCN	Oruro	Santiago de Huari	Vichaj Lupe	740020	7867599	01332/ANMT/228	-42	MODERADO
34	131FCN	Oruro	Santiago de Huari	Vichaj Lupe	740054	7867612	01332/ANMT/227	-42	MODERADO
35	132FCN	Oruro	Santuari de Quillacas	Santiago de Paria	755933	7860543	01332/ANMT/233	-42	MODERADO
36	83FCN	Potosi	Uncia	Porko Ventilla	749773	7941773	01332/ANMT/187	-42	MODERADO
37	84FCN	Potosi	Uncia	Porko Ventilla	752514	7941689	01332/ANMT/188	-42	MODERADO
38	85FCN	Potosi	Tomave	Puntura	745879	7802423	01329/ANMT/252	-42	MODERADO
39	86FCN	Oruro	Paria (Soracachi)	Anocariri	710075	8032660	01364/ANMT/066	-42	MODERADO
40	87FCN	Oruro	Paria (Soracachi)	Anocariri	710060	8032676	01364/ANMT/065	-42	MODERADO
41	88FCN	Oruro	Paria (Soracachi)	Anocariri	709981	8032635	01364/ANMT/067	-42	MODERADO
42	89FCN	Oruro	Paria (Soracachi)	Obrajes	712949	8027845	01362/ANMT/077	-42	MODERADO
43	90FCN	Oruro	Paria (Soracachi)	Obrajes	712939	8027872	01362/ANMT/075	-42	MODERADO
44	91FCN	Oruro	Paria (Soracachi)	Obrajes	713723	8028999	01362/ANMT/074	-42	MODERADO
45	92FCN	Oruro	Paria (Soracachi)	Amachuma Catuyo	707400	8021096	01362/ANMT/090	-42	MODERADO
46	93FCN	Oruro	Oruro	Amachuma Catuyo	707201	8020733	01362/ANMT/091	-42	MODERADO
47	94FCN	Oruro	Oruro	Amachuma Catuyo	706551	8019812	01362/ANMT/096	-42	MODERADO
48	95FCN	Oruro	Machacamarca	Chaupin Genio	711841	7989842	01356/ANMT/148	-42	MODERADO
49	96FCN	Oruro	Machacamarca	Chaupin Genio	711853	7989866	01356/ANMT/147	-42	MODERADO
50	97FCN	Oruro	Huanuni	Aguas Calientes	725626	7986376	01356/ANMT/150	-42	MODERADO
51	98FCN	Oruro	Poopo	Poopo	715756	7966483	01358/ANMT/166	-42	MODERADO
52	99FCN	Oruro	Poopo	Poopo	715590	7966534	01358/ANMT/164	-42	MODERADO

En la tabla anterior, se muestran los valores de la evaluación de la IIA aplicada a las FCN, todas las FCN presentan valores que indican que estas fuentes generan un moderado impacto en el ambiente.



Figura 52 Aguas naturales, agua termal en el balneario de Obrajes (a), agua termal en Poopó (b y c) y agua termal en Urmiri (d), todos dentro de la UH Poopó.

De estas 52 FCN se eligieron 3 para ser verificadas y/o validadas en campo. Las FCN elegidas fueron la 185FCN (a), 184FCN (b y c) y 116FCN (d), estas se encuentran en las localidades de Obrajes, Poopó y Urmiri respectivamente, aguas abajo de estas fuentes se tomaron 3 muestras de agua en los ríos del mismo nombre. Se aplicó la matriz de jerarquización CMR para evaluar el impacto de estas FCN sobre el ambiente. Los valores de todas las FCN clasificadas y jerarquizadas se muestran en Anexos.

Tabla 52 Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 184FCN de la UH Poopó

PN UD		GIRH TDPS		No. CMR/ 031									
CONTAMINACIÓN DE FUENTES MEDIDAS EN RÍOS (CMR) INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES - SISTEMA HÍDRICO TDPS (Alto Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Salar de Colpas y Poopó)													
Ubicación			Coordenadas (UTM)										
Departamento: Oruro	Zona hidrológica: Poopó	Código (UH): 01358		Este: 717113									
Provincia: Poopó	Día/Mes/Año: 03/06/22	Hora: 15:30		Norte: 7966291									
Municipio: Poopó	Poblado cercano: Pajchanñiri		Elevación: 3801 m s.n.m.										
Descripción: Agua termal Poopó (184FCN)													
Matriz de jerarquización													
N	Criterio de jerarquización	Categorías	Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valor asignado	Valoración (%)	Concentración	Carga (mg/s)	Peso 1	Peso 2	Valor final	
1	Características físico-químicas y carga contaminante.	Básicos 1	pH	<6 - >9	RMCH	5	60	7.58		0.25	0.25	1.3	
			T					29.6					
		Básicos 2	CE	>1500 µS/cm	VRHR	3		10240		0.29	1.00	1.7	
			OD	<50%		3		249.7		0.26	0.25	0.8	
		Fuentes aportantes de sales	Na	>200 mg/L		3		2300	28951.05	0.30	1.00	1.7	
			Cl ⁻	>500 mg/L		3		540	6797.20	0.25	0.50	1.1	
			SO ₄ ²⁻	>400 mg/L		3		118	1485.31	0.25	0.25	0.8	
			Ssed	>1 mL/L	RMCH	3		<0.1	0.63	0.25	0.25	0.8	
		Fuentes aportantes de sólidos suspendidos	Turbidez	>200 (UNT) [seca]		3		1.95		0.25	0.25	0.8	
			B	>1 mg/L		5		29.2	367.55	0.26	1.00	2.8	
			Li	>5 mg/L		5		6.8	85.59	0.29	0.50	1.9	
2	Caudal del efuente.	Cuantificación del volumen de la fuente	Q	L/s			12.59						
3	Actividad tóxica (ecotóxica genotóxica)	Fuentes aportantes de metales tóxicos (sensibles a redox)	As	>0.1 mg/L	RMCH	8	<0.01	0.06	0.25	0.25	2.0		
			Pb	>0.1 mg/L		8	0.036	0.45	0.25	0.25	2.0		
			Cd	>0.005 mg/L		8	0.015	0.19	0.25	0.75	3.6		
4	Valoración de importancia ambiental (local y regional).	Importancia del Impacto Ambiental (ALI) y regionalización Importancia del Impacto (CONESSA)	Compatible	<25	ALT	20	20				42		8.4
			Moderado	26<=50									
			Severo	51<=75									
			Crítico	76<=100									
5	Impacto económico.	Afectación al sector productivo	Alto			1	9			0.33		2.97	
			Medio			0.66							
			Bajo			0.33							
6	Impacto social.	Habitantes afectados	Alto			1	9			0.66		5.94	
			Medio			0.66							
			Bajo			0.33							
7	Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental (viabilidad técnica y económica).	Instituciones públicas o privadas que trabajan en el tema ambiental del municipio	Sin instituciones			1	2			0.66		1.3	
			Al menos una institución			0.66							
			Más de una institución			0.33							
COMPATIBLE <25 MODERADO 26<=50 SEVERO 51<=75 CRÍTICO 76<=100 Valor total: 40													

El agua natural de la fuente contaminante 184FCN en la localidad de Poopó presenta una valoración final de 40 bajo la evaluación CMR, lo que indica que tiene un impacto moderado sobre el ambiente. Ambas evaluaciones IIA y CMR, tienen valoraciones similares para esta FCN.

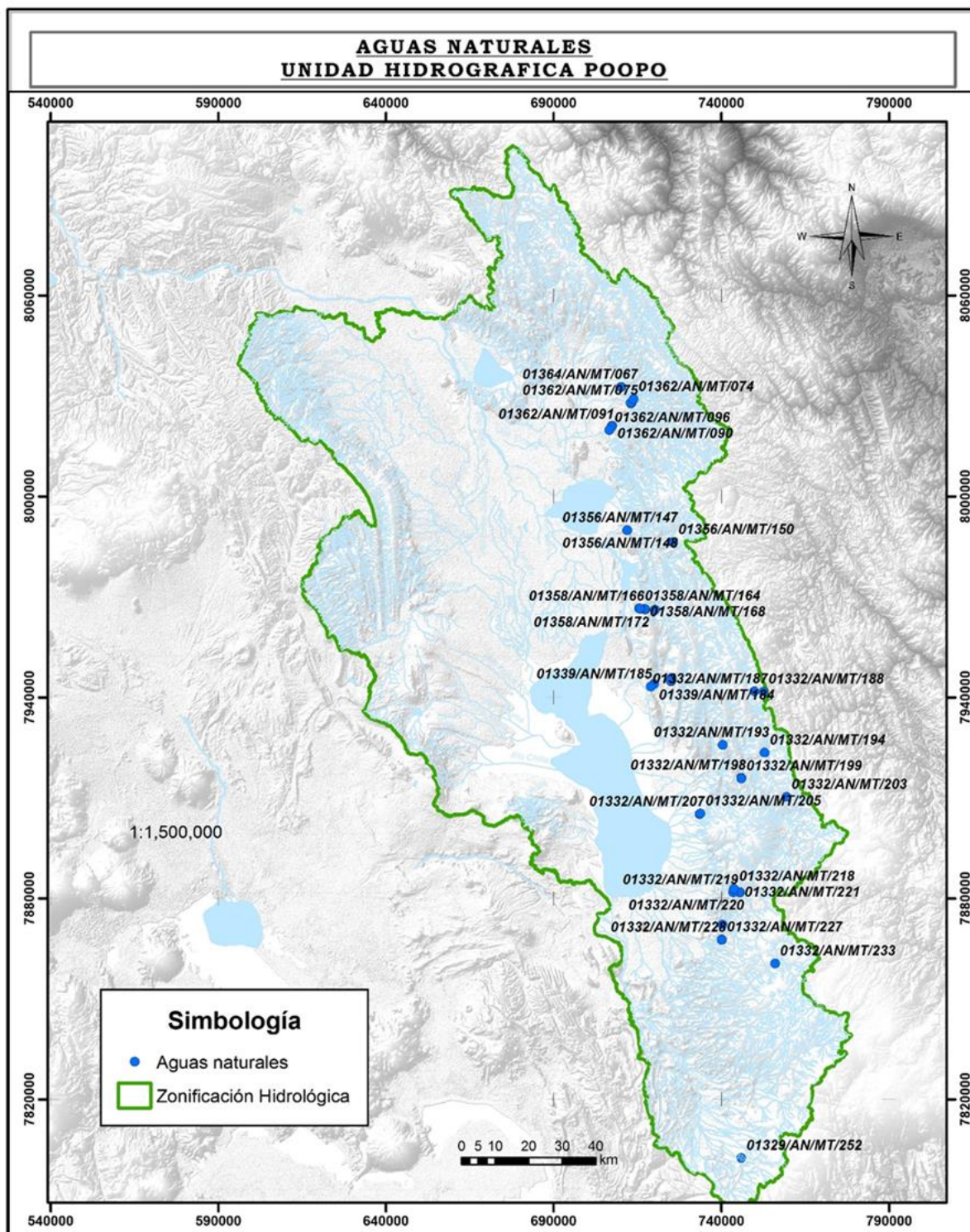


Figura 53 Mapa de ubicación de aguas naturales en la UH Poopó

17.2.2 Depósitos naturales

En la UH Poopó, los depósitos naturales se localizan al Norte, Este y Sur, de Norte a Sur en las zonas próximas a las poblaciones de Santiago de Huayllamarca, Colquiri, Caracollo, Paria, Oruro, Machacamarca, Huanuni, Poopó, Antequera, Urmiri, Pazña, Challapata, Huari, Quillacas y Pampa Aullagas. En la visita realizada el 1, 2, 3 y 5 de junio del 2022, se verificó la presencia de depósitos naturales en esta región, estos depósitos en el periodo de lluvias podrían generar drenaje superficial disolviendo

minerales que llegan a los cauces de los principales cuerpos de agua cercanos. En esta UH se clasificaron 51 FCN que representan a depósitos naturales identificados en el área.




Tabla 53 Depósitos naturales en la UH Poopó

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	133FCN	Oruro	Caracollo	Panaderia	692000	8054400	01366/DN/DN/048	-23	COMPATIBLE
2	134FCN	Oruro	Caracollo	Querarani	702800	8053400	01364/DN/DN/049	-23	COMPATIBLE
3	135FCN	Oruro	Paria	Leque Palca	716550	8050400	01364/DN/DN/053	-23	COMPATIBLE
4	136FCN	Oruro	Paria	Chullunquiani	715000	8044350	01364/DN/DN/057	-23	COMPATIBLE
5	137FCN	Oruro	Paria	Orcoma	720750	8039750	01364/DN/DN/058	-23	COMPATIBLE
6	138FCN	Oruro	Paria	Soracachi	709750	8037400	01364/DN/DN/059	-23	COMPATIBLE
7	139FCN	Oruro	Paria	Conchiri	717050	8037200	01364/DN/DN/060	-23	COMPATIBLE
8	140FCN	Oruro	Paria	Anocariri	712650	8032250	01364/DN/DN/068	-23	COMPATIBLE
9	141FCN	Oruro	Paria	Santa Ana	707700	8030100	01364/DN/DN/072	-23	COMPATIBLE
10	142FCN	Oruro	Paria	Kewalluni	725900	8030700	01362/DN/DN/071	-23	COMPATIBLE
11	143FCN	Oruro	Paria	Caracollito	720450	8021500	01362/DN/DN/088	-23	COMPATIBLE
12	144FCN	Oruro	Caracollo	La Joya Aransaya	653000	8026000	01345/DN/DN/079	-20	COMPATIBLE
13	145FCN	Oruro	Santiago de Huayllamarca	Pumiri	623200	8024000	01344/DN/DN/081	-21	COMPATIBLE
14	146FCN	Oruro	Santiago de Huayllamarca	Romero Pata	632000	8020300	01344/DN/DN/095	-21	COMPATIBLE
15	147FCN	Oruro	Santiago de Huayllamarca	Condoriri	628950	8008850	01344/DN/DN/120	-21	COMPATIBLE
16	148FCN	Oruro	Santiago de Huayllamarca	Centro Pucarani	633800	8010200	01344/DN/DN/118	-21	COMPATIBLE
17	149FCN	Oruro	Santiago de Huari	Vichaj Lupe	736600	7869500	01332/DN/DN/224	-17	COMPATIBLE
18	150FCN	Oruro	Santiago de Huari	Guadalupe	748500	7873050	01332/DN/DN/222	-23	COMPATIBLE
19	151FCN	Oruro	Santiago de Huari	Santiago de Paria	754060	7863400	01332/DN/DN/231	-21	COMPATIBLE
20	152FCN	Oruro	Santuario de Quillacas	Villa Rivera	719200	7856500	01332/DN/DN/234	-21	COMPATIBLE
21	153FCN	Potosi	Yyuni	Santiago de Larco	714600	7844600	01321/DN/DN/237	-21	COMPATIBLE
22	154FCN	Oruro	Santuario de Quillacas	Torko	735100	7851500	01332/DN/DN/236	-21	COMPATIBLE
23	155FCN	Oruro	Santiago de Huari	Santiago de Paria	755200	7853200	01332/DN/DN/235	-21	COMPATIBLE
24	156FCN	Potosi	Yyuni	Playa Verde	727200	7833700	01324/DN/DN/239	-21	COMPATIBLE
25	157FCN	Potosi	Yyuni	Cochicochi	734500	7832900	01324/DN/DN/240	-21	COMPATIBLE
26	158FCN	Potosi	Yyuni	Jaruma	739800	7836650	01322/DN/DN/238	-21	COMPATIBLE
27	159FCN	Potosi	Yyuni	Huatacalla	735800	7827700	01324/DN/DN/246	-17	COMPATIBLE
28	160FCN	Potosi	Yyuni	Keluyo Alto Alianza	774200	7832450	01324/DN/DN/241	-21	COMPATIBLE
29	161FCN	Potosi	Tomave	Jachioco	756100	7804400	01327/DN/DN/251	-17	COMPATIBLE
30	162FCN	Oruro	Oruro	Belen Sora Chico	695400	8012850	01361/DN/DN/110	-23	COMPATIBLE
31	163FCN	Oruro	Paria	Irumita	711000	8008000	01352/DN/DN/121	-23	COMPATIBLE
32	164FCN	Oruro	Paria	Huayna Pasto Grande	718000	8005000	01352/DN/DN/126	-23	COMPATIBLE
33	165FCN	Oruro	Paria	Jiquilla	712500	8001850	01354/DN/DN/128	-23	COMPATIBLE
34	166FCN	Oruro	Machacamarca	Toraca Bajo	712450	7988550	01356/DN/DN/149	-23	COMPATIBLE
35	167FCN	Oruro	Poopo	Kochi Ishuaya Pampa	708000	7980800	01357/DN/DN/154	-23	COMPATIBLE
36	168FCN	Oruro	Villa Huanuni	Pucara Grande	733050	7971750	01356/DN/DN/159	-23	COMPATIBLE
37	169FCN	Oruro	Poopo	Molle Punku Grande	733200	7967450	01356/DN/DN/161	-23	COMPATIBLE
38	170FCN	Oruro	Poopo	Segunda	717500	7955750	01358/DN/DN/176	-23	COMPATIBLE
39	171FCN	Oruro	Pazna	Llallaguani	721000	7936500	01332/DN/DN/191	-23	COMPATIBLE
40	172FCN	Oruro	Challapata	Porko Ventilla	745500	7939100	01332/DN/DN/190	-23	COMPATIBLE
41	173FCN	Oruro	Challapata	Ura Callapa	741350	7927750	01332/DN/DN/192	-23	COMPATIBLE
42	174FCN	Oruro	Challapata	Jachu Oko	738950	7915350	01332/DN/DN/200	-23	COMPATIBLE
43	175FCN	Oruro	Challapata	Lupe	737450	7911150	01332/DN/DN/202	-17	COMPATIBLE
44	176FCN	Oruro	Santiago de Huari	Sullcayana Primero	747500	7899750	01332/DN/DN/208	-17	COMPATIBLE
45	177FCN	La Paz	Colquiri	Colquiri	700478	8070485	01366/DN/DN/039	-22	COMPATIBLE
46	178FCN	La Paz	Colquiri	Colquiri	701488	8069091	01366/DN/DN/040	-26	MODERADO
47	179FCN	La Paz	Colquiri	Colquiri	702236	8067969	01366/DN/DN/041	-26	MODERADO
48	180FCN	Oruro	Caracollo	Caracollo	690279	8061690	01369/DN/DN/046	-26	MODERADO
49	181FCN	La Paz	Colquiri	Villa (Jankho Kota)	711237	8064989	01364/DN/DN/043	-26	MODERADO
50	182FCN	Cochaba	Tapacari	Challa	721660	8051961	01364/DN/DN/051	-26	MODERADO
51	183FCN	Cochaba	Tapacari	Challa	721386	8052200	01364/DN/DN/050	-26	MODERADO

En la tabla anterior se muestran los valores de la evaluación de IIA aplicado a las FCN, la mayoría de los valores (88 %) indican que las estás FCN no estarían generando un alto impacto en el ambiente actualmente.

De estas 51 FCN se eligió uno para ser verificado y/o validado en campo. La fuente 176FCN se encuentra al Sur de la UH, en cercanías a la localidad de Huari. Se tomó una muestra de agua al Sur de esta FCN, en el río Azanaques. Se aplicó la matriz de jerarquización CMR para evaluar el impacto de estas FCN sobre el ambiente. Los valores de todas las FCN clasificadas y jerarquizadas se muestran en Anexos.

Tabla 54 Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 176FCN de la UH Poopó

No. CMR/ 026		CONTAMINACIÓN DE FUENTES MEDIDAS EN RÍOS (CMR) INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES - SISTEMA HÍDRICO TDPS (Alto Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Salzar de Colpasa y Poopó)											
  													
Ubicación Departamento: Oruro Provincia: Sebastián Pagador Municipio: Santiago de Huari Poblado cercano: Sulcayana Primero Descripción: Depósitos velliformes asociados a plutones fisicos (176FCN)		Zona hidrológica: Poopó Código (UH): 01332 Día.Mes.Año: 01/06/22 Hora: 16:23			Coordenadas (UTM) Este: 747500 Norte: 7899750 Elevación: 4613 m s.n.m.								
Matriz de jerarquización													
N	Criterio de jerarquización	Categorías	Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valor asignado	Valoración (%)	Concentración	Carga (mg/s)	Peso 1	Peso 2	Valor final	
1	Características físico-químicas y carga contaminante.	Básicos 1	pH	<6 - >9	RMCH	5	60	3.55		0.72	1.00	4.2	
			T					5.9					
		Básicos 2	CE	>1500 µS/cm	VRHR	3		389.4		0.25	0.25	0.8	
			OD	<50%		3		99.7		0.75	0.25	1.7	
		Fuentes que demanda oxígeno	Na	>200 mg/L		3		7	904.73	0.25	0.25	0.8	
			Cl	>500 mg/L		3		40	5169.91	0.25	0.25	0.8	
			SO ₄ *	>400 mg/L		3		106	13700.25	0.26	0.25	0.8	
		Fuentes aportantes de sólidos suspendidos	Ssed	>1 mL/L		3		<0.1	6.46	0.25	0.25	0.8	
			Turbidez	>200 (UNT) (seca)		3		2.48		0.25	0.25	0.8	
		Fuentes aportantes de metales (evaporativos)	B	>1 mg/L		5		8.3	1072.76	0.28	1.00	2.8	
LI	>5 mg/L			5	0.05	6.46	0.25	0.25	1.3				
2	Caudal del efuente.	Cuantificación del volumen de la fuente	Q	L/s				129.25					
3	Actividad tóxica (ecotóxica genotóxica)	Fuentes aportantes de metales tóxicos (sensibles a redox)	As	>0.1 mg/L		8		<0.01	0.65	0.25	0.25	2.0	
			Pb	>0.1 mg/L	RMCH	8		0.036	4.65	0.26	0.25	2.0	
			Cd	>0.005 mg/L		8		0.008	1.03	0.26	0.50	2.8	
4	Valoración de importancia ambiental (local y regional).	Importancia del Impacto Ambiental (ALI) y regionalización Importancia del Impacto (CONESSA)	Compatible	<25									
			Moderado	26<50	ALT	20	20			60		12	
			Severo	51<75									
			Crítico	76<100									
5	Impacto económico.	Afectación al sector productivo	Alto			1							
			Medio				0.66	9			0.66	5.94	
			Bajo				0.33						
6	Impacto social.	Habitantes afectados	Alto			1							
			Medio				0.66	9			0.33	2.97	
			Bajo				0.33						
7	Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental (viabilidad técnica y económica).	Instituciones públicas o privadas que trabajan en el tema ambiental del municipio	Sin instituciones			1							
			Al menos una institución				0.66	2			1.00	2.0	
			Más de una institución				0.33						
			COMPATIBLE	<25									
			MODERADO	26<50									
			SEVERO	51<75									
			CRITICO	76<100									
												Valor total: 44	

El depósito natural de la fuente contaminante 176FCN presenta una valoración final de 44 bajo esta evaluación, lo que indica que tiene un impacto moderado sobre el ambiente. Hay diferencia entre los valores de la evaluación IIA y CMR, debido a que esta última considera las mediciones hechas en campo y laboratorio del cuerpo de agua, por lo tanto, tiene mayor sustento en su valoración final.

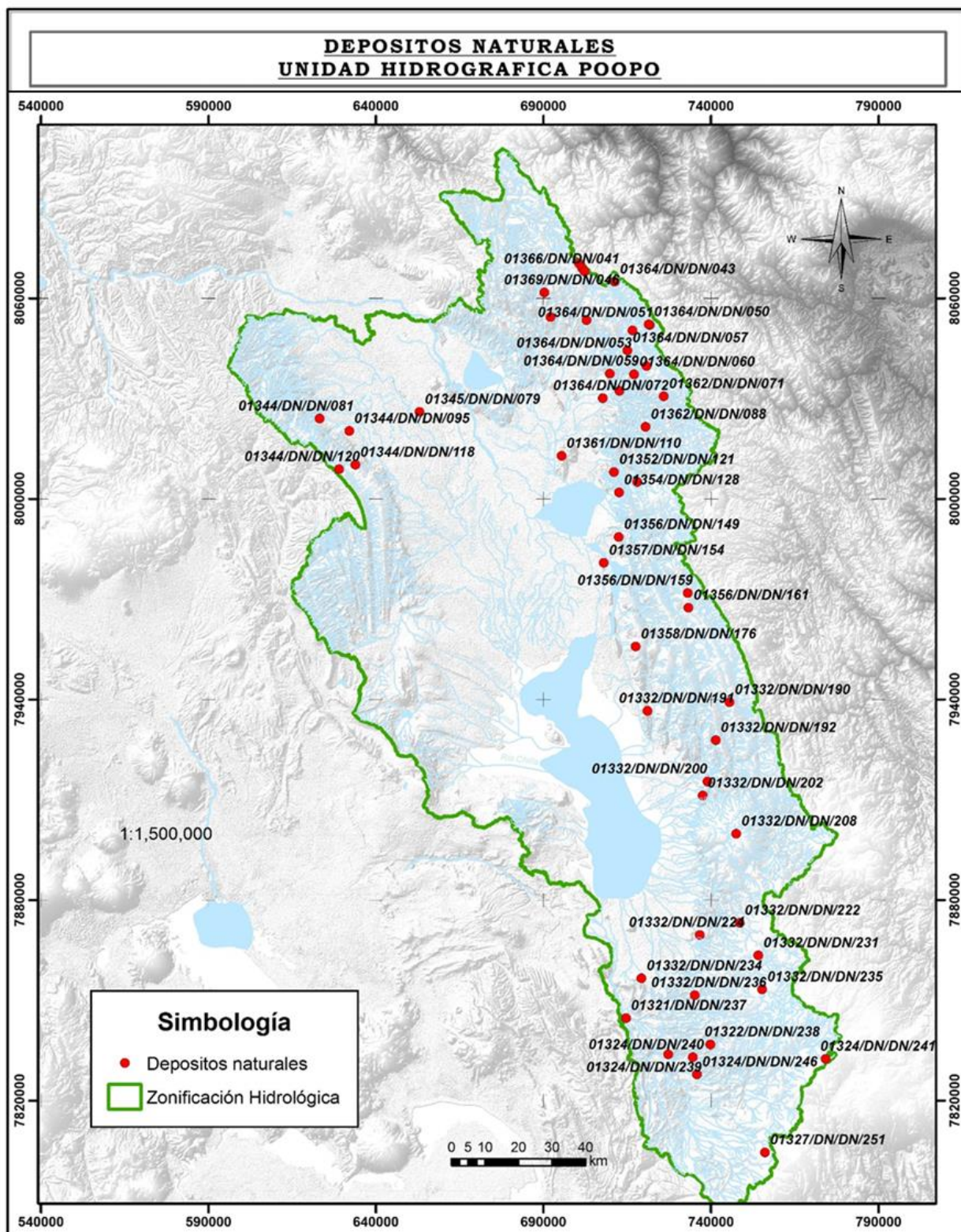


Figura 54 Mapa de ubicación de depósitos naturales en la UH Alto Poopó

17.3 Estadísticas de las Fuentes Contaminantes

En la UH Poopó se identificaron 209 fuentes contaminantes.

Tabla 55 Origen de la fuente contaminante según municipios en la unidad hidrográfica Poopó

Municipio	Aguas residuales	Residuos sólidos	Labores y residuos mineros	Agua natural	Depósito natural	Total
Andamarca (c. sgo. de andam)	1					1
Antequera	2	1	3			6
Caracollo		1	5		4	10
Challapata	1	2	1	6	4	14
Colquiri			2		4	6
El Choro		1	2			3
Huanuni	1	1		1		3
Huayllamarca	2					2
Ichoca			1			1
Machacamarca	1	2	1	2	1	7
Oruro	18	2	7	2	1	30
Pampa aullagas	1	1				2
Paria	1	1	8	8	12	30
Pazna		2	5	10	1	18
Poopo	1	1	5	12	3	22
Quillacas	2					2
Santiago de Andamarca	2					2
Santiago de Huari	2	1		7	5	15
Santiago de Huayllamarca					4	4
Santuario de Quillacas				1	2	3
Tapacari					2	2
Toledo	1	1	1			3
Tomave				1	1	2
Uncia			1	2		3
Uyuni			1		6	7
Villa Huanuni		1	9		1	11
Total	36	18	52	52	51	209

En la UH Poopó, el mayor número de fuentes contaminantes está representado por aguas naturales y labores y residuos mineros con el 25%, mientras que el 24% por depósitos naturales, el 17% por aguas residuales y el 9% por residuos sólidos.

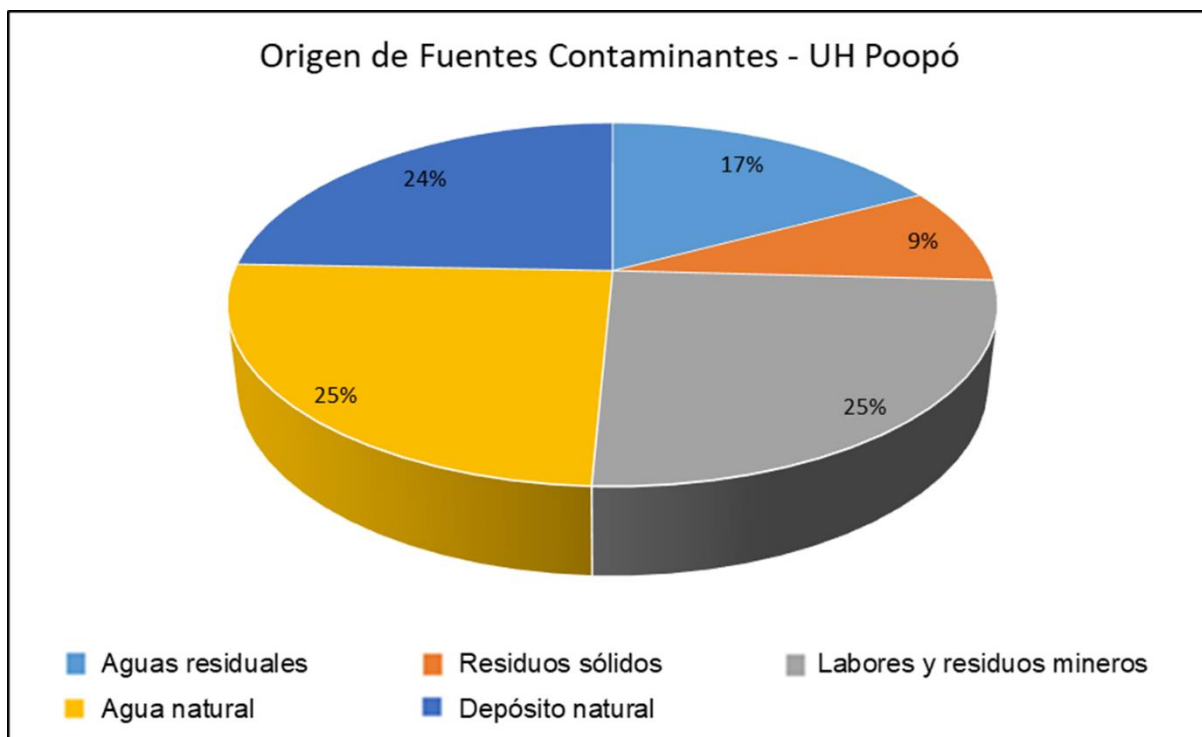


Figura 55 Tipos de fuentes contaminantes en la UH Poopó

18 FUENTES CONTAMINANTES DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA SALAR DE COIPASA

18.1 Fuentes Contaminantes Antrópicas (FCA)

18.1.1 Aguas Residuales Municipales

En esta unidad se han identificado 14 vertimientos de aguas residuales provenientes del alcantarillado sanitario de las poblaciones de Turco, La Rivera, Pampa Aullagas, Huayllamarca, Curahuara de Carangas, Andamarca y Todos Santos, algunas de estas poblaciones cuentan con plantas de tratamiento de agua residual.

Tabla 56 Aguas residuales municipales en la UH Salar de Coipasa

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	161FCA	Oruro	Turco	Turco	586633	7988545	01262/AR/MU/105	-38	MODERADO
2	163FCA	Oruro	La Rivera	La Rivera	538385	7898443	01247/AR/MU/153	-38	MODERADO
3	164FCA	Oruro	Pampa Aullagas	Pampa Aullagas	703513	7876444	01319/AR/MU/158	-38	MODERADO
4	144FCA	Oruro	Huayllamarca (c. stgo. hu	Belen de Choquecota	621741	8009814	01227/AR/DO/086	-34	MODERADO
5	145FCA	Oruro	Choque Cota	Choquecota	616858	7998598	01226/AR/MU/093	-38	MODERADO
6	152FCA	Oruro	Curahuara de Carangas	Sajama	502488	7994728	01289/AR/DO/094	-34	MODERADO
7	147FCA	Oruro	Turco	Turco	585367	7989618	01262/AR/DO/101	-34	MODERADO
8	153FCA	Oruro	Turco	Chachacomani	505632	7970522	01282/AR/DO/118	-34	MODERADO
9	155FCA	Oruro	Belén de Andamarca	Cruz de Huayllamarca	631052	7927406	01223/AR/DO/141	-34	MODERADO
10	156FCA	Oruro	Belén de Andamarca	Calama	639521	7925309	01224/AR/DO/142	-34	MODERADO
11	157FCA	Oruro	Yunguyo del Litoral	Micaya	572466	7915044	01252/AR/DO/144	-34	MODERADO
12	158FCA	Oruro	La Rivera	La Rivera	539539	7905809	01247/AR/DO/149	-34	MODERADO
13	159FCA	Oruro	Todos Santos	Todos Santos	529557	7897495	01249/AR/DO/154	-34	MODERADO
14	160FCA	Oruro	Pampa Aullagas	lchalula	694751	7853148	01316/AR/DO/163	-34	MODERADO

Se aplicó la matriz de jerarquización para la fuente contaminante 161FCA (PTAR Turco) para lo que se analizó la descarga de la planta, resultando un valor de 30 moderado.

Tabla 57 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 161FCA de la UH Salar de Coipasa

PN UD		GIRH TDPS		No. CMR/ 020								
CONTAMINACIÓN DE FUENTES MEDIDAS EN RÍOS (CMR)												
INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES - SISTEMA HÍDRICO TDPS												
(Año Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Salar de Coipasa y Poopó)												
Ubicación			Coordenadas (UTM)									
Departamento: Oruro		Zona hidrográfica: Coipasa		Este: 586633								
Provincia: Sajama		Código (UH): 01262		Norte: 7988545								
Municipio: Turco		Día.Mes.Año: 30/05/22		Elevación: 3879 m s.n.m.								
Poblado cercano: Turco		Hora: 15:20										
Descripción: PTAR Turco (161FCA)												
Matriz de jerarquización												
N	Criterio de jerarquización	Categorías	Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valor asignado	Valoración (%)	Concentración	Carga (mg/s)	Peso 1	Peso 2	Valor final
1	Características físico-químicas y carga contaminante.	Básicos 1	pH	<6 - >9	RMCH	5	60	8.92		0.33	0.25	1.5
			T					12.5				
		Básicos 2	CE	>1500 µS/cm	VRHR	3		679.7		0.25	0.25	0.8
			OD	<50%		3		253.7		0.25	0.25	0.8
		Fuentes aportantes de sales	Na	>200 mg/L		3		55	103.38	0.25	0.25	0.8
			Cl	>500 mg/L		3		51	95.86	0.25	0.25	0.8
			SO ₄ ²⁻	>400 mg/L		3		30	56.39	0.25	0.25	0.8
			Ssed	>1 mL/L	RMCH	3		<0.1	0.09	0.25	0.25	0.8
		Fuentes aportantes de sólidos suspendidos	Turbidez	>200 (UNT) (seca)		3		74.8		0.28	0.25	0.8
			B	>1 mg/L		5		<0.1	0.09	0.25	0.25	1.3
		Fuentes aportantes de metales (evaporativos)	Li	>5 mg/L		5		0.03	0.06	0.25	0.25	1.3
			Q	L/s				1.88				
2	Caudal del efluente.	Cuantificación del volumen de la fuente	As	>0.1 mg/L		8	<0.01	0.01	0.25	0.25	2.0	
			Pb	>0.1 mg/L	RMCH	8	0.1	0.19	0.25	0.25	2.0	
			Cd	>0.005 mg/L		8	0.005	0.01	0.25	0.25	2.0	
3	Actividad tóxica (ecotóxica genotóxica)	Fuentes aportantes de metales tóxicos (sensibles a redox)	Compatible	<25								
			Moderado	26<=50	ALT	20	20			38	7.6	
			Severo	51<=75								
			Crítico	76<=100								
4	Valoración de importancia ambiental (local y regional).	Importancia del Impacto Ambiental (ALI) y regionalización Importancia del Impacto (CONESSA)	Año			1						
			Medio			0.66	9			0.33	2.97	
			Bajo			0.33						
5	Impacto económico.	Afectación al sector productivo	Año			1						
			Medio			0.66	9			0.33	2.97	
			Bajo			0.33						
6	Impacto social.	Habitantes afectados	Año			1						
			Medio			0.66	9			0.33	2.97	
			Bajo			0.33						
7	Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental (viabilidad técnica y económica).	Instituciones públicas o privadas que trabajan en el tema ambiental del municipio	Sin instituciones			1						
			Al menos una institución			0.66	2			0.66	1.3	
			Más de una institución			0.33						
			COMPATIBLE	<25								
			MODERADO	26<=50								
			SEVERO	51<=75								
			CRÍTICO	76<=100								
										Valor total:		30

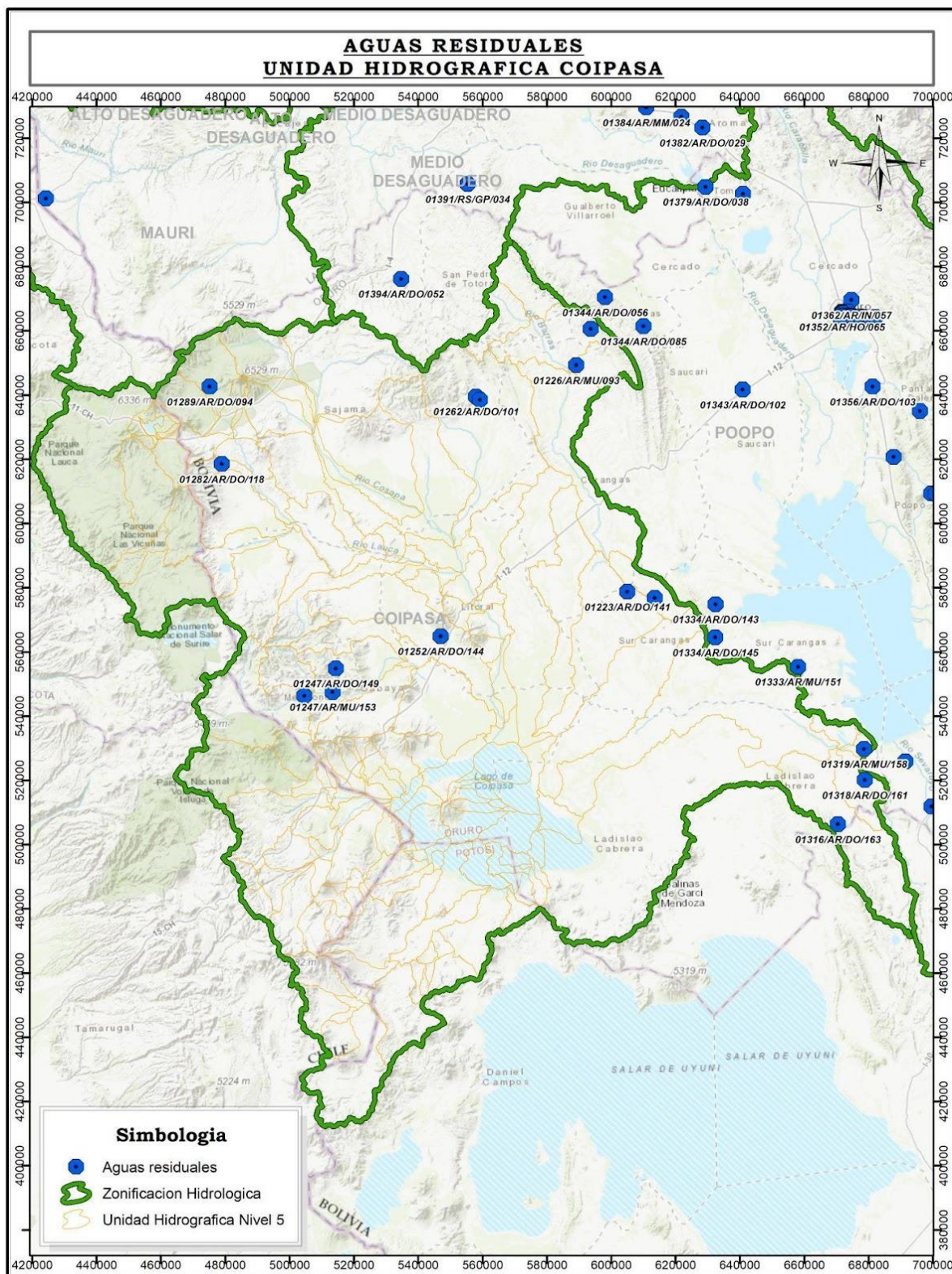


Figura 56 Mapa de ubicación de las aguas residuales municipales en la UH Salar de Coipasa

18.1.2 Residuos Sólidos

En esta UH, se ha identificado al botadero de la población de Sabaya como fuente contaminante de residuos sólidos. En muchos de los municipios no hay un manejo adecuado de residuos sólidos, es por esa razón que los pobladores arrojan sus residuos

en diferentes zonas cercanas a las principales poblaciones o directamente son arrojados a los cauces de los ríos circundantes. En otros casos, los residuos sólidos son incinerados y posteriormente enterrados.

Tabla 58 Residuos sólidos en la UH Salar de Coipasa

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	162FCA	Oruro	Sabaya	Sabaya	565775	7898478	01243/RS/GM/152	-25	COMPATIBLE

Se aplicó la matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 162FCA (Botadero Sabaya) para lo que se analizó el cuerpo de agua cercano a este botadero, resultando un valor de 31 moderado.

Tabla 59 Matriz de jerarquización (CMR) para fuente contaminante 161FCA de la UH Salar de Coipasa

P N UD		GIRHTDPS		No. CMR/ 021									
CONTAMINACION DE FUENTES MEDIDAS EN RIOS (CMR) INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES - SISTEMA HÍDRICO TDPS (Alto Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Salar de Coipasa y Poopó)													
Ubicación													
Departamento: Oruro		Zona hidrológica: Coipasa		Coordenadas (UTM)									
Provincia: Sabaya		Código (UH): 01243		Este: 565775									
Municipio: Sabaya		Día.Mes.Año: 31/05/22		Norte: 7898478									
Poblado cercano: Sabaya		Hora: 9:00		Elevación: 3711 m s.n.m.									
Descripción: Botadero de la población de Sabaya (162FCA)													
Matriz de jerarquización													
N	Criterio de jerarquización	Categorías	Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valor asignado	Valoración (%)	Concentración	Carga (mg/s)	Peso 1	Peso 2	Valor final	
1	Características físico-químicas y carga contaminante.	Básicos 1	pH	<6 - >9	RMCH	5	60	8.66		0.28	0.25	1.3	
			T					24					
		Básicos 2	CE	>1500 µS/cm	VRHR	3		1453		0.26	0.25	0.8	
			OD	<50%		3		105.3		0.73	0.25	1.6	
		Fuentes que demanda oxígeno	Na	>200 mg/L		3		154	6168.46	0.26	0.25	0.8	
			Cl	>500 mg/L		3		187.4	7506.29	0.26	0.25	0.8	
			SO ₄ *	>400 mg/L	RMCH	3		125	5006.86	0.25	0.25	0.8	
		Fuentes aportantes de sólidos suspendidos	Ssed	>1 mL/L		3		<0.1	2.00	0.25	0.25	0.8	
			Turbidez	>200 (UNT) (seca)		3		6.88		0.25	0.25	0.8	
		Fuentes aportantes de metales (evaporativos)	B	>1 mg/L		5		1.7	68.09	0.25	0.50	1.8	
Li	>5 mg/L			5	0.61	24.43	0.26	0.25	1.3				
2	Caudal del efuente.	Cuantificación del volumen de la fuente	Q	L/s			40.05						
3	Actividad tóxica (ecotoxicogenotóxica)	Fuentes aportantes de metales tóxicos (sensibles a redox)	As	>0.1 mg/L		8		<0.01	0.20	0.25	0.25	2.0	
			Pb	>0.1 mg/L	RMCH	8		0.032	1.28	0.25	0.25	2.0	
			Cd	>0.005 mg/L		8		0.014	0.56	0.25	0.75	3.6	
4	Valoración de importancia ambiental (local y regional).	Importancia del Impacto Ambiental (ALI) y regionalización Importancia del Impacto (CONESSA)	Compatible	<25									
			Moderada	26<=50	ALT	20	20				25	5	
			Severo	51<=75									
			Crítico	76<=100									
5	Impacto económico.	Afectación al sector productivo	Alto			1							
			Medio			0.66					0.33	2.97	
			Bajo			0.33		9					
6	Impacto social.	Habitantes afectados	Alto			1							
			Medio			0.66					0.33	2.97	
			Bajo			0.33		9					
7	Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental (viabilidad técnica y económica).	Instituciones públicas o privadas que trabajan en el tema ambiental del municipio	Sin instituciones			1							
			Al menos una institución			0.66					1.00	2.0	
			Más de una institución			0.33		2					
			COMPATIBLE	<25	MODERADO	26<=50	SEVERO	51<=75	CRITICO	76<=100	Valor total:	31	

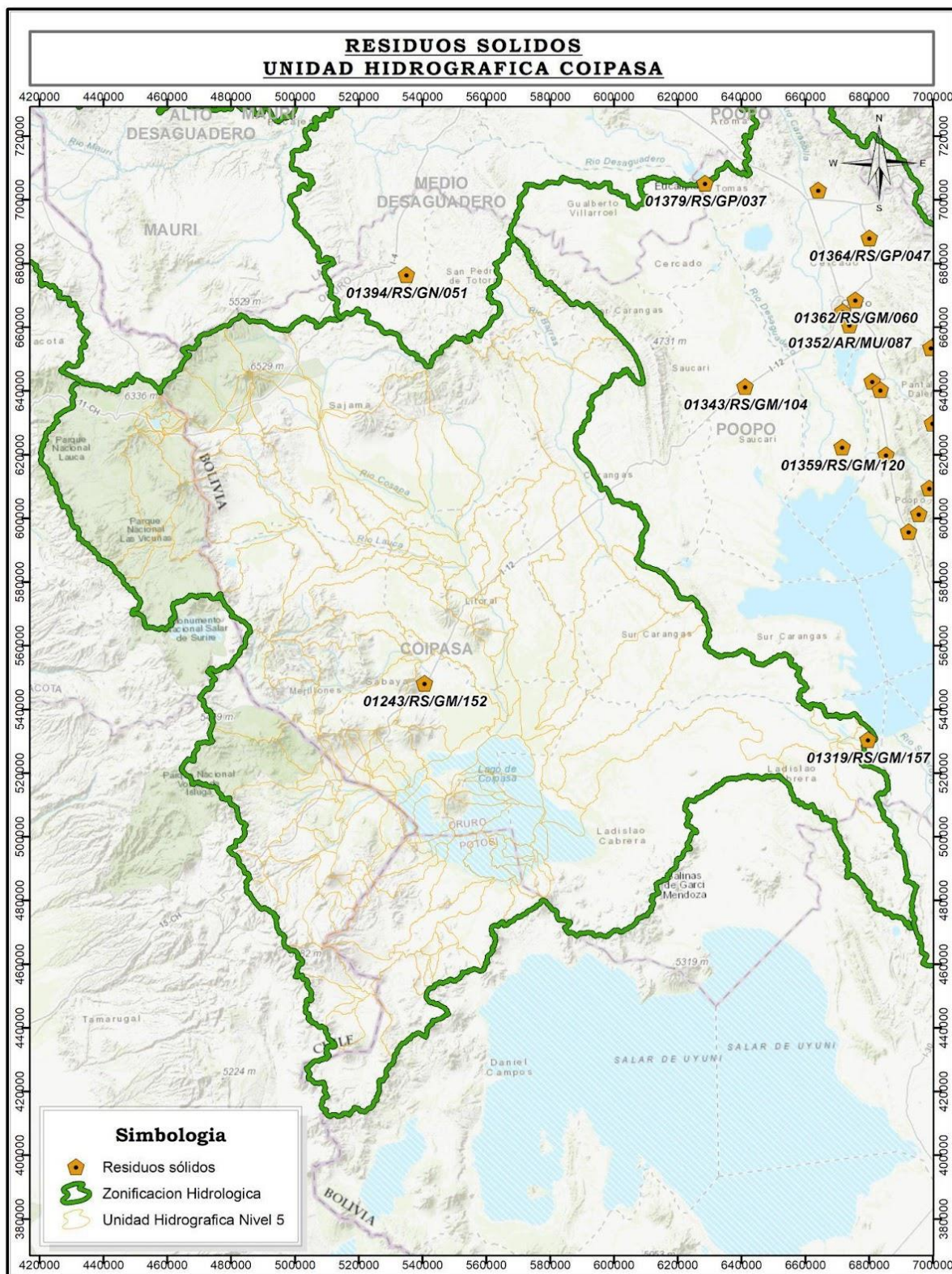


Figura 57 Ubicación de residuo sólidos en la UH Salar de Coipasa

18.1.3 Labores y residuos mineros

En la UH Salar de Coipasa, las labores y residuos mineros se localizan en la parte Norte de la UH, en la zona de Turco. En esta UH se clasificaron 6 FCA que representan a labores y residuos mineros identificados.

Tabla 60 Labores y residuos mineros en la UH Salar de Coipasa

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	146FCA	Oruro	Turco	Condoriri	589320	8001618	01262/LM/ND/090	-21	COMPATIBLE
2	149FCA	Oruro	Turco	Collana	561250	7994400	01263/LM/ND/095	-21	COMPATIBLE
3	150FCA	Oruro	Turco	Pampa Mogachi	550300	7984400	01269/LM/ND/108	-21	COMPATIBLE
4	148FCA	Oruro	Turco	Itizani	598548	7979557	01262/LM/ND/111	-21	COMPATIBLE
5	151FCA	Oruro	Turco	Chachacomani	518250	7975650	01278/LM/ND/116	-21	COMPATIBLE
6	154FCA	Oruro	Turco	Chachacomani	498721	7969708	01282/LM/ND/119	-43	MODERADO

En la tabla anterior se muestra los valores de la IIA aplicado, todos los valores indican que las actividades no estarían generando un alto impacto en el ambiente actualmente a excepción de la fuente 154FCA.

Carangas, La Rivera y Sabaya. En la visita realizada el 30 y 31 de mayo del 2022, se verificó la existencia cursos de aguas naturales en esta región. En esta UH se clasificaron 8 FCN que representan a aguas naturales identificadas en el área.

Tabla 61 Aguas naturales en la UH Salar de Coipasa

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	187FCN	Oruro	Todos Santos	Komjasi	521044	7893630	01249/AN/MT/211	-42	MODERADO
2	188FCN	Oruro	Sabaya	Pacocahua	521074	7921291	01294/AN/MT/195	-42	MODERADO
3	189FCN	Oruro	Cuarahuara de Carangas	Sajama	498232	8000593	01289/AN/MT/130	-42	MODERADO
4	190FCN	Oruro	Cuarahuara de Carangas	Sajama	502340	8000396	01289/AN/MT/131	-42	MODERADO
5	191FCN	Oruro	Cuarahuara de Carangas	Sajama	502402	7999919	01289/AN/MT/132	-42	MODERADO
6	192FCN	Oruro	Cuarahuara de Carangas	Sajama	496852	7999028	01289/AN/MT/134	-42	MODERADO
7	193FCN	Oruro	Cuarahuara de Carangas	Sajama	496898	7998963	01289/AN/MT/135	-42	MODERADO
8	194FCN	Oruro	Cuarahuara de Carangas	Sajama	494707	8000598	01289/AN/MT/129	-42	MODERADO

En la anterior tabla se muestran los valores de la evaluación de la IIA aplicada a las FCN, todas las FCN presentan valores que indican que estas fuentes generan un moderado impacto en el ambiente.

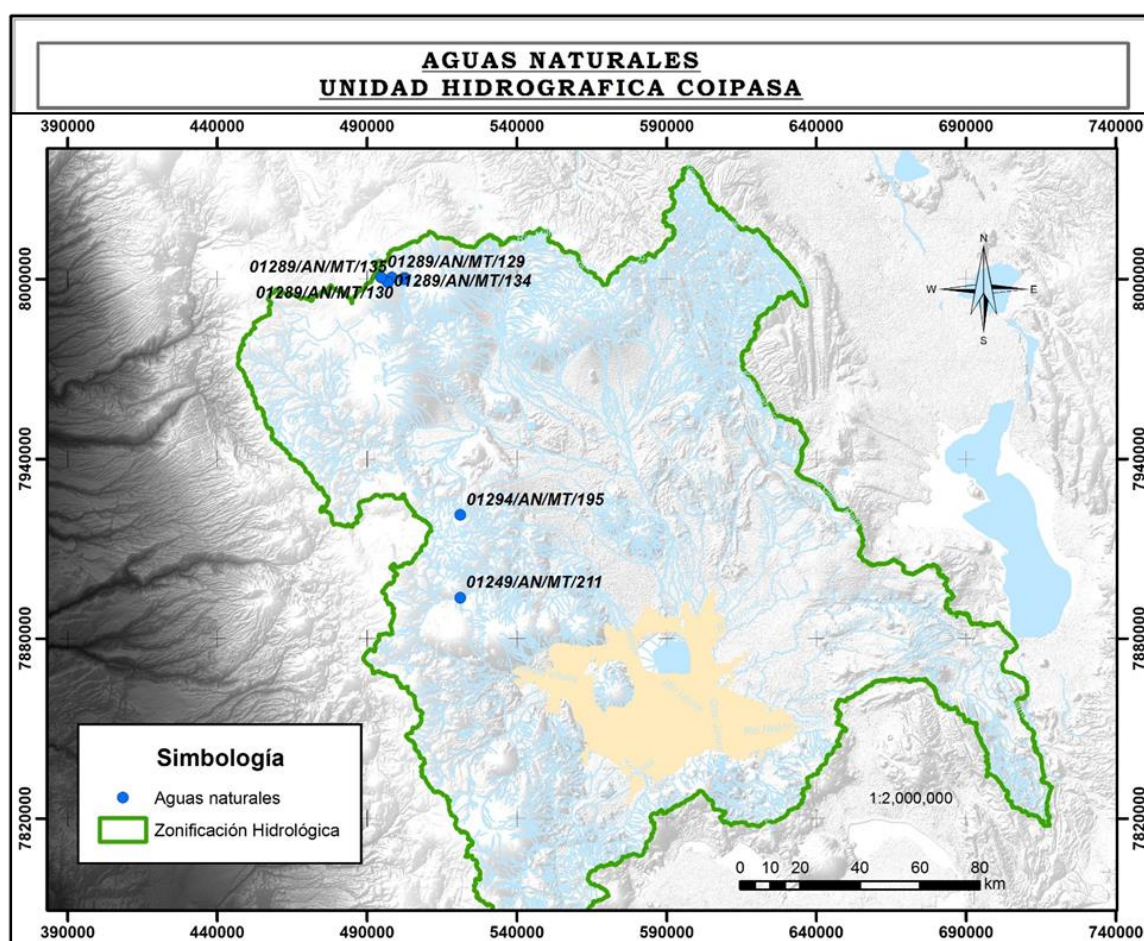


Figura 59 Ubicación de aguas naturales en la UH Salar de Coipasa

18.2.2 Depósitos naturales

En la UH Salar de Coipasa, los depósitos naturales se localizan en la parte central y Norte en las proximidades a las poblaciones de Sajama, Cosapa, Turco, Escara, Todos Santos, Carangas, La Rivera y Sabaya. En la visita realizada el 30 y 31 de mayo del 2022, se verificó la existencia de depósitos naturales en esta región, estos depósitos en el periodo de lluvias podrían generar drenaje superficial disolviendo minerales que llegarían a los cauces de los principales cuerpos de agua cercanos. En esta UH se clasificaron 62 FCN que representan a aguas naturales identificadas en el área.

Tabla 62 Depósitos naturales en la UH Coipasa

N°	CODIGO Interno	UBICACIÓN					CODIGO	IIA	
		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN CERCANA	X	Y		VALOR	DETALLE
1	186FCN	Oruro	Curahuara de Carangas	Taypi Uta Choquemarca	534335	8011441	01269/DN/DN/114	-40	MODERADO
2	195FCN	Oruro	Curahuara de Carangas	Sulka Huta Choquemarca	543049	8004147	01269/DN/DN/127	-40	MODERADO
3	196FCN	Oruro	Curahuara de Carangas	Taypi Uta Choquemarca	540416	8006311	01269/DN/DN/123	-40	MODERADO
4	197FCN	Oruro	Curahuara de Carangas	Sulka Huta Choquemarca	542335	8011634	01269/DN/DN/113	-40	MODERADO
5	198FCN	Oruro	Curahuara de Carangas	Sulka Huta Choquemarca	539436	8011098	01269/DN/DN/117	-40	MODERADO
6	199FCN	La Paz	Curahuara de Carangas	Sulka Huta Choquemarca	538693	8013883	01269/DN/DN/106	-40	MODERADO
7	200FCN	Oruro	Curahuara de Carangas	Taypi Uta Choquemarca	537022	8011275	01269/DN/DN/115	-40	MODERADO
8	201FCN	La Paz	Curahuara de Carangas	Taypi Uta Choquemarca	536083	8011867	01269/DN/DN/112	-40	MODERADO
9	202FCN	Oruro	Curahuara de Carangas	Taypi Uta Choquemarca	537962	8005080	01269/DN/DN/125	-40	MODERADO
10	203FCN	Oruro	Curahuara de Carangas	Taypi Uta Choquemarca	528843	8013306	01269/DN/DN/109	-40	MODERADO
11	204FCN	Oruro	Turco	Collana	557323	7994591	01263/DN/DN/143	-40	MODERADO
12	205FCN	Oruro	Turco	Collana	551257	7983901	01264/DN/DN/151	-40	MODERADO
13	206FCN	Oruro	Turco	Cosapa	541551	7993145	01269/DN/DN/144	-40	MODERADO
14	207FCN	Oruro	Turco	Cosapa	540380	7991425	01269/DN/DN/146	-40	MODERADO
15	208FCN	Oruro	Turco	Sulca Jilanaca	524872	7982365	01266/DN/DN/153	-40	MODERADO
16	209FCN	Oruro	Turco	Sulca Jilanaca	523900	7979375	01266/DN/DN/156	-40	MODERADO
17	210FCN	Oruro	Turco	Sulca Jilanaca	525532	7979452	01266/DN/DN/155	-40	MODERADO
18	211FCN	Oruro	Curahuara de Carangas	Sajama	512700	7997433	01266/DN/DN/136	-40	MODERADO
19	212FCN	Oruro	Curahuara de Carangas	Sajama	509429	7996606	01289/DN/DN/139	-40	MODERADO
20	213FCN	Oruro	Curahuara de Carangas	Sajama	506049	7996964	01289/DN/DN/137	-40	MODERADO
21	214FCN	Oruro	Curahuara de Carangas	Sajama	507043	7995214	01289/DN/DN/140	-40	MODERADO
22	215FCN	Oruro	Curahuara de Carangas	Sajama	504000	7996799	01289/DN/DN/138	-40	MODERADO
23	216FCN	Oruro	Curahuara de Carangas	Sajama	505155	7994636	01289/DN/DN/142	-40	MODERADO
24	217FCN	Oruro	Curahuara de Carangas	Papel Pampa	484926	7991783	01288/DN/DN/145	-40	MODERADO
25	218FCN	Oruro	Curahuara de Carangas	Tambo Quemado	493236	7983416	01284/DN/DN/152	-40	MODERADO
26	219FCN	Oruro	Turco	Tambo Quemado	495828	7974025	0106/DN/DN/158	-40	MODERADO
27	220FCN	Oruro	Turco	Chachacomani	494816	7970407	01282/DN/DN/160	-40	MODERADO
28	221FCN	Oruro	Turco	Chachacomani	494966	7967407	01282/DN/DN/162	-40	MODERADO
29	222FCN	Oruro	Turco	Chachacomani	495030	7963501	01295/DN/DN/175	-40	MODERADO
30	223FCN	Oruro	Turco	Chachacomani	519740	7975210	01278/DN/DN/157	-40	MODERADO
31	224FCN	Oruro	Sabaya	Sacabaya	526538	7942355	01293/DN/DN/186	-40	MODERADO
32	225FCN	Oruro	Sabaya	Sacabaya	526126	7940382	01293/DN/DN/189	-40	MODERADO
33	226FCN	Oruro	Huachacalla	Florida	573885	7920678	01252/DN/DN/196	-40	MODERADO
34	227FCN	Oruro	Escara	Caipana	581637	7915974	01255/DN/DN/197	-40	MODERADO
35	228FCN	Oruro	Sabaya	Pacocahua	509310	7911162	01249/DN/DN/201	-40	MODERADO
36	229FCN	Potosi	Sabaya	Parajaya	503463	7905118	01249/DN/DN/206	-40	MODERADO
37	230FCN	Oruro	Todos Santos	Parajaya	517765	7898442	01249/DN/DN/209	-40	MODERADO
38	231FCN	Oruro	Sabaya	Konjasi	531685	7883147	01188/DN/DN/217	-40	MODERADO
39	232FCN	Oruro	Sabaya	Pagador	550328	7884317	01162/DN/DN/215	-40	MODERADO
40	233FCN	Oruro	Sabaya	Cahuana	556486	7887046	01162/DN/DN/213	-40	MODERADO
41	234FCN	Oruro	Sabaya	Villa Rosario	561327	7884523	01242/DN/DN/214	-40	MODERADO
42	235FCN	Oruro	Salinas de Garci Mendoz	Lupuyo	652778	7868888	01312/DN/DN/225	-40	MODERADO
43	236FCN	Oruro	Coipasa	Coipasa	577171	7867511	01216/DN/DN/229	-40	MODERADO
44	237FCN	Oruro	Coipasa	Coipasa	575511	7867761	01218/DN/DN/226	-40	MODERADO
45	238FCN	Oruro	Coipasa	Coipasa	575527	7866221	01216/DN/DN/230	-40	MODERADO
46	239FCN	Oruro	Coipasa	Allituma	572082	7862937	01212/DN/DN/232	-40	MODERADO
47	240FCN	Oruro	Salinas de Garci Mendoz	Viroxa	621850	7826078	01312/DN/DN/247	-40	MODERADO
48	241FCN	Oruro	Salinas de Garci Mendoz	Isbaya Caruta	613570	7828490	01312/DN/DN/245	-40	MODERADO
49	242FCN	Oruro	Salinas de Garci Mendoz	Tres Cruces	601664	7830163	01312/DN/DN/243	-40	MODERADO
50	243FCN	Potosi	Llica	Hizo	570876	7830109	01151/DN/DN/244	-40	MODERADO
51	244FCN	Potosi	Llica	Liviscota	554313	7831041	01152/DN/DN/242	-40	MODERADO
52	245FCN	Potosi	Llica	Vilasaca	550325	7805864	01142/DN/DN/250	-40	MODERADO
53	246FCN	Potosi	Llica	Challacollo	568314	7818630	01125/DN/DN/249	-40	MODERADO
54	247FCN	Potosi	Llica	Playa Verde	531847	7776527	01149/DN/DN/254	-40	MODERADO
55	248FCN	Potosi	Llica	Playa Verde	541291	7765501	01149/DN/DN/255	-40	MODERADO
56	249FCN	Oruro	Turco	Mitma	594250	7999500	01262/DN/DN/133	-17	COMPATIBLE
57	250FCN	Oruro	Sabaya	Pagador	541000	7884100	01168/DN/DN/216	-21	COMPATIBLE
58	251FCN	Oruro	La Rivera	Konjasi	532000	7890550	01247/DN/DN/212	-21	COMPATIBLE
59	252FCN	Oruro	Carangas	Carangas	539150	7905850	01247/DN/DN/204	-21	COMPATIBLE
60	253FCN	Oruro	Todos Santos	Todos Santos	529550	7897950	01249/DN/DN/210	-21	COMPATIBLE
61	254FCN	Oruro	Salinas de Garci Mendoz	Iranuta	625750	7821250	01312/DN/DN/248	-21	COMPATIBLE
62	255FCN	Potosi	Llica	Vilasaca	551700	7798650	01142/DN/DN/253	-21	COMPATIBLE

En la anterior tabla se muestran los valores de la evaluación de IIA aplicado a las FCN, la mayoría de los valores (88 %) indican que las estas FCN están generando un impacto moderado en el ambiente actualmente.

De estas 62 FCN se eligieron 5 para ser verificadas y/o validadas en campo. Las fuentes seleccionadas fueron 216FCN, 207FCN, 252FCN, 253FCN y 227FCN. La fuente 216FCN se encuentra al Norte de la UH, en cercanías a la localidad de Sajama. Se tomaron 5 muestras de agua en los cuerpos de agua cercanos a estas FCN. Se aplicó la matriz de jerarquización CMR para evaluar el impacto de estas FCN sobre el ambiente. Los valores de todas las FCN clasificadas y jerarquizadas se muestran en Anexos.

Tabla 63 Matriz de jerarquización (CMR) para la fuente contaminante 216FCN de la UH Salar de Coipasa

CONTAMINACIÓN DE FUENTES MEDIDAS EN RÍOS (CMR) INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES - SISTEMA HÍDRICO TDPS (Alto Desaguadero, Medio Desaguadero, Mauri, Salar de Coipasa y Poopó)														
Ubicación														
Departamento: Oruro			Zona hidrológica: Coipasa			Coordenadas (UTM)								
Provincia: Sajama			Código (UH): 01289			Este: 505155								
Municipio: Curahuara de Carangas			Día/Mes/Año: 30/05/22			Norte: 7994636								
Poblado cercano: Lagunas Sajama			Hora: 8:50			Elevación: 4536 m s.n.m.								
Descripción: Centro Volcánico (216FCN)														
Matriz de jerarquización														
N	Criterio de jerarquización	Categorías	Parámetro	Límite Crítico	Fuente	Valor asignado	Valoración (%)	Concentración	Carga (mg/s)	Peso 1	Peso 2	Valor final		
1	Características físico-químicas y carga contaminante.	Básicos 1	pH	<6 - >9	RMCH	5	60	7.91		0.25	0.25	1.3		
			T					6.8						
		Básicos 2	CE	>1500 µS/cm	VRHR	3		1270		0.25	0.25	0.8		
			OD	<50%		3		101.7		0.74	0.25	1.6		
		Fuentes que demanda oxígeno	Na	>200 mg/L		3		151	303249.17	0.79	0.25	1.7		
			Cl ⁻	>500 mg/L		3		137	275133.36	0.45	0.25	1.2		
			SO ₄ ²⁻	>400 mg/L		3		136	273125.08	0.49	0.25	1.2		
		Fuentes aportantes de sales	RMCH			3								
			Ssed	>1 mL/L		3		<0.1	100.41	0.25	0.25	0.8		
			Turbidez	>200 (UNT) (seca)		3		3.35		0.25	0.25	0.8		
Fuentes aportantes de metales (evaporativos)	B	>1 mg/L		5	<0.1	100.41	0.25	0.25	1.3					
	Li	>5 mg/L		5	0.82	1646.78	0.98	0.25	3.4					
2	Caudal del efluente.	Cuantificación del volumen de la fuente	Q	L/s				2008.27						
3	Actividad tóxica (ecotóxica genotóxica)	Fuentes aportantes de metales tóxicos (sensibles a redox)	As	>0.1 mg/L		8	<0.01	10.04	0.26	0.25	2.0			
			Pb	>0.1 mg/L	RMCH	8	0.036	72.30	0.33	0.25	2.4			
			Cd	>0.005 mg/L		8	0.015	30.12	0.41	0.75	4.4			
4	Valoración de importancia ambiental (local y regional).	Importancia del Impacto Ambiental (ALI) y regionalización Importancia del Impacto (CONESSA)	Compatible	<25										
			Moderado	26<=50	ALT	20	20			40	8			
			Severo	51<=75										
			Crítico	76<=100										
5	Impacto económico.	Afectación al sector productivo	Alto			1								
			Medio				0.66							
			Bajo				0.33			0.66	5.94			
6	Impacto social.	Habitantes afectados	Alto			1								
			Medio				0.66							
			Bajo				0.33			0.33	2.97			
7	Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental (viabilidad técnica y económica).	Instituciones públicas o privadas que trabajan en el tema ambiental del municipio	Sin instituciones			1								
			Al menos una institución				0.66							
			Más de una institución				0.33			0.66	1.3			
			COMPATIBLE <25	MODERADO 26<=50	SEVERO 51<=75	CRÍTICO 76<=100	Valor total:	41						

El depósito natural de la fuente contaminante 216FCN presenta una valoración final de 41 bajo esta evaluación, lo que indica que tiene un impacto moderado sobre el ambiente. Ambas evaluaciones IIA y CMR, tienen valoraciones similares para esta FCN.

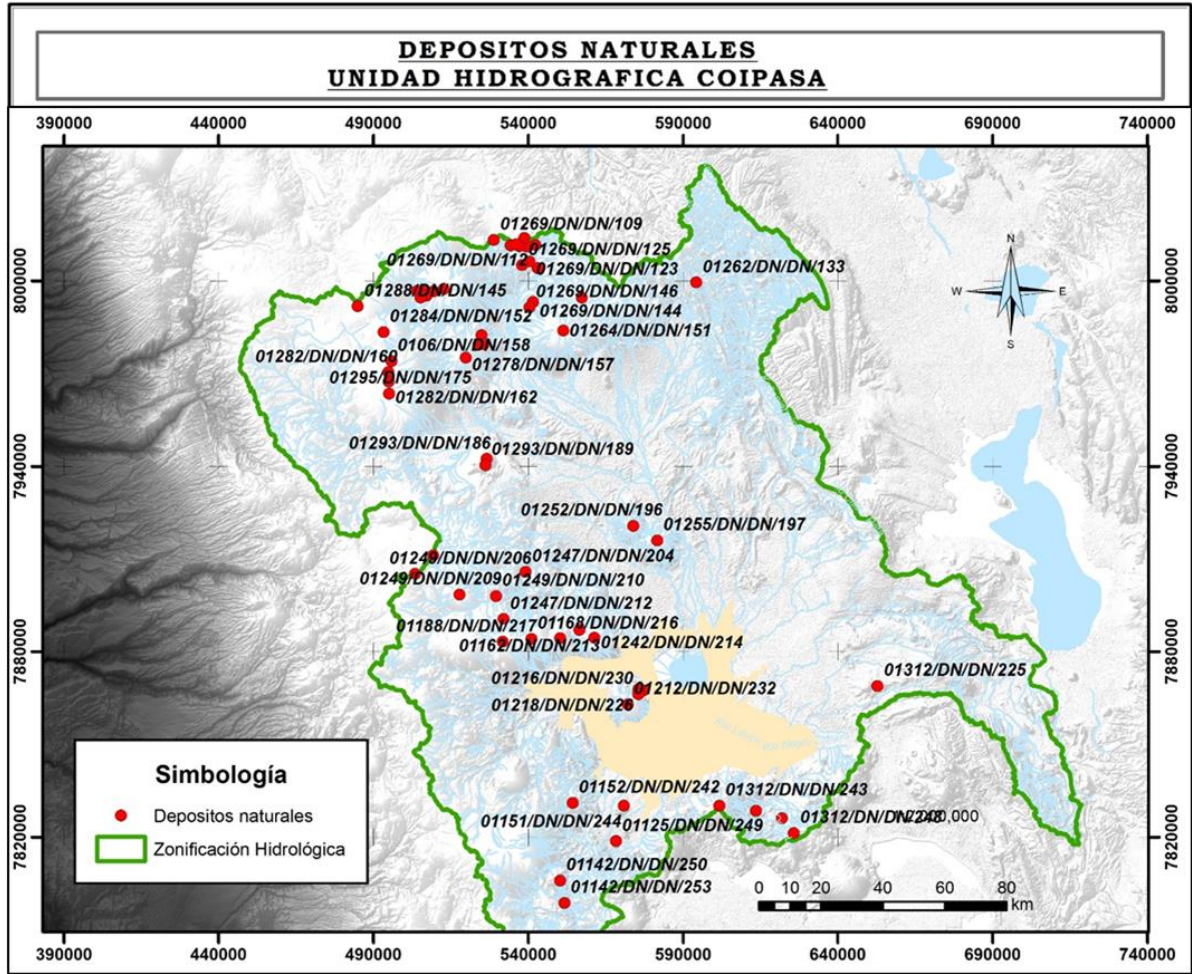


Figura 60 Ubicación de depósitos naturales en la UH Salar de Coipasa

18.3 Estadísticas de las Fuentes Contaminantes

En la UH Salar de Coipasa se identificaron 91 fuentes contaminantes.

Tabla 64 Origen de la fuente contaminante según municipios en la unidad hidrográfica Salar de Coipasa

Municipio	Aguas residuales	Residuos sólidos	Labores y residuos mineros	Agua natural	Depósito natural	Total
Belén de Andamarca	2					2
Carangas					1	1
Choque Cota	1					1
Coipasa					4	4
Curahuara de Carangas	1			6	18	25
Escara					1	1
Huachacalla					1	1
Huayllamarca (c. stgo. huaylla)	1					1
La Rivera	2				1	3
Llica					7	7
Pampa Aullagas	2					2
Sabaya		1		1	9	11
Salinas de Garci Mendoza					5	5
Todos Santos	1			1	2	4
Turco	3		6		13	22
Yunguyo del Litoral	1					1
Total	14	1	6	8	62	91

En la UH Salar de Coipasa, el mayor número de fuentes contaminantes está representado por depósitos naturales con el 68%, mientras que el 15% por aguas residuales, el 9% por aguas naturales, el 7% por labores y residuos mineros y el 1% por residuos sólidos.

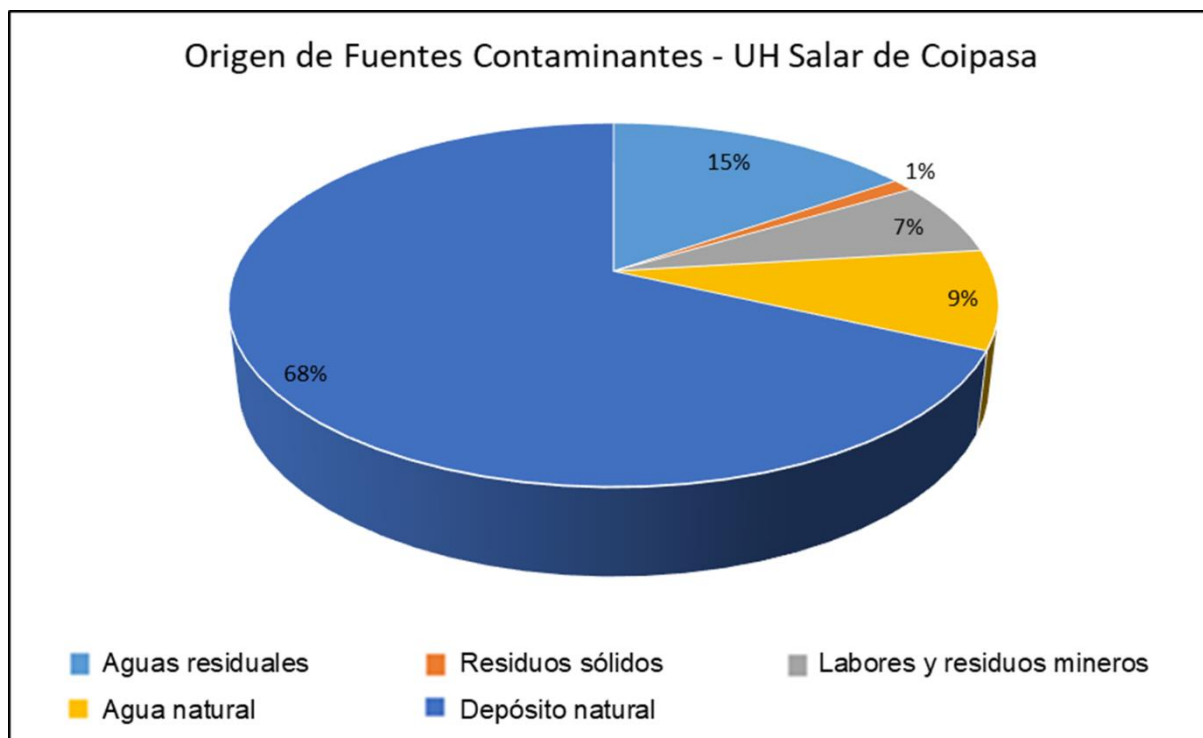


Figura 61 Origen de fuente contaminante por tipo, en la UH Salar de Coipasa.

19 CLASIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS

19.1 Metodología para el Inventario de Pasivos Ambientales Mineros

El inventario de pasivos ambientales mineros, fue desarrollado bajo un procedimiento metodológico de 4 etapas de trabajo, en el mismo se contempla el trabajo de gabinete y campo; la siguiente figura presenta la consecución de las principales actividades contenidas en las etapas de trabajo.

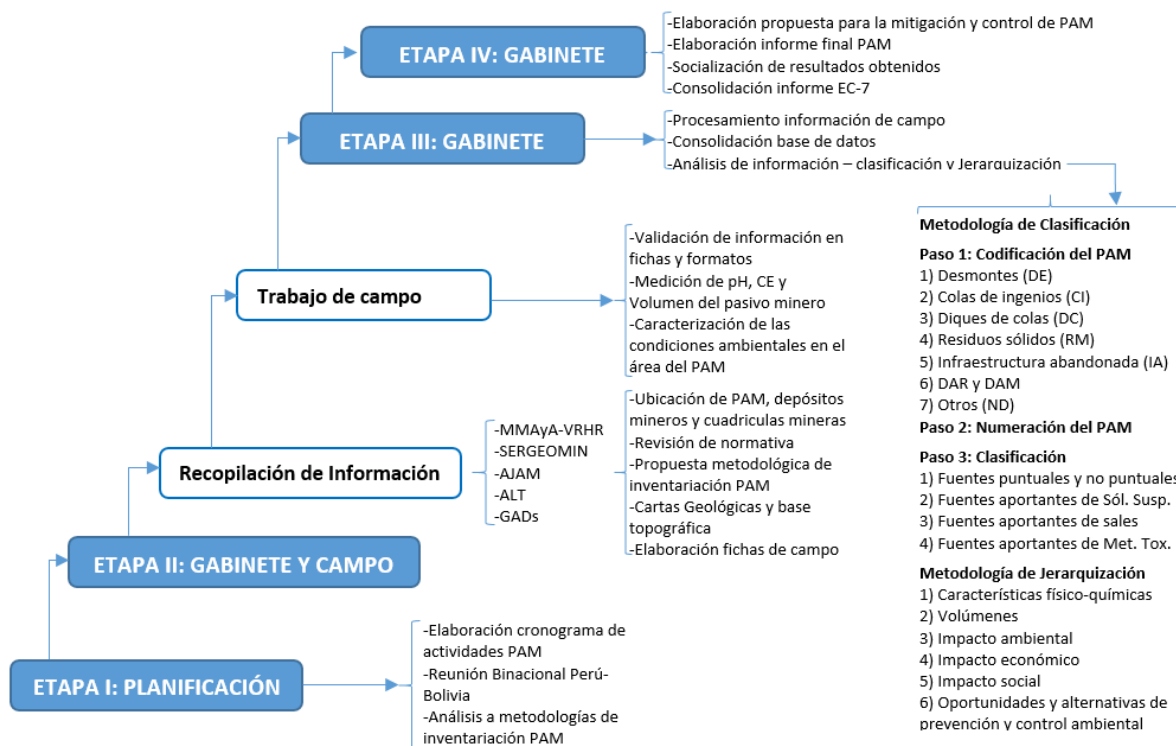


Figura 62 Flujoograma del Procedimiento Metodológico - PAM

19.2 Fuentes de Información

La etapa de recopilación de información, identifica como principal fuente de información al documento proporcionado por el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego, en el cual se identifica 1124 pasivos mineros y con información obtenida de otros estudios realizados en la temática, se logra consolidar e identificar un total de 1142 pasivos ambientales mineros.

Las características y/o campos registrados en la tabla de atributos del archivo proporcionado por el VRHR, tiene información técnica limitada, en el siguiente cuadro se resume los atributos de los 1142 pasivos ambientales mineros identificados en el área de estudio, a partir del cual se definió el trabajo de validación de campo.

Tabla 65 Datos registrados en la información del MMAyA

N°	Dato Registrado	Características del Dato Registrado
1	Departamento	Ubicación política del pasivo minero

2	Provincia	Ubicación política del pasivo minero
3	Municipio	Ubicación política del pasivo minero
4	Comunidad	Ubicación política del pasivo minero
5	Datum	Los 1124 pasivos mineros tienen proyección WGS84
6	Zona	Los 1124 pasivos mineros se encuentran en la zona 19
7	Este	WGS 84
8	Norte	WGS 84
9	Tipo de Pasivo	Dato descriptivo geológico: desmontes, colas, depósitos

19.3 Brechas y Vacíos de Información

El mapeo de instituciones clave, ha identificado 4 instituciones clave, en la siguiente tabla se realiza el análisis sobre el contenido que registran los estudios desarrollados y su grado de utilidad.

Tabla 66 Brechas y Vacíos de Información

Institución	Estudio/Proyecto	Año	Formato	Brechas de Inf	Vacíos de Información
SERGEOMIN	Atlas Inventario de Pasivos Ambientales Mineros	2005	PDF	Información no disponible	Registra información técnica valiosa en la temática
	Atlas Inventario de Pasivos Ambientales Mineros	2006	Editable geoespacial	Información no disponible	Registra información técnica valiosa en la temática
MMAyA	Proyecto Sistema de Agua Subterránea de Bolivia	2007	Editable geoespacial	Información disponible y proporcionada	Registra información técnica limitada
	Inventario de Pasivos ambientales mineros	2021	Editable geoespacial	Información disponible y proporcionada	Registra información técnica limitada
AJAM	Registro de áreas mineras	2021	Editable geoespacial	Información no disponible	Registra información técnica limitada
ALT	Inventario de Recursos Hídricos y Fuentes Contaminantes en la Cuenca Lago Titicaca Bolivia	2021	PDF	Información disponible y proporcionada	Registra información técnica valiosa en la temática

19.4 Metodología de Clasificación

La metodología de clasificación, considera criterios técnicos de los estudios previos y definiciones establecidas en los términos de referencia del presente estudio; la clasificación se realiza bajo la siguiente secuencia de pasos:

a) Paso 1: Tipo del Pasivo Ambiental Minero

Los términos de referencia del presente servicio, define 7 tipos de pasivos ambientales mineros y para fines de codificación del pasivo minero, se añade un símbolo al cual representa cada tipo de pasivo ambiental minero.

Tabla 67 Tipo del Pasivo Ambiental Minero

N°	Tipo de PAM	Símbolo
1	Desmontes	DE

2	Colas abandonadas procedentes de ingenios	CI
3	Dique de colas abandonadas	DC
4	Residuos sólidos mineros	RM
5	Infraestructura productiva abandonada	IA
6	Drenajes ácidos de roca y de mina	DyD
7	Otros (no determinado)	ND

b) Paso 2: Numeración del Pasivo Ambiental Minero

- **Código Unidad Hidrográfica Pfasterter**, este código proporciona información sobre la ubicación del Pasivo Ambiental Minero en la Unidad Hidrográfica.
- **Tipo de Pasivo Ambiental Minero**, identificado mediante un símbolo que representa a los 7 tipos de Pasivos Ambientales Mineros.
- **N° correlativo**, la identificación inicia de manera secuencial desde la parte alta hacia la parte baja de la unidad hidrográfica.

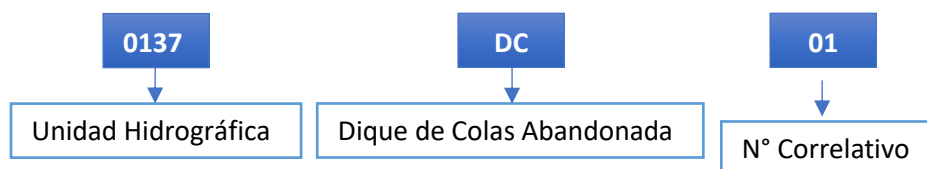


Figura 63 Codificación del Pasivo Ambiental Minero

c) Paso 3: Clasificación

Para la clasificación de los pasivos ambientales mineros, se definen 5 categorías; donde las categorías 2 al 5 tienen parámetros físico químicos a ser evaluados de las muestras de agua próximas a los pasivos mineros y posteriormente estos parámetros son clasificados de acuerdo a los límites máximos admisibles establecidos del RMCH, Cuadro A-1 cuerpos receptores. Son considerados valores anómalos, aquellos parámetros que exceden el límite de la D.

Tabla 68 Matriz de Clasificación del Pasivo Ambiental Minero

N°	Categorías	Parámetros	Limites Permisible
1	Fuentes Puntuales y no Puntuales	Puntual	1
		No Puntual	2
2	Parámetros Básicos	pH	Rango de 6 a 9
		Conductividad eléctrica	<1.500 µs/cm
		Temperatura	+/-3°C. receptor
3	Fuentes Aportantes de Sólidos Suspendidos	Sólidos sedimentarios	< 100 mg/l
		Turbidez	< 200 UNT
4	Fuentes Aportantes de Sales	Boro	< 1 mg/l
		Sodio	< 200 mg/l
		Cloruros	< 500 mg/l
		Sulfatos	< 400 mg/l
		Litio	< 5 mg/l
5	Fuentes Aportantes de Metales Tóxicos	Arsénico	< 0,1 mg/l
		Plomo	< 0,1 mg/l
		Cadmio	< 0,005 mg/l

19.5 Metodología de Jerarquización

La metodología define 6 grupos para la jerarquización de los pasivos ambientales mineros; a cada grupo se establece criterios a ser evaluados seguido de un valor numérico a ser asignado.

Tabla 69 Matriz de Criterios de Jerarquización

N°	Criterios	Elementos	Valor del Criterio	
1	Características físico-químicas	Fuentes Aportantes de Sólidos Sedimentarios-turbidez	0	No exceden parámetros
			1	Excede 1 parámetro
			2	Exceden 2 parámetros o más
		Fuentes Aportantes de Sales	0	No exceden parámetros
			1	Excede 1 parámetro
			2	Exceden 2 parámetros o más
Fuentes Aportantes de Metales Tóxicos	0	No exceden parámetros		
	1	Excede 1 parámetro		
2	Volúmenes	Volumen (altura x ancho x largo)	1	Pequeño
			2	Mediano
			3	Grande
3	Impacto ambiental	Importancia del Impacto Ambiental (ALT)	<25	Compatible
			26≥<50	Moderado
			51≥<75	Severo
			76≥<100	Crítico
4	Impacto económico	Afectación al Sector Productivo	1	Moderado
			2	Severo
			3	Crítico
5	Impacto social	Habitantes Afectados	1	Moderado
			2	Severo
			3	Crítico
6	Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental (viabilidad técnica y económica)	El municipio tiene en su estructura organizativa un área ambiental	0	No tiene
			1	Tiene

- Características físico-químicas:** Son los parámetros medidos en campo y laboratorio que se encuentran por encima de los límites permisibles según normativa nacional para la clase D; Se asigna el valor mínimo (1), cuando excede solo un parámetro, valor máximo (2) cuando excede más de un parámetro.
- Volúmenes:** En base a imágenes satelitales de alta definición y los datos del trabajo de campo, se procedió a calcular el volumen aproximado del pasivo minero, priorizando en el cálculo los diques de cola y desmontes con alta actividad de explotación. El pasivo de mayor volumen observado en el área de estudio, tiene el máximo valor máximo (3), el pasivo de menor volumen observado, tiene el valor mínimo (1) y el pasivo entre el volumen máximo y el mínimo, tiene el valor (2).



Paso 1: Identificación del Pasivo ambiental minero Centro minero Huanuni **Paso 2:** Digitalización del área del pasivo y medición de la altura, ancho y largo

Figura 64 Identificación y Calculo del Volumen del Pasivo

- Impacto Ambiental:** Este grupo es evaluado en base a la metodología desarrollada por la ALT, "Inventariación de Recursos Hídricos y Fuentes Contaminantes en la Cuenca del Lago Titicaca"; la importancia del impacto ambiental incluye la valoración de sub criterios detallados en la siguiente tabla:

Tabla 70 Subcriterios para Valorar la Importancia del Impacto Ambiental (ALT)

INTENSIDAD	EXTENCIÓN	MOMENTO	RECUPERABILIDAD	REVERSIBILIDAD	IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
Baja (1)	Puntual (1)	Largo plazo (1)	Inmediato (1)	Corto plazo (1)	0	
Media (2)	Local (2)	Mediano plazo (2)	Recuperable (2)	Mediano plazo (2)		<25 COMPATIBLE
Alta (4)	Extenso (4)	Corto plazo (4)	Mitigable (4)	Largo plazo (3)		26≥<50 MODERADO
Muy Alta (8)	Total (8)	Inmediato (8)	Irrecuperable (8)	Irreversible (4)		51≥<75 SEVERO
PERSISTENCIA	SINERGIA	PERIODICIDAD	ACUMULACIÓN	EFECTO	76≥<100 CRÍTICO	
Fugaz (1)	Sin Sinergismo (1)	Irregular (1)	Simple (1)	Directo (1)		
Temporal (2)	Sinérgico (2)	Periódico (2)	Acumulativo (4)	Indirecto (4)		
Permanente (4)	Muy Sinérgico (4)	Continuo (4)	NATURALEZA (+/-) = -			

- Impacto Económico:** Se valora el grado afectación al sector productivo en zonas cercanas al pasivo minero; se considera el uso de las aguas que fluyen por el pasivo hacia las partes bajas de la cuenca.
- Impacto Social:** Se valora el número de habitantes afectados en la unidad hidrográfica donde se ubica el pasivo ambiental minero (microcuenca) y/o conflictos sociales por temas de contaminación minera.

- **Oportunidades y alternativas de prevención y control ambiental:** Identifica y/o registra, si el municipio donde se ubica el pasivo ambiental minero, tiene en su estructura organizativa, un área y/o personal responsable en temas ambientales y por intermedio de esta instancia municipal, se exija el cumplimiento de la normativa ambiental y la gestión de recursos económicos ante instancias públicas y privadas.

19.6 Ubicación de los Pasivos Ambientales Mineros

La información sistematizada, fue consolidada en una tabla Excel y en el siguiente cuadro, se detalla la distribución geoespacial por unidad hidrográfica.

Tabla 71 Ubicación de Pasivos Mineros por unidad hidrográfica

N°	Unidad Hidrográfica	Pasivos Mineros Identificados
1	Alto Desaguadero	50
2	Medio Desaguadero	53
3	Mauri	13
4	Poopó	1006
5	Coipasa	20
TOTAL		1142

En base a los datos geográficos de los pasivos ambientales mineros, se elabora el mapa de distribución geoespacial de los 1142 pasivos mineros.

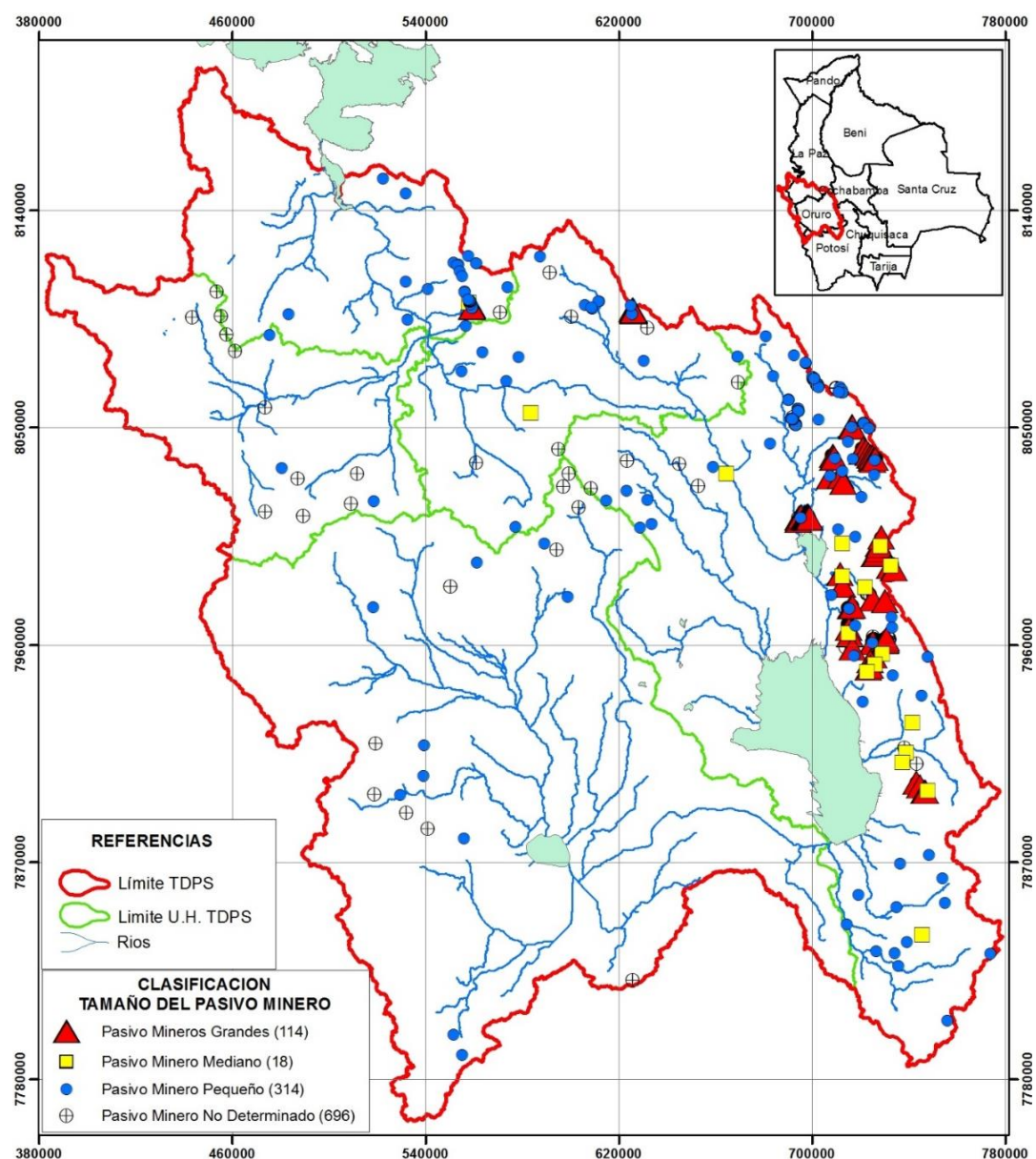


Figura 65 Ubicación de los pasivos ambientales mineros

19.7 Validación en Terreno de los Pasivos Ambientales Mineros

El procesamiento, depuración y sistematización de la información recopilada, inicialmente define la validación en campo de los siguientes 30 pasivos ambientales mineros:

Tabla 72 Numeración del Pasivo Ambiental Minero

N°	Código	Unidad Hidrográfica	Nombre del PAM	Coordenada	
				Este	Norte
1	0156-DAR-01	Alto Desaguadero	María Elena	531825	8147250
2	0156-ND-02	Alto Desaguadero	Elena Victoria	531800	8110600
3	0156-ND-03	Alto Desaguadero	Anaconda	554100	8115021
4	0156-ND-04	Alto Desaguadero	Cumpucu	540959	8107626
5	0156-DAR-05	Alto Desaguadero	Coro Coro Abajo	559056	8100042

6	014-ND-06	Mauri	Las Vegas	473500	8058600
7	014-ND-07	Mauri	Berenguela	475300	8088600
8	014-ND-08	Mauri	Mantos Negros	518600	8019700
9	0139-ND-09	Medio Desaguadero	Veta Verde	563600	8081400
10	0139-ND-10	Medio Desaguadero	San Miguel	573500	8069500
11	0139-ND-11	Medio Desaguadero	Chacarilla	583500	8056000
12	0139-ND-12	Medio Desaguadero	Viscachani Arriba	611700	8102377
13	0139-ND-13	Medio Desaguadero	Pacuani	625656	8097126
14	0137-ND-14	Poopó	La Joya	659015	8034000
15	0137-DAR-15	Poopó	Alto Colquiri	697440	8076964
16	0137-DAR-16	Poopó	S/N	702672	8067050
17	0137-DE-17	Poopó	Yanacachi I	708533	8038361
18	0137-CI-18	Poopó	San José de Ito	696819	8013072
19	0137-CI-19	Poopó	Japo	726552	7997921
20	0137-CI-20	Poopó	Santa Fe Morococala	732616	7992777
21	0137-CI-21	Poopó	Huanuni Nuevo	726500	7976970
22	0137-ND-22	Poopó	Bolívar Antequera	728950	7956050
23	0137-CI-23	Poopó	María Teresa	746554	7899306
24	0137-ND-24	Coipasa	Azurita	589300	8002050
25	0131-ND-25	Coipasa	Cuprita	598900	7980150
26	0137-ND-26	Coipasa	Turaquiri	561250	7994400
27	0137-ND-27	Coipasa	Wara Wara	550300	7984400
28	0137-ND-28	Coipasa	Negrillos	539400	7918580
29	0137-ND-29	Coipasa	Carangas	539150	7905850
30	0137-ND-30	Coipasa	Todos Santos	529550	7897950

19.8 Procesamiento y Geoespacialización de la Información de Campo

La información obtenida en terreno se encuentra en las fichas de campo B, las mismas fueron diseñadas para el inventario de pasivos ambientales mineros. En gabinete los datos son procesados y almacenados en las fichas formato Excel. La siguiente tabla resume los datos obtenidos en campo.

Tabla 73 Datos de Campo de la Validación del Pasivo Ambiental Minero

Código PAM	Depto.	Municipio	Unidad Hidrológica	Este	Norte	Elevación	Tamaño	Fecha
0153-ND-01	La Paz	Jesus de M.	Alto Desaguadero	531825	8147250	4093	Pequeño	24/05/22
0151-DE-02	La Paz	Caquiaviri	Alto Desaguadero	531650	8110398	3871	Pequeño	27/05/22
0151-DC-03	La Paz	Coro Coro	Alto Desaguadero	554075	8114996	4066	Mediano	27/05/22
0151-ND-04	La Paz	Coro Coro	Alto Desaguadero	540959	8107626	3905	Pequeño	27/05/22
0151-DC-05	La Paz	Coro Coro	Alto Desaguadero	559136	8099269	3968	Grande	27/05/22
0145-ND-06	La Paz	Charaña	Mauri	473500	8058600	4047	Pequeño	26/05/22
0143-DE-07 ^a	La Paz	Santiago de M.	Mauri	477150	8086594	4449	Pequeño	26/05/22
0144-ND-07B	La Paz	Catacora	Mauri	453600	8106600	4556	Pequeño	26/05/22
0143-DC-07C	La Paz	Santiago de M.	Mauri	476655	8089196	4075	Pequeño	26/05/22
0142-ND-08	La Paz	Calacoto	Mauri	519113	8019172	4205	Pequeño	29/05/22
0139-DE-09	La Paz	S. de Callapa	Medio Desaguadero	562411	8081527	3963	Mediano	27/05/22
0139-ND-10	La Paz	S. de Callapa	Medio Desaguadero	573624	8069269	3794	Pequeño	27/05/22
0139-DC-11	La Paz	Chacarilla	Medio Desaguadero	594178	8055378	3850	Mediano	29/05/22

0138-DC-12	La Paz	Patacamaya	Medio Desaguadero	611645	8102019	3852	Pequeño	28/05/22
0138-DE-13	La Paz	Patacamaya	Medio Desaguadero	625755	8098078	4492	Grande	28/05/22
0134-DC-14 ^a	Oruro	Caracollo	Poopó	658469	8033213	3725	Grande	06/06/22
0134-DC-14B	Oruro	Caracollo	Poopó	662417	8031123	3783	Grande	06/06/22
0136-DE-15	La Paz	Colquiri	Poopó	697440	8076964	4366	Pequeño	05/06/22
0136-DyD-16	La Paz	Colquiri	Poopó	702200	8067650	4226	Pequeño	05/06/22
0136-DE-17	Oruro	Paria	Poopó	708627	8038115	3813	Pequeño	05/06/22
0136-DC-18 ^a	Oruro	Oruro	Poopó	696622	8013595	3735	Grande	06/06/22
0136-DC-18B	Oruro	Oruro	Poopó	694956	8011555	3798	Grande	06/06/22
0135-DC-19	Oruro	Villa Huanuni	Poopó	727956	8000967	4484	Mediano	04/06/22
0135-DC-20	Oruro	Villa Huanuni	Poopó	732617	7992777	4374	Mediano	04/06/22
0135-DC-21	Oruro	Villa Huanuni	Poopó	728774	7977395	4056	Grande	04/06/22
0133-DC-22 ^a	Oruro	Antequera	Poopó	722174	7948216	3791	Grande	03/06/22
0133-DC-22B	Oruro	Antequera	Poopó	724418	7956970	3946	Mediano	03/06/22
0133-DC-23	Oruro	S. de Huari	Poopó	746632	7899323	4467	Mediano	01/06/22
0135-DC-24	Oruro	Poopó	Poopó	713772	7966531	3736	Mediano	03/06/22
0136-DC-25	La Paz	Colquiri	Poopó	711523	8066324	4250	Pequeño	05/06/22
0136-DE-26	Oruro	Paria	Poopó	713742	8027365	3802	Pequeño	05/06/22
0126-DE-27	Oruro	Turco	Salar de Coipasa	589215	8001706	4101	Pequeño	30/05/22
0126-DE-28	Oruro	Choquecota	Salar de Coipasa	598598	7981870	3852	Pequeño	30/05/22
0126-ND-29	Oruro	Turco	Salar de Coipasa	561250	7994400	4703	Pequeño	30/05/22
0126-ND-30	Oruro	Turco	Salar de Coipasa	550300	7984400	4966	Pequeño	30/05/22
0124-DE-31	Oruro	Sabaya	Salar de Coipasa	539400	7918580	4071	Pequeño	30/05/22
0124-DE-32	Oruro	Carangas	Salar de Coipasa	538911	7905542	3956	Pequeño	31/05/22
0124-DE-33	Oruro	Todos Santos	Salar de Coipasa	529547	7897903	3977	Pequeño	31/05/22

19.9 Clasificación y Análisis de resultados de los Pasivos Ambientales Mineros

En conformidad a la metodología de Clasificación, se elaboran las matrices de clasificación para los 38 pasivos ambientales mineros validados en campo, mismos que son presentados por unidad hidrográfica.

19.9.1 Alto Desaguadero

En la unidad hidrográfica Alto Desaguadero, se han validado 5 pasivos ambientales mineros de un total de 50 identificados en la fase de recopilación de información. Los análisis de las muestras de agua, para los puntos 1 al 4, fueron obtenidos del monitoreo realizado en la gestión 2012 por la Gobernación de La Paz y para el punto 05 la muestra fue obtenida por el profesional en monitoreo de recursos hídricos del EC-7.

Los resultados de laboratorio de la muestra obtenida aguas abajo de las actividades mineras en Coro Coro, sobrepasan al límite máximo admisible para la clase D los parámetros: conductividad eléctrica, Boro, Sodio, Cloruros y Cadmio; siendo este punto donde se reporta las mayores concentraciones en sales.

Los parámetros anómalos como el Sodio y Cloruros de la categoría de fuentes aportantes de sales, se manifiesta en los puntos 0151-DE-02, 0151-ND-04 y 0151-DC-05. Por otro lado, en los puntos 0152-ND-01 y 0151-DC-03, no se ha identificado parámetros anómalos.

Tabla 74 Clasificación Alto Desaguadero

Cat.	Parámetros	Lim. Perm.	0152-ND-01	0151-DE-02	0151-DC-03	0151-ND-04	0151-DC-05
1	Puntual	1	1	1	1	1	
	No Puntual	2					2
2	pH	6 a 9	8,30	8,30	7,60	8,30	7,70
	C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	<1.500	451,00	3.640,00	534,70	3.640,00	5.165,00
	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	+/-3 $^{\circ}$ C.R.			13,80		4,30
3	Sol. Sed. (mg/l)	< 100	0	<1	1	<1	<1
	Turbidez (UNT)	< 200	2,50	0,40	1,30	0,40	4,57
4	Boro (mg/l)	< 1	0,609	0,792	0,792	0,792	5,2
	Sodio (mg/l)	< 200	35,00	468,64	117,00	468,64	1172,00
	Cloruros (mg/l)	< 500	4,53	654,06	111,31	654,06	2038,00
	Sulfato (mg/l)	< 400	42,99	227,13	208,00	227,13	412,00
	Litio (mg/l)	< 5	0,004	0,230	0,050	0,230	0,570
5	Arsénico (mg/l)	< 0,1	0,00164	0,00380	0,00255	0,00380	<0,01
	Plomo (mg/l)	< 0,1	0,0005	0,0032	0,0015	0,0032	0,0230
	Cadmio (mg/l)	< 0,005	<0,00002	0,00020	0,00015	0,00020	0,009

19.9.2 Mauri

En la unidad hidrográfica Mauri, se han validado 5 pasivos ambientales mineros de un total de 13 identificados en la fase de recopilación de información. Los análisis de las muestras de agua, para los puntos 06 y 07B, fueron obtenidos del monitoreo realizado en la gestión 2012 por la Gobernación de La Paz y los puntos 07A, 07C y 08, la muestra fue obtenida por el profesional en monitoreo de recursos hídricos del EC-7.

Los resultados de laboratorio, evidencian que en el punto 07C es el de mayor aporte de contaminantes, reportando valores anómalos en la Conductividad Eléctrica, Boro, Sodio, Cloruros, Arsénico y Cadmio; la muestra fue obtenida aguas debajo de un pequeño dique de colas que en la actualidad se encuentra abandonado y el mismo es erosionado por las condiciones naturales del área.

En los puntos 06, 07A y 08, existen anomalías en determinados parámetros como el B, Cl y As, estos depósitos mineros se encuentran sin actividad y/o sin explotación; por el

contrario, el punto 07B es un depósito minero donde no se reporta parámetros anómalos.

Tabla 75 Clasificación UH Mauri

Cat.	Parámetros	Lim. Perm.	0145-ND-06	0143-DE-07A	0144-ND-07B	0143-DC-07C	0142-ND-08
1	Puntual	1	1	1	1	1	1
	No Puntual	2					
2	pH	6 a 9	6,60	8,50	7,80	8,03	7,29
	C.E. (µS/cm)	<1.500	1.767,00	750,00	780,00	7.927,00	397,90
	Temp. (°C)	+/-3° C.R.		19,00	5,00	18,30	11,10
3	Sol. Sed. (mg/l)	< 100	<1	0,10	<1	0,10	0,10
	Turbidez (UNT)	< 200	4,30	1,50	5,10	2,69	1,87
4	Boro (mg/l)	< 1	4,174	3	0,121	6,5	2
	Sodio (mg/l)	< 200	186,00	385,00	7,41	1304,00	47,60
	Cloruros (mg/l)	< 500	250,69	548,00	2,20	2474,20	80,00
	Sulfato (mg/l)	< 400	170,30	70,00	4,76	114,00	30,00
	Litio (mg/l)	< 5	0,410	0,710	0,006	2,880	0,360
5	Arsénico (mg/l)	< 0,1	0,32200	<0,01	0,00089	1,63000	<0,01
	Plomo (mg/l)	< 0,1	0,0030	0,0030	0,0004	0,0150	0,0140
	Cadmio (mg/l)	< 0,005	0,00020	<0,003	0,00004	0,00600	0,00600

3.15.4.3. Medio Desaguadero

En la unidad hidrográfica Medio Desaguadero, se han validado 5 pasivos ambientales mineros de un total de 53 identificados en la fase de recopilación de información. Los análisis de las muestras de agua, para los puntos 09, 10 y 11, fueron obtenidos del monitoreo realizado en la gestión 2012 por la Gobernación de La Paz y los puntos 12 y 13, la muestra fue obtenida por el profesional en monitoreo de recursos hídricos del EC-7.

Los resultados de laboratorio, evidencian que en el punto 09 es el de mayor aporte de contaminantes, reportando valores anómalos muy altos como la Conductividad Eléctrica, Sodio, Cloruros y el Sulfato; la muestra de agua más cercana se encuentra varios kilómetros aguas debajo de la actividad minera y esta muestra es muy posible que este siendo influenciada por el aporte de sales del salar de Jayuma Llallagua. Las quebradas próximas a la actividad minera, no tienen flujo de agua, por esta razón de opto por comparar con la muestra de agua más cercana recopilada.

En los puntos 10, 11 y 13, existen anomalías en determinados parámetros como la CE, B. Na, Turbidez y Cd; el punto 10 es un depósito minero sin actividad, existe importante actividad minera (Chacarilla) y el 13 son desmontes abandonados de donde fluye drenaje ácido de las bocas minas; por el contrario, el punto 12 (Viscachani) es un dique que colas abandonado, aparentemente no genera impacto sobre la calidad del agua.

Tabla 76 Clasificación UH Desaguadero

Cat.	Parámetros	Lim. Perm.	0139-DE-09	0139-ND-10	0139-DC-11	0138-DC-12	0138-DE-13
1	Puntual	1	1	1		1	
	No Puntual	2			2		2
2	pH	6 a 9	8,80	8,60	8,65	8,11	5,59
	C.E. (µS/cm)	<1.500	22.400,00	1.704,00	1.000,00	503,80	185,90
	Temp. (°C)	+/-3° C.R.				8,20	10,70
3	Sol. Sed. (mg/l)	< 100	<1	0,80	1,00	0,50	0,60
	Turbidez (UNT)	< 200	0,60	69,60	274,00	6,46	7,45
4	Boro (mg/l)	< 1	0,929	2,220	0,853	<0,1	<0,1
	Sodio (mg/l)	< 200	3456,10	267,00	165,00	35,40	10,20
	Cloruros (mg/l)	< 500	5728,30	329,60	224,17	17,50	55,00
	Sulfato (mg/l)	< 400	810,59	260,74	192,35	74,00	62,00
	Litio (mg/l)	< 5	0,200	0,390	0,075	0,030	<0,01
5	Arsénico (mg/l)	< 0,1	0,01650	0,06970	0,01765	<0,01	<0,01
	Plomo (mg/l)	< 0,1	0,0185	0,0024	0,0011	0,0050	0,0330
	Cadmio (mg/l)	< 0,005	0,00250	0,00020	0,00010	<0,003	0,01400

3.15.4.4. Poopó

En la unidad hidrográfica Poopó, se han validado 16 pasivos ambientales mineros de un total de 1006 identificados en la fase de recopilación de información. Los análisis de las muestras de agua cercana a los puntos 14A, 14B, 15, 17, 18A, 18B y 26, fueron obtenidos del monitoreo realizado en la gestión 2008 y 2009 por la Gobernación de Oruro y los puntos 16, 19, 20, 21, 22A, 22B, 23, 24 y 25, la muestra fue obtenida por el profesional en monitoreo de recursos hídricos del EC-7.

La unidad hidrográfica del Poopó, es conocido mundialmente como un área donde existió actividad minera desde la época de la colonia, cuya explotación ha dejado y aun viene dejando muchos pasivos ambientales mineros sin medidas preventivas de contaminación hacia los cuerpos de agua; una mayoría de las muestras de agua, reportan altas concentraciones de aportes en sales y metales pesados, sobre todo en los centros mineros de Huanuni, Poopó, San José, Japo, Santa Fe, Antequera, entre otros. Los resultados de laboratorio, evidencian que los puntos ubicados en Huanuni y Poopó (21 y 24), son los que reportan mayores grados de contaminación.

En los puntos 15 y 17, los resultados de laboratorio no reportan parámetros anómalos, en el primer caso son desmontes aun en actividad que al parecer no está impactando en la calidad del agua y en el segundo caso, es un desmonte abandonado y a sus alrededores no existe un flujo de agua permanente.

Tabla 77 Clasificación UH Poopó

Cat	Parámetros	Lim. Perm.	0134-DC-14A	0134-DC-14B	0136-DE-15	0136-DyD-16	0136-DE-17	0136-DC-18A	0136-DC-18B	0135-DC-19
1	Puntual	1		1	1		1		1	
	No Puntual	2	2			2		2		2
2	pH	6 a 9	7,28	7,28	9,00	7,60	7,65	7,20	8,85	2,87
	C.E. (µS/cm)	<1.500	1.595,00	1.595,00	465,00	2.321,0	486,00	1.655,00	2.057,00	2.596,00
	Temp. (°C)	+/-3° C.R.				10,50			10,90	11,00
3	Sol. Sed. (mg/l)	< 100			0,10	0,83	0,15	0,43	0,43	1,60
	Turbidez (UNT)	< 200	492,00	492,00	14,50	225,00	2,89	1340,00	516,00	1391,00
4	Boro (mg/l)	< 1	1,88	1,88	0,822	<0,1	0,85	0,64	0,64	<0,1
	Sodio (mg/l)	< 200	222,00	222,00	26,40	11,20	10,10	267,50	267,50	15,20
	Cloruros (mg/l)	< 500	368,00	368,00	14,06	17,50	13,09	304,92	304,92	299,00
	Sulfato (mg/l)	< 400	241,56	241,56	55,12	1400,0	58,45	70,79	70,79	1800,00
	Litio (mg/l)	< 5	0,350	0,350	0,016	0,070	0,031	0,274	0,274	0,130
5	Arsénico (mg/l)	< 0,1	0,14200	0,14200	0,00134	0,04000	0,00219	0,08000	0,08000	<0,01
	Plomo (mg/l)	< 0,1	0,01050	0,01050	0,0003	0,0120	0,00056	0,01266	0,01266	0,1500
	Cadmio (mg/l)	< 0,005	0,00020	0,00020	0,00004	<0,003	0,00001	0,00008	0,00008	0,05000

Tabla 78 Clasificación UH Poopó

Cat.	Parámetros	Lim. Perm.	0135-DC-20	0135-DC-21	0133-DC-22A	0133-DC-22B	0133-DC-23	0135-DC-24	0136-DC-25	0136-DE-26
1	Puntual	1								1
	No Puntual	2	2	2	2	2	2	2	2	
2	pH	6 a 9	2,68	3,26	3,30	8,95	3,55	6,29	5,26	8,45
	C.E. (µS/cm)	<1.500	3.120,00	3.392,00	2.486,00	3.774,00	389,40	11.110,00	2.131,00	1.966,00
	Temp. (°C)	+/-3° C.R.	18,40	14,90	10,60	9,90	5,90	14,20	11,00	12,30
3	Sol. Sed. (mg/l)	< 100	0,35	62,00	0,33	400	0,03	9,50	0,28	0,40
	Turbidez (UNT)	< 200	692,00	1989,00	0,69	3,26	2,48	38,50	300,00	1,55
4	Boro (mg/l)	< 1	<0,1	<0,1	1,92	<0,1	8,3	3,4	<0,1	2,74
	Sodio (mg/l)	< 200	26,80	41,80	60,40	151,00	7,00	2220,00	41,80	342,15
	Cloruros (mg/l)	< 500	80,00	87,50	155,00	467,00	40,00	3899,00	45,00	128,90
	Sulfato (mg/l)	< 400	2000,00	2500,00	820,00	580,00	106,00	500,00	2100,00	89,73
	Litio (mg/l)	< 5	0,230	0,330	0,690	1,230	0,050	6,440	0,180	3,226
5	Arsénico (mg/l)	< 0,1	4,90000	0,01000	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02076
	Plomo (mg/l)	< 0,1	0,0250	1,0600	0,0800	0,0800	0,0360	0,1820	0,0160	0,0114
	Cadmio (mg/l)	< 0,005	<0,003	0,41000	0,03350	0,03400	0,00800	0,04000	0,00400	0,00004

3.15.4.5. Coipasa

En la unidad hidrográfica Coipasa, se han validado 7 pasivos ambientales mineros de un total de 20 identificados en la fase de recopilación de información. Los análisis de las muestras de agua 29, 30, 32 y 33, fueron obtenidas por el profesional en monitoreo de recursos hídricos del EC-7; para los puntos 27, 28 y 31, no existe muestras de agua que permitan comparar el impacto de los pasivos mineros. Durante la etapa de campo, en estos puntos solo se midieron parámetros básicos.

Los resultados de laboratorio, evidencian que en los puntos 29, 30 y 32 reporta parámetros anómalos como el boro y el cadmio, en las restantes muestras no existen resultados de laboratorio que nos permitan llegar a la clasificación.

Tabla 79 Clasificación UH Coipasa

Cat.	Parámetros	Lim. Perm.	0126-DE-27	0126-DE-28	0126-ND-29	0126-ND-30	0124-DE-31	0124-DE-32	0124-DE-33
1	Puntual	1	1	1	1	1	1	1	1
	No Puntual	2							
2	pH	6 a 9	8,48	8,19	7,91	7,91	7,89	8,04	8,58
	C.E. (µS/cm)	<1.500	693,20	916,50	773,40	773,40	683,50	745,50	782,10
	Temp. (°C)	+/-3° C.R.	17,70	12,50	6,70	6,70	11,20	13,50	8,20
3	Sol. Sed. (mg/l)	< 100	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
	Turbidez (UNT)	< 200	2,70	7,61	8,98	8,98	17,20	27,20	7,12
4	Boro (mg/l)	< 1	s/d	s/d	23,2	23,2	s/d	2,7	<0,1
	Sodio (mg/l)	< 200	s/d	s/d	77,00	77,00	s/d	109,00	74,80
	Cloruros (mg/l)	< 500	s/d	s/d	65,00	65,00	s/d	113,00	95,00
	Sulfato (mg/l)	< 400	s/d	s/d	67,00	67,00	s/d	58,00	162,00
	Litio (mg/l)	< 5	s/d	s/d	0,380	0,380	s/d	0,490	0,340
5	Arsénico (mg/l)	< 0,1	s/d	s/d	<0,01	<0,01	s/d	<0,01	<0,01
	Plomo (mg/l)	< 0,1	s/d	s/d	0,0140	0,0140	s/d	0,0600	0,0060
	Cadmio (mg/l)	< 0,005	s/d	s/d	0,00520	0,00520	s/d	0,02520	<0,003

19.10 Jerarquización y Análisis de resultados de los Pasivos Ambientales Mineros

En conformidad a la metodología para la Jerarquización, se elaboran las matrices de Jerarquización para los 38 pasivos ambientales mineros validados en campo, mismos que son presentados por unidad hidrográfica.

19.10.1 Alto Desaguadero

El pasivo ambiental minero de mayor importancia por los impactos severos que genera al medio ambiente, son las actividades mineras establecidas en el área de la Población de Coro Coro que históricamente desde la colonia existe esta actividad que a la vez se

constituye como principal fuente de ingreso económico; en el trabajo de campo, se ha observado que las diferentes operaciones mineras están adecuando la disposición final de los residuos mineros conforme lo establece la normativa ambiental en el país.

En el área de Coro Coro (05), se mapearon y estimaron volúmenes para 22 diques de cola, y así también, en el punto 03, se logró estimar el volumen de 2 diques de cola. Los resultados, de los volúmenes estimados se ubican en la base de datos geográfica.

Tabla 80 Jerarquización UH Alto Desaguadero

Criterios		0152-ND-01	0151-DE-02	0151-DC-03	0151-ND-04	0151-DC-05
Características físico-químicas	Sol. Susp.	0	0	0	0	0
	Sales	0	Na-Cl	0	Na-Cl	B-Na-Cl
	Met. Tox.	0	0	0	0	Cd
Volumen		Pequeño	Pequeño	Mediano	Pequeño	Grande
Impacto Ambiental		Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Severo
Impacto Económico		Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Severo
Impacto Social		Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Severo
Oportunidades y Alternativas						

19.10.2 Mauri

El pasivo ambiental minero de mayor importancia se encuentra ubicado al ingreso a la población de Berenguela, se trata de un pequeño dique de colas abandonado y el mismo es erosionado por acción de la lluvia y el viento. En el lugar existió un ingenio minero que en la actualidad se encuentra reducido a chatarra.

Conforme a los resultados de laboratorio, este pasivo ambiental es una fuente aportante de sales y metales tóxicos. Los restantes 4 puntos, tienen un bajo impacto a los recursos hídricos.

Tabla 81 Jerarquización UH Mauri

Criterios		0145-ND-06	0143-DE-07A	0144-ND-07B	0143-DC-07C	0142-ND-08
Características físico-químicas	Sol. Susp.	0	0	0	0	0
	Sales	Boro	B-Cl	0	B-Na-Cl	Boro
	Met. Tox.	Arsénico	0	0	As-Cd	Arsénico
Volumen		Pequeño	Pequeño	Pequeño	Pequeño	Pequeño
Impacto Ambiental		Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Impacto Económico		Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Impacto Social		Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Oportunidades y Alternativas						

19.10.3 Medio Desaguadero

El pasivo ambiental minero de mayor importancia se encuentra ubicado en cabecera de microcuenca, aguas arriba a la comunidad de Sasari, se identificaron y mapearon 5 desmontes pequeños y uno de tamaño grande; la actividad minera se encuentra abandonada y de sus bocas minas fluye drenaje ácido de mina con alto caudal. Aguas debajo de la actividad minera, existe intensa actividad agrícola, los agricultores del área señalan no permitir el reinicio de la explotación por afectar a la calidad del agua que es usada con fines de riego.

Los restantes 4 puntos evaluados, no representan amenaza a la calidad de los recursos hídricos.

Tabla 82 Jerarquización UH Medio Desaguadero

Criterios		0139-DE-09	0139-ND-10	0139-DC-11	0138-DC-12	0138-DE-13
Características físico-químicas	Sol. Susp.	0	0	Turbidez	0	0
	Sales	Na-Cl-SO ₄	B-Na	0	0	0
	Met. Tox.	0	0	0	0	Cd
Volumen		Mediano	Pequeño	Mediano	Pequeño	Grande
Impacto Ambiental		Moderado	Compatible	Moderado	Moderado	Severo
Impacto Económico		Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Impacto Social		Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Oportunidades y Alternativas						

19.10.4 Poopó

En esta unidad hidrográfica, se han mapeado y estimado el volumen de 37 diques de cola, la unidad hidrográfica en su flanco Este, históricamente la minería ha sido la principal actividad económica, los diques mapeados se ubican en los centros mineros como Huanuni, Poopó, San José, Japo, Santa Fe, Antequera, entre otros. Las operaciones mineras recientes, están implementando medidas ambientales para no afectar los cuerpos de agua.

Los centros mineros de Huanuni y Poopó, son los que mayor aporte de sales y metales tóxicos genera a los cuerpos de agua.

Tabla 83 Jerarquización UH Poopó

Criterios		0134-DC-14A	0134-DC-14B	0136-DE-15	0136-DyD-16	0136-DE-17	0136-DC-18A	0136-DC-18B	0135-DC-19
Características físico-químicas	Sol. Sed.	Turbidez	Turbidez	0	Turbidez	0	Turbidez	Turbidez	Turbidez
	Sales	B-Na	B-Na	0	SO ₄	0	Na	Na	SO ₄
	Met. Tox.	As	As	0	0	0	0	0	0
Volumen		Grande	Grande	Pequeño	Pequeño	Pequeño	Grande	Grande	Mediano
Impacto Ambiental		Severo	Compatible	Moderado	Moderado	Compatible	Severo	Moderado	Severo
Impacto Económico		Moderado	Moderado	Moderado	Severo	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado

Impacto Social	Moderado	Moderado	Moderado	Severo	Moderado	Severo	Moderado	Moderado
Oportunidades y Alternativas								

Tabla 84 Jerarquización UH Poopó

Criterios		0135-DC-20	0135-DC-21	0133-DC-22A	0133-DC-22B	0133-DC-23	0135-DC-24	0136-DC-25	0136-DE-26
Características físico-químicas	Sol. Sed.	Turbidez	Turbidez	0	Sol. Sed	0	0	Turbidez	0
	Sales	SO4	SO4	B-SO4	SO4	B	B-Na-Cl-SO4-Li	SO4	B-Na
	Met. Tox.	As	Pb-Cd	Cd	Cd	Cd	Pb-Cd	0	0
Volumen		Mediano	Grande	Grande	Mediano	Mediano	Mediano	Pequeño	Pequeño
Impacto Ambiental		Severo	Severo	Moderado	Moderado	Moderado	Severo	Moderado	Compatible
Impacto Económico		Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Impacto Social		Moderado	Severo	Moderado	Severo	Severo	Moderado	Moderado	Moderado
Oportunidades y Alternativas									

19.10.5 Coipasa

El pasivo ambiental minero de mayor importancia se encuentra ubicado en la cabecera este de la unidad hidrográfica, el pasivo minero de nombre Cuprita punto 28, actualmente la operación minera se encuentra paralizada, siendo poco visible los impactos negativos a los cuerpos de agua.

La unidad hidrográfica Coipasa, la actividad minera es baja escala, por lo tanto, los impactos ambientales por esta actividad son muy bajos.

Tabla 85 Jerarquización UH Coipasa

Criterios		0126-DE-27	0126-DE-28	0126-ND-29	0126-ND-30	0124-DE-31	0124-DE-32	0124-DE-33
Características físico-químicas	Sol. Sed.	0	0	0	0	0	0	0
	Sales	s/d	s/d	B	B	s/d	B	0
	Met. Tox.	s/d	s/d	Cd	Cd	s/d	Cd	0
Volumen		Pequeño	Pequeño	Pequeño	Pequeño	Pequeño	Pequeño	Pequeño
Impacto Ambiental		Compatible	Moderado	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Impacto Económico		Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Impacto Social		Moderado	Severo	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Oportunidades y Alternativas								

Capítulo V: LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS PARA LA MITIGACIÓN Y CONTROL DE FUENTES CONTAMINANTES NATURALES Y ANTRÓPICAS

20 LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS

20.1 Metodología

La metodología adoptada para el planteamiento y planificación de acciones estratégicas, es un proceso cíclico que comprende las siguientes fases:

- ✓ Formulación de planes de largo, mediano y corto plazo.
- ✓ Asignación de recursos.
- ✓ Implementación integral y articulada de los planes.
- ✓ Seguimiento al cumplimiento de las metas, resultados y acciones contenidas en los planes.
- ✓ Evaluación y ajuste de los planes.

El proceso cíclico de la planificación permite articular una dinámica continua que se retroalimenta y perfecciona de forma permanente y sistemática. El proceso de implementación es acompañado de un seguimiento integral a cargo de las Máximas Autoridades Ejecutivas de las Entidades Territoriales Autónomas, en coordinación con las organizaciones sociales y el sector privado de su jurisdicción. La evaluación de los planes se realiza en el marco de una valoración cuantitativa y/o cualitativa, tanto de medio término como a la finalización de los mismos, respecto a las metas, resultados y acciones previstas.

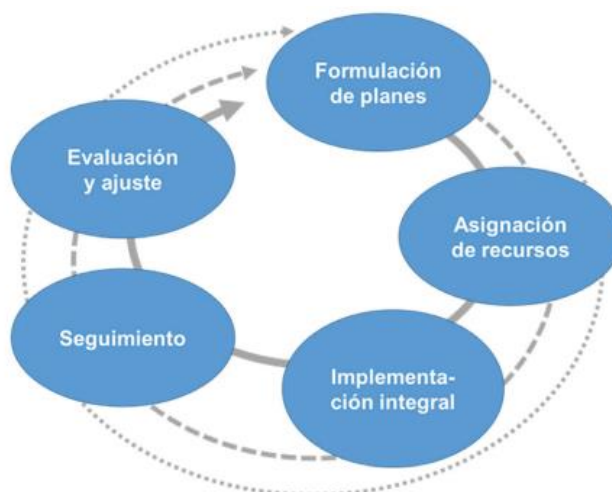


Figura 66 Ciclo de proceso de planificación

Asimismo, el procedimiento para el planteamiento de lineamientos y acciones estratégicas, es el siguiente:

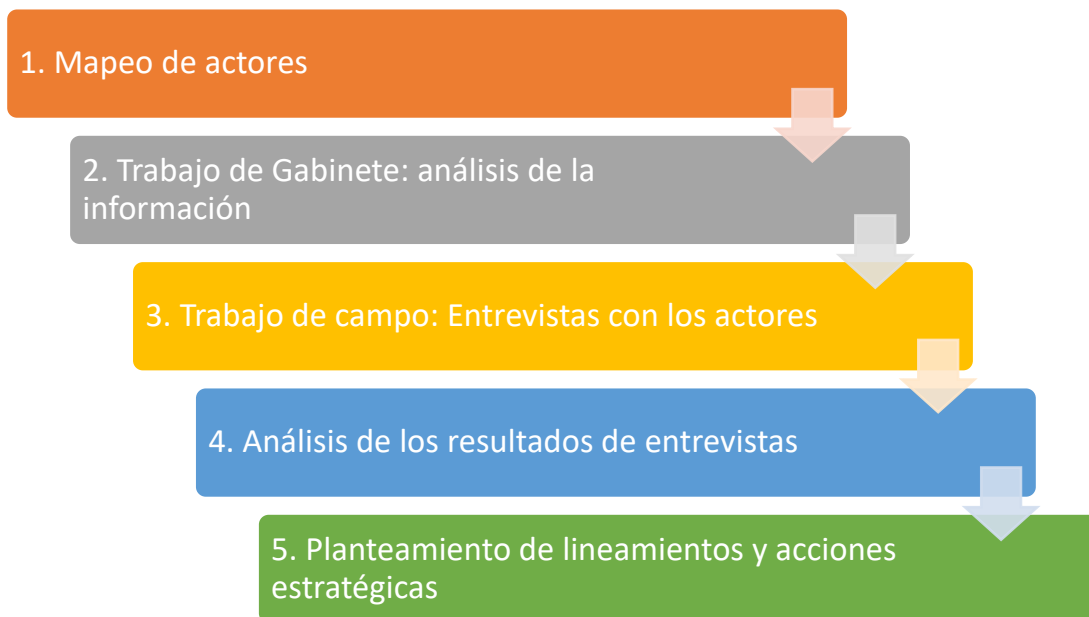


Figura 67 Etapas para el Planteamiento de estrategias

A momento de plantear y definir las acciones de intervención para mitigar los impactos ambientales producidos por fuentes contaminantes, es importante tener en cuenta el principio básico “es mejor prevenir que curar”. En ese mismo sentido, existe una jerarquía para la implementación de las acciones de intervención. De mayor a menor prioridad tenemos: evitar, minimizar y mitigar. Es claramente mejor evitar los impactos ambientales negativos, mediante acciones preventivas, que, desarrollar medidas de mitigación.

Por otra parte, las acciones de intervención deben equilibrar el costo y el beneficio. Una vez identificados los impactos ambientales, es necesario evaluar su importancia.

La naturaleza dinámica de los planes de gestión ambiental y acciones estratégicas, se ilustran en la siguiente figura:

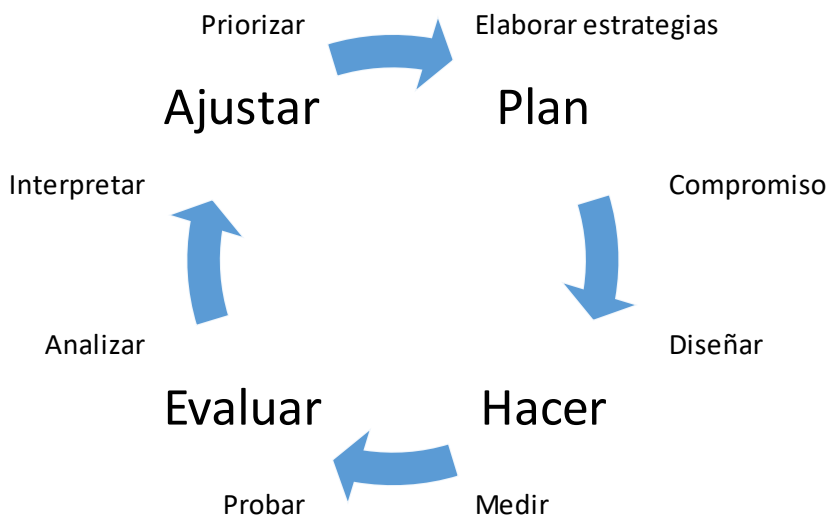


Figura 68 Proceso de Planificación

En este sentido, a continuación se describen cada una de las etapas llevadas a cabo.

20.2 Mapeo de Actores

Con el objetivo de identificar el nivel de involucramiento de las autoridades, organizaciones sociales, unidades productivas y población, se llevó a cabo el mapeo de actores, determinando de forma inicial 34 actores correspondientes a los 3 niveles del Estado, así también se identificaron como actores a los institutos de investigación de las universidades.

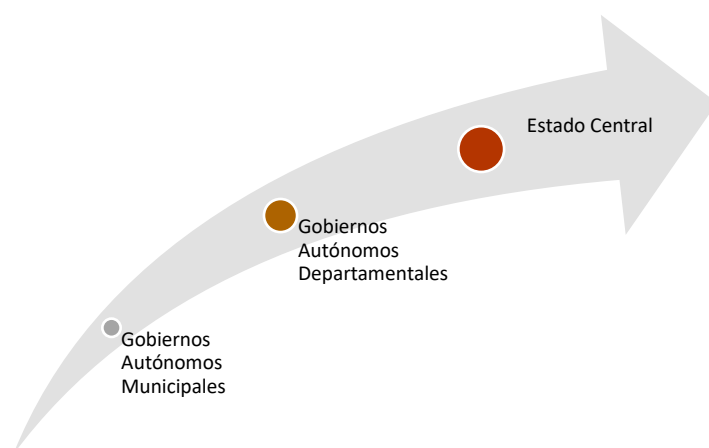


Figura 69 Actores en los niveles del Estado

Una vez realizado el mapeo de actores, se acudió a ellos en primera instancia para recabar la información necesaria para el trabajo de gabinete y posteriormente durante el trabajo de campo se llevaron a cabo reuniones y entrevistas, recabando opiniones y verificando la información analizada en gabinete.

En la parte de Anexos se encuentra la base de datos del mapeo de actores.

20.3 Trabajo de Gabinete y análisis de la información

En primera instancia, se solicitó información a los actores identificados, con el objetivo de contar con información respecto a la calidad de los cuerpos de agua del sistema TDPS y sobre los Pasivos Ambientales Mineros.

De la información recabada se puede establecer lo siguiente:

- La información generada en cada una de las instituciones no se encuentra totalmente sistematizada y ordenada bajo un mismo formato.
- Si bien se cuenta con bases de datos de monitoreo de cuerpos de agua, no se cuenta con un sistema consolidado, puesto que se observa que los parámetros de monitoreo no son siempre los mismos, lo cual impide conocer y analizar plenamente sus variaciones en el transcurso del tiempo.
- La disponibilidad de la información es muy restringida, por lo que la información fue remitida en aproximadamente 30 días, siendo incluso que algunas instituciones no remitieron la información requerida.

20.4 Trabajo de Campo: Entrevistas

Entre fechas 24 de mayo y 07 de junio de 2022, se llevó a cabo el trabajo de campo, durante el cual se realizaron entrevistas a personas clave, autoridades municipales, representantes de instituciones y población.

El trabajo de campo fue realizado como estrategia metodológica para el diagnóstico del estado de situación del territorio en estudio, es así que el principal objetivo del trabajo de campo fue conocer las características físicas, ambientales del territorio.

Así también, las entrevistas fueron empleadas como un método de recolección de datos cualitativos, encaminadas a comprender, observar e interactuar con las personas en su entorno natural, es así que permitieron contar con información primaria sobre la percepción de la población sobre las condiciones de vida, principales problemas y la identificación de las principales fuentes contaminantes en cada una de las Unidades Hídricas que componen el sistema Hídrico TDPS.

Es así que las entrevistas fueron elaboradas con 21 cuestionamientos, siendo los más importantes:

- Identificación de los principales cuerpos de agua
- Calidad y cantidad de agua para consumo
- Usos del agua
- Actividades que se desarrollan en el lugar
- Sitios de disposición final de residuos
- Tratamiento de aguas residuales
- Gestión ambiental municipal
- Principales fuentes de contaminación
- Identificación de necesidades de la población

Se aplicaron dos formatos de entrevistas, una dirigida a personas vinculadas con la gestión ambiental o departamental, y la segunda dirigida a la población en general.

En la parte de anexos se encuentra el formato de ambas entrevistas.

20.4.1 Jesús de Machaca

En el Municipio de Jesús de Machaca se llevaron a cabo entrevistas a personeros del Gobierno Autónomo Municipal y Concejales.

Se identificaron como los principales cuerpos de agua al Río Grande y Río Tumarjita.

Como fuente de aprovisionamiento de agua para consumo humano se identificaron a vertientes y ojos de agua que se encuentran en el cerro más cercano.

Respecto a la calidad, indicaron que, en el área urbana y parte alta, la calidad del agua es buena, sin embargo, señalaron que en la parte baja y área rural, consumen agua de pozo que es agua salada.

Respecto a la cantidad indicaron que, en el área urbana y parte alta, no tienen problemas de abastecimiento, sin embargo, para el área rural y partes bajas, distribuyen el agua con cisternas o de agua pozos.

Como fuente de agua para consumo animal señalaron que hacen uso de "kotañas" que son estructuras construidas con tierra para el almacenamiento de agua de lluvia. Sin

embargo, señalaron que en las partes bajas del municipio la disponibilidad de agua para consumo animal es muy baja, por lo que en época de estiaje los animales solamente pueden consumir agua dos o tres veces por semana, lo cual no es adecuado.

Respecto a la disposición de aguas residuales, indicaron que cuentan con pozos sépticos, siendo que en el área rural no cuentan ni con pozos sépticos.

Respecto a la disposición final de residuos sólidos, indicaron que cada familia o institución realiza la quema de residuos y posterior entierro.

Por otra parte, los entrevistados identificaron como actividad productiva más importante a una empresa artesanal fabricante de quesos, la cual descarga sus aguas residuales en el río Janajahuira, inspeccionado el sitio, se verificó que el mencionado río es receptor de las descargas líquidas de la industria artesanal de quesos.

Finalmente, respecto a la percepción sobre las fuentes de contaminación, los entrevistados identifican a los residuos sólidos dispersos y las aguas residuales como las principales fuentes de contaminación.

20.4.2 Desaguadero

En el municipio Desaguadero se realizaron entrevistas al Secretario General Municipal y al Director de Obras y Desarrollo Productivo.

Se identifica al río Desaguadero como el cuerpo de agua más importante del municipio.

Como fuente de agua para el área urbana identifican a las vertientes de Aceromarka y Quelcata y cada comunidad rural cuenta con diferentes fuentes de agua, generalmente vertientes.

Respecto a la disponibilidad, indican que en época de estiaje es necesario restringir los horarios de consumo.

En la parte urbana es más regular que en la parte rural.

Respecto a las aguas residuales, en el área urbana el 80% cuenta con alcantarillado, en el área rural no cuentan con alcantarillado, por lo tanto, hacen uso de pozos sépticos. Las aguas residuales del alcantarillado son conducidas a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), posteriormente las Aguas Residuales Tratadas (ART) son descargadas en el río Desaguadero.

Respecto a la gestión de residuos, cuentan con un servicio de recolección y botadero municipal, donde se realiza el acopio de residuos, se queman a cielo abierto y finalmente se entierran.

Respecto a las actividades económicas, en la zona cuentan con producción agrícola, lechería, quesos y carnicería. Sin embargo, no cuentan con un matadero municipal, sino que cada carnicero tiene su propio matadero, así también las lecherías y los productores de quesos realizan el vertido de sus aguas al alcantarillado o al suelo, de la misma forma sus residuos son entregados al sistema de recolección municipal.

El municipio no lleva a cabo el monitoreo periódico de cuerpos de agua, la gestión ambiental municipal es percibida como regular, identificando la necesidad de capacitación técnica, personal técnico y presupuesto para llevar a cabo proyectos de importancia ambiental.

En los últimos 10 años se ejecutaron proyectos de agua potable, actualmente se encuentra en proceso el proyecto para una nueva PTAR, proyecto que se lleva a cabo conjuntamente con el MMAyA, Gobierno Autónomo Municipal de Desaguadero y BID.

Respecto a las necesidades, los entrevistados señalan la necesidad de contar con una mayor cobertura de agua potable y alcantarillado, más aún en el área rural. Asimismo, existe la necesidad de contar con un relleno sanitario y un matadero municipal.

20.4.3 Santiago de Machaca

En este municipio se entrevistó al Mallku del Ayllu Chocoroso y al Alcalde Municipal.

Respecto a los cuerpos de agua más importantes señalan al Río Tanca, Río Chocoroso y también a las fuentes subterráneas.

La fuente de agua para consumo humano para el área rural es el Río Tanca y para el área urbana se cuenta con un sistema de distribución y captación de agua de vertientes.

El abastecimiento de agua es normal hasta el mes de julio, posteriormente debe recurrirse al racionamiento, más aún en el área rural, donde se proveen agua por cisternas en la época de estiaje.

Para el riego y consumo animal de agua, se realiza con agua acopiada en la época de lluvias.

En el área urbana cuentan con alcantarillado, sin embargo, el % de cobertura es bajo, cuentan con una PTAR la que funciona desde el año 2007. En el área rural hacen uso de pozos sépticos.

Cuentan con un sistema de recolección de residuos, los cuales son quemados y posteriormente enterrados, de la misma forma realizan esta actividad en cada vivienda.

El municipio no lleva a cabo el monitoreo de cuerpos de agua, la percepción es que no cuentan con una gestión ambiental municipal, por lo que requieren de presupuesto para este fin. El Comité de Agua es la instancia que llevaría a cabo el control de calidad de agua para consumo humano.

Las actividades económicas más importantes del municipio son las ferias comerciales de camélidos principalmente.

En los últimos 10 años se ejecutaron pocos proyectos, uno de los más importantes es la instalación de pozos de agua con energía fotovoltaica.

Los proyectos priorizados por los entrevistados son el relleno sanitario, viveros para la producción agrícola, agua potable para el área rural, riego mecanizado y proyectos productivos como el aprovechamiento de camélidos.

20.4.4 Coro Coro

En el Municipio de Coro Coro se entrevistó al Director de Desarrollo Humano y al Técnico de Desarrollo Productivo, Gestión de Riesgos, Agua y Medio Ambiente.

Se identifica al Río Pontezuelo como el cuerpo de agua más importante, el cual se constituye en la fuente de abastecimiento de agua para consumo humano para el área urbana. En el área rural cuentan con ríos secundarios, ojos de agua y "kotañas".

Para el riego de cultivos y para consumo animal se hace uso de agua de lluvia acopiada en "kotañas".

En la época de estiaje la disponibilidad de agua reduce a la mitad, por lo que se realiza el racionamiento por horas.

En el área urbana cuentan con sistema de alcantarillado, con una cobertura aproximada de 60% de la población. El agua residual domiciliar es transportada hacia una PTAR ubicada en la Comunidad Chijchi, que tiene una antigüedad de 5 años aproximadamente. En el área rural cuentan con letrinas y baños ecológicos.

Respecto a los residuos, cuentan con un sistema municipal de aseo y recolección, los residuos son quemados los días viernes y enterrados en una fosa (antiguo cuadro minero) en el sector Kory Kory.

Las actividades económicas más importantes son la Minera Comibol que extrae Cobre, en el área rural realizan la extracción de estuco y en el área rural Este se realizan actividades de agricultura, quesos y crianza de camélidos.

La mina que se encuentra en Coro Coro descarga sus aguas residuales de mina en sus diques de cola, así también sus residuos son depositados en el dique. El control ambiental de la mina se realiza en coordinación con el responsable ambiental de la empresa minera.

El municipio no lleva a cabo el monitoreo de cuerpos de agua. La gestión ambiental municipal aún se encuentra en sus inicios, por falta de presupuesto y normativa entre otros.

En los últimos 10 años se implementó el proyecto de distribución de agua potable, la cual actualmente no cuenta con un tratamiento de potabilización.

Los proyectos identificados como prioritarios en el municipio son la potabilización de agua para consumo humano, PTAR, relleno sanitario, contenedores de residuos y sensibilización a la población sobre medio ambiente.

20.4.5 Viscachani

Se entrevistó al Sr. Clemente Condori Mollo, agricultor.

El agua para consumo humano proviene de ríos y pozos, extraen agua de 60 m de profundidad.

Cuando llueve arrastra material de pasivos y el agua tiene mal olor. La cantidad de agua ha mejorado este año por la lluvia. El año 2019, 2020 y 2021 tuvieron que hacer más pozos.

En la zona no hay alcantarillado, cuentan con letrinas y pozos sépticos.

El agua del río solo es empleada para el riego de hortalizas.

Los residuos sólidos se queman en cada casa.

En los últimos 10 años se instalaron proyectos de canal de toma de agua para riego, ejecutado con la Gobernación Departamental y el Gobierno Municipal.

20.4.6 Sica Sica

Se entrevistó a la Sra. Adela Helguero Palomeque, Secretaria de Hacienda del Comité de Agua Potable, quien identifica como el cuerpo de agua más importante al Río Sica Sica, así también la vertiente Toma Toma ubicada en la región Mulli Punku.

El agua para consumo humano de la zona urbana es justamente la vertiente Toma Toma, en cambio para consumo animal se emplean las aguas del río Sica Sica, y para el riego se usan las aguas del río Kalicanto.

En el área urbana el abastecimiento de agua para consumo es normal durante todo el año, solamente el año 2021 hubo racionamiento.

Hace un año que las aguas para consumo no son cloradas por falta de reactivos químicos, por lo que la calidad del agua ha disminuido. Por otra parte, la cantidad de agua disminuyó por las nuevas construcciones que se están realizando.

El área urbana cuenta con alcantarillado y una Planta de Tratamiento de Agua Residual, la cual recibe un mantenimiento cada año, sin embargo, en el área rural solamente cuentan con pozos ciegos.

Los residuos sólidos generados son recolectados por el municipio, no hay relleno sanitario.

Existe un matadero clandestino de burros frente al río Sica Sica, por lo que sus aguas residuales y los residuos sólidos que generan son vertidos al mismo río.

La mayor fuente de contaminación identificada está asociada a la presencia de basura y los residuos sólidos y líquidos provenientes de la matanza de burros.

No percibe una adecuada gestión ambiental municipal, el cementerio está lleno de basura.

Según su criterio, lo que hace falta es que las autoridades se involucren más en los temas ambientales, ya que solamente se cuenta con un funcionario municipal de aguas y habitualmente no se encuentra en la alcaldía.

En los últimos 10 años, el proyecto ejecutado fue la captación de la vertiente Toma Toma, ejecutado por el Comité de Aguas.

Un proyecto de prioridad señalado es la construcción de un hospital.

20.4.7 Chacarilla

Esta comunidad presenta una particularidad respecto a su acceso, ya que es restringido por la empresa minera que desarrolla labores en el lugar. La persona entrevistada no quiso facilitar su nombre ni su celular de contacto.

La población casi enteramente son empleados de la empresa minera.

El agua para consumo humano proviene de una zona lejana denominada Titipujio, donde se encuentra un pozo de agua y bombean hasta este lugar.

La población únicamente cuenta con una pileta pública en funcionamiento, la cual, de acuerdo a criterio del entrevistado, es de buena calidad y se mantiene hace muchos

años. Sin embargo, la cantidad habría disminuido en el transcurso del tiempo, debiendo recurrir al racionamiento de 2 baldes por familia al día.

No cuentan con alcantarillado, solamente con pozo ciego, siendo que sus aguas residuales son descargadas directamente al río, el cual según señalan contiene agua salada y en época de estiaje está completamente seco y con una gran cantidad de residuos sólidos.

La actividad económica más importante es la empresa minera, la cual descarga sus aguas residuales en su dique de colas.

Identifica como la mayor fuente de contaminación a la basura doméstica.

En la zona no se conoce acerca de la ejecución de proyectos, siendo los proyectos prioritarios un sistema de agua potable y alcantarillado.

20.4.8 Tarquiamaya

Se entrevistó al Sr. Edwin Salzuri Pari y al Sr. Sabino Salzuri, agricultores que también se dedican a la extracción de sal.

En esta zona el agua para consumo humano proviene de la estancia Tarquiamaya, Surpo y Rincota, que son vertientes de agua dulce, acopiadas en un tanque para la distribución a la población.

La calidad de agua se mantiene constante, de la misma forma la cantidad de agua.

La población cuenta con pozos ciegos.

Los residuos son quemados y enterrados en pozos cavados y determinados.

La principal actividad productiva de la zona es la extracción de sal, la cual es comercializada en la ciudad de La Paz y la agricultura. Existe una cooperativa para el aprovechamiento de la sal, sin embargo, a la fecha no funciona.

Las aguas salinas que no son aprovechadas en el lugar, pasan hacia la zona de Limari, y posteriormente al río Desaguadero.

Entre las obras más importantes de los últimos 10 años se encuentra el sistema de agua potable ejecutado a través de CARITAS, sin embargo, presenta algunos problemas técnicos.

Entre los proyectos prioritarios para la zona se identifica la construcción de defensivos para proteger la sal, principalmente en época lluviosa y la tecnificación para el aprovechamiento del salar.

20.4.9 Curahuara de Carangas - Turco

Se entrevistó a la Sra. Yovana Jheny Verástegui Churqui, Concejala del Gobierno Municipal y con el Sr. Eugenio Villegas quien se dedica a la crianza de camélidos.

El cuerpo de agua más importante del municipio es el Río Santa Bárbara, de donde actualmente se distribuye agua para consumo humano, hace dos años se compraba agua de Jankollo.

Para consumo animal, emplean agua de los bofedales cercanos.

Para riego emplean pequeños riachuelos de la zona.

La distribución de agua es constante, con descenso en la época de estiaje, sin embargo, está sujeta a la disponibilidad de electricidad y del buen estado de las bombas eléctricas.

La calidad del agua es buena y constante.

La población cuenta con baños domiciliarios, las aguas residuales se conducen hacia tanques, los cuales son limpiados anualmente. Muchos solo hacen sus necesidades al aire libre.

Los residuos sólidos generados son quemados en los domicilios y posteriormente enterrados.

Las actividades económicas más importantes son la crianza de llamas y cultivo de quinua en Cosapa. Así también se conoce que hay una empresa minera china que realiza explotación en la zona desde el año 2013, la cual cuenta con un ingenio minero y recién hace 2 meses está sin actividad productiva.

La mayor fuente de contaminación identificada es la basura y los huesos de llama, que son residuos de la fabricación de charque.

La gestión ambiental municipal está en crecimiento, no cuentan con recursos.

Los proyectos priorizados son un botadero municipal (relleno sanitario), tanque para almacenamiento de agua para consumo humano (represa) y agua para el ganado.

Se puede apreciar que se encuentra cerca de la Ciudad Encantada y de la Laguna Roja y Azul, sin embargo, este potencial turístico no es explotado.

20.4.10 Huari

En el Municipio de Huari se entrevistó a la Sra. Soledad Canaviri quien es Asistente de Control Social, al Sr. Jaime Mauricio Quispe, Técnico de Agua Potable y al Sr. Edwin Peñaloza Gutierrez, Responsable de Catastro Urbano y Rural.

La fuente de abastecimiento de agua para consumo humano es la vertiente que se encuentra en el cerro cercano.

Durante la época de estiaje sufren de racionamiento por horarios, la calidad del agua es buena.

En el área urbana cuentan con alcantarillado, las aguas residuales son conducidas a la PTAR, la cual al momento de la entrevista no estaba funcionando.

En el área rural no cuentan con alcantarillado.

Cuentan con un sistema de recolección de residuos sólidos, los cuales son quemados en un sector determinados y luego enterrados.

La actividad económica más importante es la empresa cervecera Huari, la cual supuestamente consumiría una gran cantidad de agua disponible, realizando la conducción hasta la industria, así también sus aguas residuales son tratadas al interior de sus predios y posteriormente vertidas al río que se encuentra canalizado, aguas debajo de la industria.

En los últimos 10 años, se realizaron intentos de proyectos para la gestión integral de residuos sólidos, pero no se concretaron, si hicieron mejoras en el alcantarillado.

Según los entrevistados, la mayor fuente contaminación es la basura que se encuentra en los ríos.

Los proyectos priorizados son un relleno sanitario, incremento de la cobertura de agua potable y la planta de tratamiento de aguas residuales.

20.4.11 Challapata

En el municipio de Challapata se entrevistó al Sr. Israel Choque, Secretario Municipal de Desarrollo Productivo y Medio Ambiente.

El cuerpo de agua más importante de la zona es el río Cahuali y el río Chagara.

La fuente de abastecimiento de agua para consumo humano es la vertiente Azanaque, también cuentan con pozos de bombeo. Cuentan con la represa de agua Tacagua para el almacenamiento y distribución.

Para consumo animal emplean un 30% de agua de Azanaque y el restante de la represa Tacagua.

Para riego emplean el agua de la represa Tacagua.

El año 2021 hubo sequía, por lo que actualmente solo se distribuye agua hasta las 10.00 am, debiendo la población almacenar tanques propios.

Respecto a la calidad señalan que esta es buena y constante, respecto a la cantidad señalan que ha disminuido.

Cuentan con alcantarillado y las aguas residuales se conducen hasta las piscinas ubicadas en la comunidad Ancazoca.

Los residuos sólidos generados son recogidos por el municipio y trasladados hasta un botadero ubicado en la comunidad Catavicollo, donde es enterrado.

Las actividades económicas más importantes son la producción de leche y productos lácteos y el matadero ubicado en el sector de Aguas Calientes Juska Vialque. Las aguas residuales de estas actividades son descargadas en fosas.

El municipio lleva a cabo el monitoreo de la calidad de cuerpos de agua de forma semestral mediante muestreo y análisis en laboratorio externo.

La mayor fuente de contaminación de la zona era la minería que estaba al lado de la represa, sin embargo, actualmente identifican a la basura y las aguas residuales como fuentes de contaminación que generan molestias por los olores.

La gestión ambiental municipal es regular, realizan campañas con la población y el ejército. Requieren mayor personal y presupuesto.

En los últimos 10 años implementaron riego tecnificado en la zona Norte Condo Umamiel.

Los proyectos priorizados son una Planta de reciclaje que está en gestión, una PTAR para lo cual están en busca de financiamiento y un proyecto para la construcción de una presa para cosecha de agua.

20.4.12 Soracachi – Obrajes

Se entrevistó a la persona responsable del Balneario Termas Obrajes.

El agua para el balneario proviene de un ojo de agua.

El agua para consumo humano proviene de vertientes de los cerros, su abastecimiento es normal durante todo el año, al igual que la calidad.

Las aguas residuales son descargadas al río.

Los residuos sólidos generados se depositan en un botadero.

Identifica como la mayor fuente de contaminación a los residuos generados por la población visitante o pasajera.

20.4.13 Totoral minero

La persona entrevistada no facilitó su nombre ni teléfono de contacto.

El abastecimiento de agua para consumo disminuye en la época de estiaje. La calidad del agua ha empeorado en los últimos 10 años, así también la cantidad es menor.

Pocas viviendas cuentan con baños con descarga de agua, sus aguas se vierten al río. La mayoría de la población hace sus necesidades a la intemperie.

Los residuos sólidos son recolectados en una volqueta 2 veces por semana.

La actividad económica más importante de la zona es la minería, la población se dedica al cultivo de papa en la parte alta de los cerros, ya que el agua de río no se puede usar para riego.

Las minas descargan sus aguas a río.

La mayor fuente de contaminación es la minería que descarga sus aguas al río.

En los últimos 10 años ingresó el proyecto Mi Agua, desconoce las obras realizadas.

Las necesidades de obras de mayor importancia son las referidas al agua, alcantarillado y gestión de residuos.

20.4.14 Avicaya

Se entrevistó a la Sra. Nely Vilasita,

El agua para consumo humano proviene de Huaylluma que es una vertiente en el cerro.

En época de estiaje no cuentan con agua, sin embargo, la calidad es buena. La cantidad disminuyó en los últimos 10 años.

Los residuos sólidos son recogidos una vez a la semana con una volqueta.

La actividad económica más importante es la mina (Bolívar y otros pequeños), por tanto, es también la mayor fuente de contaminación ya que el agua cambia de color por la copajira (amarillo).

El proyecto que más se requiere es el alcantarillado.

20.4.15 Cala Calita

Se entrevistó al Sr. Humberto Lira quien es agricultor.

El agua para consumo humano proviene de vertientes, no así del río, aunque hay bastante agua, no confían en su calidad.

Cuentan con agua durante todo el año y es de buena calidad.

No cuentan con alcantarillado ni baños con descarga de agua.

Los residuos sólidos son enterrados en zanjas.

En la zona se llevan a cabo actividades de agricultura y ganado, había mineros, pero solamente dejaron pasivos, contaminando el agua en la parte alta.

En el sector se identifica un pasivo ambiental minero y drenaje ácido de mina, el cual presenta un flujo muy elevado, según la persona entrevistada, es de muchos años, con el tiempo habría mejorado, pero todavía quema la cebada.

Los proyectos que requieren con prioridad son politubos para captación de agua y mejora del camino, ya que hubo una mazamorra y ahora es complicado trasladar sus productos agrícolas para comercialización.

20.4.16 Huanuni – Morococala

Se entrevistó al Sr. Miguel Angel Ayanome, Sr. Juan José Jacinto Cruz y el Sr. Jacinto Yucra Aguilar.

El cuerpo de agua más importante es el río Santa Fe.

La fuente de abastecimiento de agua para consumo humano son ojos de agua y el estanque atajado en San Pedrito.

El agua para riego y consumo animal, de la misma forma provienen de ojos de agua.

El abastecimiento de agua es por horarios limitados durante la época de estiaje, siendo que el año 2021 hubo fuerte sequía.

La calidad del agua nunca fue muy buena, pero es la misma hace muchos años, la cantidad si disminuyó.

Cuentan con baños comunitarios cuyas aguas residuales se descargan directamente al río.

Los residuos sólidos son recolectados por la cooperativa minera.

La actividad más importante es la minería y crianza de camélidos.

El municipio no realiza gestión ambiental en la zona, tampoco el Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

En los últimos 10 años, el proyecto más importante en la zona fue el encapsulado de desmontes de Santa Fe y Morococala, realizado en el marco del Plan de recuperación de la cuenca Poopó.

La mayor fuente de contaminación identificada es la actividad minera, especialmente la que se desarrolla en Japo, que contamina el río y afecta a los sembradíos. Japo ya no echa sus aguas al dique, prefiere descargar al río, provocando contaminación.

El proyecto prioritario es el aprovechamiento de agua de mina del encapsulado, así también capacitación sobre medio ambiente.

20.4.17 Huanuni

Se entrevistó al Sr. Abel Uyuni Robles y una señora que no facilitó su nombre.

Las fuentes de agua para consumo humano son Loketa y Patahuanuni.

En la época de estiaje se raciona el agua, la calidad no es buena, dependiendo de la zona, a veces llega a las casas con turbidez.

En las calles con pendiente, el agua no llega, por la baja presión.

Una parte del área urbana cuenta con alcantarillado y se conduce hasta el sector de Sajsani, donde habría una PTAR, sin embargo, otra parte no tiene alcantarillado, descargando sus aguas directamente al río Huanuni, cuerpo de agua que recibe agua de todo tipo, incluso de la minería y de comercio.

Cuenta con un botadero municipal para residuos en el sector de Kataricagua.

La empresa minera cuenta con un dique de colas en la zona de Playa Verde.

En los últimos 10 años se desarrollaron proyectos piscícolas en Tarucama y la construcción de la PTAR.

La zona requiere proyectos de agua potable, mejora de caminos y proyectos diferentes a la minería, ya que actualmente todo gira en torno a la actividad minera.

20.4.18 Colquiri – Belén

Se entrevistó al Sr. Sandro Choque, quien es agricultor en la zona.

El agua para consumo humano proviene de la vertiente Jalsuri.

El abastecimiento de agua es permanente y de buena calidad.

La actividad minera que se encuentra en el lugar toma agua del mismo lugar para sus actividades de perforación.

En la zona no cuentan con baños con descarga de agua, cuentan pozo ciego.

Los residuos sólidos se depositan al aire libre.

La actividad económica más importante es la Mina Belén y Nazareno, de la empresa Tiahuanacu, la cual descarga sus aguas ácidas al río, por lo que los animales no pueden beber y tampoco se puede regar los sembradíos.

En los últimos 10 años se implementó el proyecto de captación y distribución de agua en los domicilios (40 casas aproximadamente).

Las obras más importantes en la zona son la separación de las aguas de mina, y tanque de agua para consumo, ya que necesitan agua no solo para beber, sino para baños antisépticos para los animales.

La mina está emplazada hace más de 10 años, sin embargo, hace 1 año empezó a descargar agua al río, siendo que la mina se concesionó sin consultar a la población.

20.4.19 Oruro - Cercado

Se entrevistó al Lic. Daniel Azeñas de la Dirección de Investigación Científica de la Universidad Técnica de Oruro, Lic. Julio Cepeda, Director de Salud Ambiental del Gobierno Autónomo Municipal de Oruro y la Ing. Carmen Rosa Marca Cáceres, Docente de la Facultad de Ciencias Agrarias – UTO.

Los entrevistados identifican como el cuerpo de agua más importante del Departamento al Lago Poopó, sin embargo, la fuente de agua para consumo humano son los reservorios de Challapampita en la zona norte de la ciudad.

El agua para consumo del área rural proviene de Soracachi, de la vertiente Cala Cala.

Respecto al abastecimiento, indican que es normal durante el año, sin embargo, en época de estiaje no tiene suficiente presión en nuevas construcciones elevadas ni en nuevas urbanizaciones. Señalan que se realizó el balance hídrico, resultando que habrá déficit de agua en unos años.

Cuentan con alcantarillado en el área rural, sin embargo, en la zona Este aún no cuentan por ser nuevos barrios.

La ciudad cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la cual después del tratamiento vierte el agua residual tratada al río Tagarete, que es afluente del lago Poopó. La capacidad de la PTAR sería insuficiente por el crecimiento poblacional. Actualmente se cuenta con un convenio entre GAMO, MMAyA y UTO, para la consolidación de un Centro Internacional de Investigación para Aguas Residuales.

Cuenta con el relleno sanitario Huajara, el cual en poco tiempo llegará a su límite, por lo que se encuentra en diseño final el nuevo relleno sanitario Cochiraya. El actual relleno sanitario realiza la separación de residuos aprovechables y orgánicos, evitando la generación de líquidos lixiviados, siendo que no cuenta con una planta de tratamiento para dichos líquidos.

Las actividades económicas más importantes son la minería, ganadería, agrícola y comercio.

La empresa minera San José vierte sus aguas en los diques de colas, sin embargo otra parte es descargada directamente al río Tagarete.

Los entrevistados identifican a la actividad minera como una de las mayores fuentes de contaminación, así también a las aguas residuales domésticas y los residuos sólidos.

El municipio no lleva a cabo el monitoreo periódico de los cuerpos de agua, señala que de forma semanal controla los vertidos de la actividad minera, desde la boca mina hasta el lago Uru uru.

La gestión ambiental municipal no es percibida, señalan que es por falta de políticas municipales, fortalecimiento de los recursos humanos, falta de presupuesto y la jerarquización de la temática ambiental.

En los últimos 10 años se implementaron proyectos de alcantarillado, embovedado del río Tagarete (Fase I), separación de residuos, forestación y el convenio quinquenal para el encañado del río Tagarete.

Los proyectos priorizados son identificación de nuevas fuentes de agua, cuidado de fuentes subterráneas, evitar nuevos asentamientos humanos en las zonas de recarga de agua, fortalecer la red de monitoreo de Calidad de Aire, alcantarillado, planta de selección y compostaje, educación ambiental, nuevo relleno sanitario, ampliación de la PTAR y fortalecimiento institucional.

20.4.20 Soracachi

Se entrevistó a la Sra. Benedicta Correa, quien es agricultora.

El agua para consumo humano proviene de pozos, por lo que en época de estiaje hay escasa disponibilidad, con los años se percibe que la cantidad disminuyó, sin embargo, la calidad es buena.

La población no cuenta con baños domiciliarios, solamente con pozos ciegos.

Los residuos sólidos son quemados y enterrados en las viviendas, por su parte, también la alcaldía realiza el mismo trabajo para los espacios públicos.

En la zona llevan a cabo actividades de agricultura.

En los últimos 10 años se construyó una cancha.

Las obras de importancia son el agua potable y alcantarillado, ya que no cuentan con agua suficiente para el riego de sembradíos.

20.5 Análisis de resultados de las entrevistas y trabajo de campo.

Las entrevistas realizadas fueron sistematizadas en una base de datos Excel, que se encuentra en la parte de Anexos. Se realizaron 33 entrevistas en total, 16 entrevistas del formato "C" (Autoridades y funcionarios) y 17 entrevistas del formato "D" (población).

En primera instancia se analizan los resultados de las entrevistas, las cuales permiten identificar las principales fuentes contaminantes, tal como se muestra en la siguiente figura:



Figura 70 Identificación de Fuentes Contaminantes

Se puede observar que el 55% de los entrevistados, identifican como la principal fuente de contaminación a los residuos sólidos, en segundo lugar, identifican a la actividad minera como causante de la contaminación de los cuerpos de agua y en tercer lugar a las aguas residuales.

Posteriormente se realiza la identificación de proyectos priorizados como necesidades para resolver los problemas ambientales identificados, tal como se muestra en el siguiente gráfico.

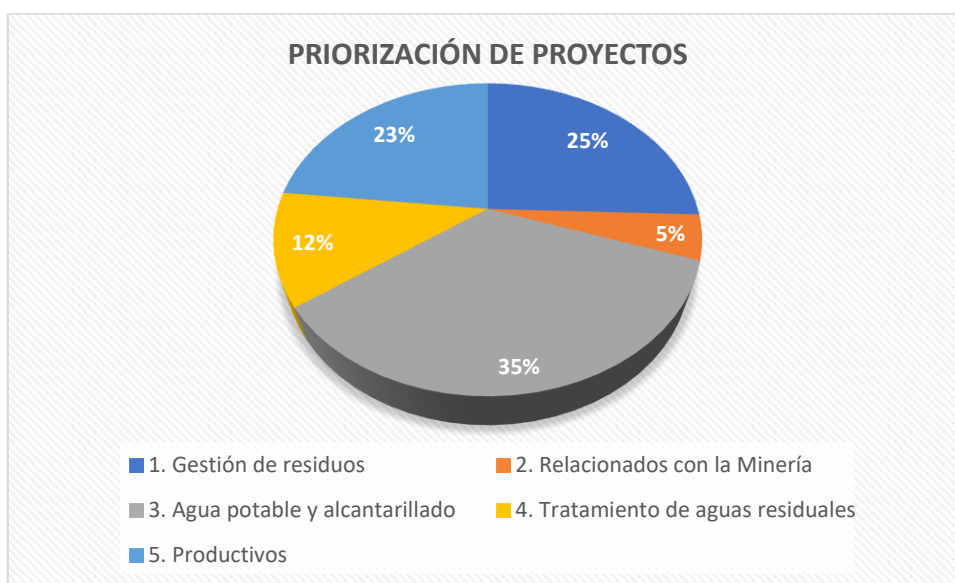


Figura 71 Priorización de proyectos para los entrevistados

Las personas entrevistadas identifican como proyectos necesarios en primer lugar los relacionados con el agua potable y alcantarillado, en segundo lugar, se tienen los proyectos relacionados con la gestión integral de residuos, en tercer lugar, los proyectos relacionados con el tratamiento de aguas residuales y en cuarto lugar los proyectos relacionados con las actividades mineras.

Sobre este resultado, corresponde observar que la población tiene la necesidad de disponibilidad de agua potable y alcantarillado para el desarrollo de sus actividades, incluso para el desarrollo de proyectos productivos. Asimismo, se puede apreciar que la población es más sensible a la contaminación visible como son los residuos sólidos, sin embargo, son altamente tolerantes y muestran un alto nivel de resignación ante los impactos ambientales que provoca la actividad minera, asociando esta actividad a la vida cotidiana.

Asimismo, cabe notar que la población entrevistada muestra la necesidad de contar con proyectos productivos para el aprovechamiento de los recursos naturales como la agropecuaria.

Posteriormente, conforme a la metodología descrita, una vez sistematizada y analizada la información recabada en las entrevistas, se revisan los datos de las inspecciones de campo, cruzando con los resultados de laboratorio, la clasificación y la jerarquización de las fuentes contaminantes.

Analizados los resultados generales obtenidos del proceso de clasificación, se tiene que el 60% de las Fuentes Contaminantes (FC) se encuentra en un rango de Impacto Ambiental Moderado, el 35% presenta Impacto Ambiental entre Severo y Crítico.

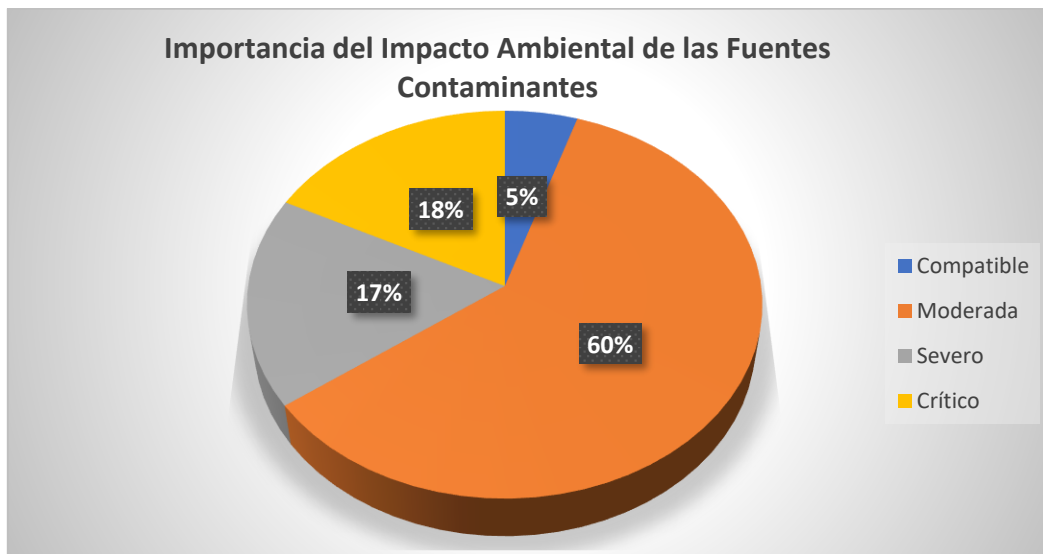


Figura 72 Importancia del Impacto Ambiental de las Fuentes Contaminantes

Analizando los datos obtenidos, se tiene que las actividades relacionadas con Aguas Residuales, Residuos Sólidos y Aguas Naturales, presentan un Impacto Ambiental Moderado.

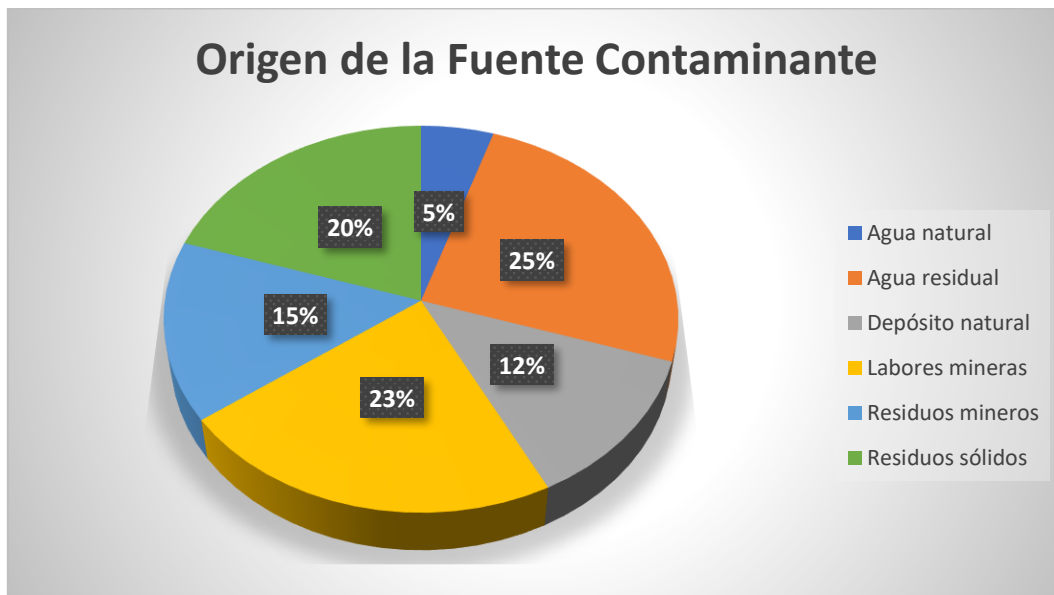


Figura 73 Origen de las Fuentes Contaminantes

Conforme a los resultados se observa que el 23% de las Fuentes Contaminantes son originadas por labores mineras y el 15% por residuos mineros, vale decir que el 38% de las Fuentes Contaminantes son atribuibles a actividades relacionadas con la actividad minera, mientras que el 25% tienen origen en aguas residuales, el 20% se originan por residuos sólidos, el 12% son depósitos naturales y el 5% por agua natural.

En este marco, se pone atención al 38% de Fuentes Contaminantes relacionadas con Actividades mineras, por tanto, se analizan como Fuentes Contaminantes a las Labores Mineras y los Residuos Mineros, en específico, resultando:

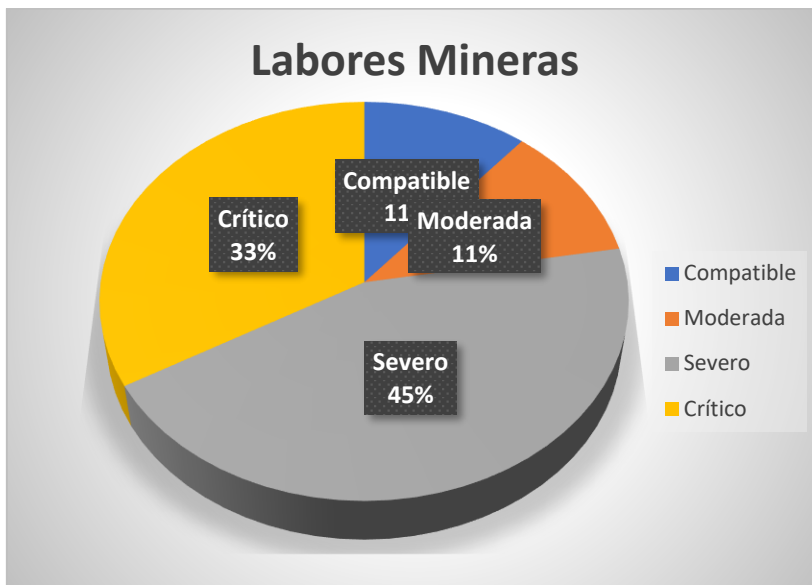


Figura 74 Importancia de Impacto Ambiental por Labores Mineras

En la gráfica se puede observar que el 78% de las Labores Mineras presenta un impacto entre Severo y Crítico.



Figura 75 Importancia de Impacto Ambiental por Residuos Mineros

Por otra parte, se tiene que más del 80% de los Residuos Mineros se encuentra con un Impacto entre Severo y Crítico.

Asimismo, realizado el análisis del proceso de Jerarquización, se observa que las actividades mineras y los drenajes ácidos de mina, son las Fuentes Contaminantes de

mayor importancia, por su impacto ambiental, por tanto, requieren de una pronta atención.

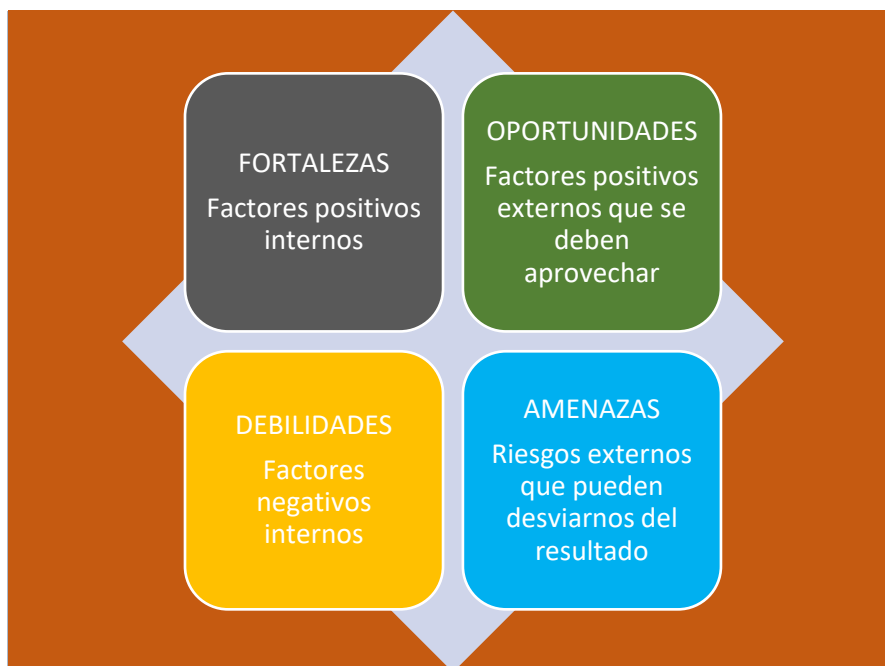
21 PLANTEAMIENTO DE LÍNEAMIENTOS ESTRATÉGICOS Y LÍNEAS DE ACCIÓN PARA LA MITIGACIÓN Y CONTROL DE FUENTES CONTAMINANTES NATURALES Y ANTRÓPICAS

Con base al análisis realizado en el anterior acápite, se establece la necesidad de plantear cinco Lineamientos Estratégicos, cada uno con Objetivos Estratégicos, enfocados en la Mitigación y Control de las Fuentes Contaminantes y Líneas de Acción puntuales que permitan alcanzar los objetivos trazados.

En primera instancia se identifican las Fuentes Contaminantes, por orden de importancia (impacto ambiental):

- a. Labores Mineras
- b. Residuos Mineros
- c. Residuos Sólidos
- d. Agua Residual
- e. Depósito Natural
- f. Agua Natural

Con el objetivo de identificar los Lineamientos Estratégicos y las correspondientes Líneas de Acción, se empleó como herramienta de planificación, la Matriz FODA (Fortalezas – Oportunidades – Debilidades – Amenazas), la cual es una de las herramientas más empleadas en el proceso de planificación.



FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Población con experiencia en actividades de agricultura - Población con interés en el cuidado del medio ambiente. - Autoridades y funcionarios municipales con interés en la resolución de necesidades. 	<ul style="list-style-type: none"> - Existencia de recursos naturales aprovechables - Potencial mineralógico de la zona - Recursos naturales con potencial de industrialización - Existencia de cuerpos de agua con bajos niveles de contaminación
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Escaso conocimiento de la normativa ambiental nacional, a nivel de las instituciones municipales del área rural. - Deficiente coordinación interinstitucional e intersectorial. - Alto grado de rotación de personal técnico en las instituciones involucradas. - Insuficiente capacitación técnica y cantidad de personal, en los municipios Rurales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gran cantidad de Fuentes de Contaminación - Minería informal que incumple la normativa ambiental - Presencia de residuos sólidos dispersos. - Efectos del cambio climático que inciden en la disponibilidad del agua.

En ese sentido, en la siguiente tabla se presentan los Lineamientos Estratégicos que están encaminados a la Mitigación y Control de Fuentes Contaminantes.

Asimismo, se plantean Acciones Estratégicas prácticas y puntuales, principalmente las que pueden ser abordadas por los municipios o comunidades con apoyo de las entidades estatales y organismos de cooperación.

Tabla 86 Planteamiento de Lineamientos Estratégicos y Líneas de Acción

Lineamientos Estratégicos (LE)	Objetivos Estratégicos (OE)	Líneas de acción (LA)
LE 1: Ámbito de Saneamiento básico	OE 1: Brindar los lineamientos para la prevención y mitigación de los efectos de la contaminación de cuerpos de agua.	LA 1.1: Agua Potable y Alcantarillado LA 1.2: Tratamiento de Aguas Residuales LA 1.3: Gestión Integral de Residuos
LE 2: Ámbito Tecnológico y productivo	OE 2: Aprovechamiento de recursos naturales con potencial de industrialización y generación de polos de desarrollo socio económico.	LA 2.1: Aprovechamiento industrial de salares
LE 3. Ámbito minero	OE 3: Recuperación y aprovechamiento a partir de los pasivos	LA 3.1: Evaluación mineralógica de pasivos ambientales mineros, tipo colas y desmontes

		ambientales mineros generados.	LA 3.2: Tratamiento de Drenaje Ácido Minero LA 3.3: Aprovechamiento de Drenaje Ácido Minero y chatarra
LE 4: Ambiental	Ámbito	EO 4: Plantear medidas de mitigación ante los efectos de las fuentes contaminantes en cuerpos de agua.	LA 4.1: Fortalecimiento de la Gestión Ambiental Municipal LA 4.2: Protección de fuentes de agua
LE 5: Normativo institucional	Ámbito	OE 5: Lograr un incremento del conocimiento de la normativa en funcionarios municipales y población, para mejorar los procesos de control y cumplimiento de la misma.	LA 5.1: Difusión, capacitación y adecuación de la normativa

De la misma forma, el siguiente esquema muestra de forma gráfica los pilares sobre los cuales se asienta la Mitigación y Control de las Fuentes Contaminantes.

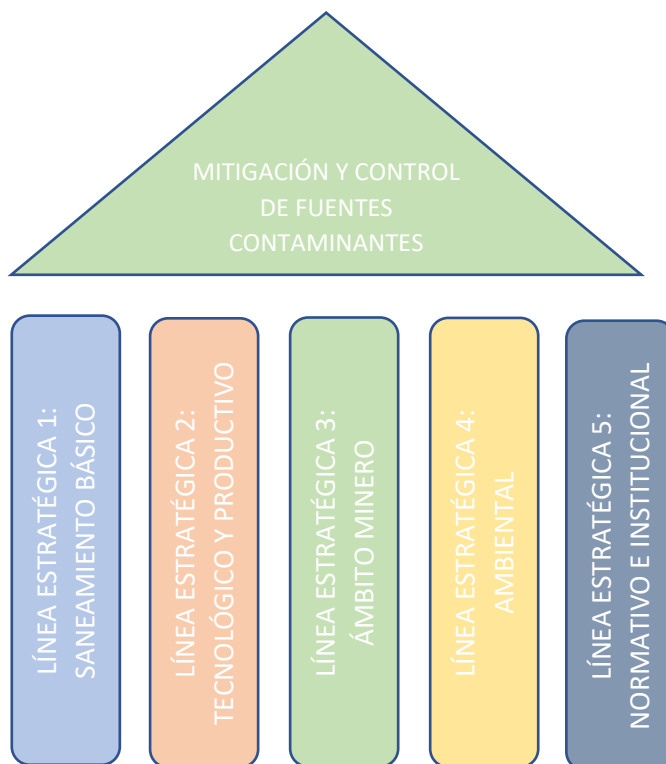


Figura 76 Líneas Estratégicas para la Mitigación y Control de Fuentes Contaminantes

Como parte de la metodología, las Líneas Estratégicas presentan a su vez Líneas de Acción, actividades y presupuestos referenciales, que se resumen en las fichas técnicas correspondientes.

21.1 Lineamiento Estratégico 1: Saneamiento Básico

Este Lineamiento Estratégico involucra a los proyectos de Agua Potable, Alcantarillado, Tratamiento de Aguas Residuales y Gestión Integral de Residuos.

En Bolivia, cerca del 86% de la población tiene acceso a agua potable y el 59% a sistemas de saneamiento. Sin embargo, la brecha entre los centros urbanos y el ámbito rural es considerable. Solamente el 67% de la población rural tiene acceso a los servicios de agua potable y únicamente el 43% cuenta con servicios de saneamiento básico. Por otro lado, solo el 27% de las aguas residuales son tratadas, situación que conduce a la contaminación del agua y otros recursos naturales, derivando así en problemas de salud para la población. En este contexto, la proyección del Estado para el año 2025 es alcanzar la universalización de los servicios básicos.

Siendo el Saneamiento Básico el Segundo Pilar de la Agenda Patriótica 2025.

La estructura organizacional del Saneamiento Básico en Bolivia tiene como cabeza del sector al Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico, entidad que a su vez tiene a su cargo la Dirección General de Agua Potable y Alcantarillado, así también se cuenta con unidades coordinadoras de proyectos, a través de esta estructura deberá encararse los proyectos

Asimismo, conforme a las encuestas realizadas, la población y autoridades locales identifican como una de las prioridades, la ejecución de proyectos de saneamiento básico.

En ese sentido, se plantean las siguientes líneas de acción.

21.1.1 Línea de Acción LA 1.1: Agua Potable y Alcantarillado Sanitario

FICHA TÉCNICA N° 1	
CATEGORÍA	CONTENIDO
Línea Estratégica	SANEAMIENTO BÁSICO
Línea de Acción	AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
Objetivo	Brindar los lineamientos técnicos y procedimentales que permitan asumir las acciones para mejorar e incrementar los servicios de agua potable y alcantarillado en el área de estudio.
Actividades para la implementación	Debido a que el saneamiento básico es una prioridad y un pilar de la Agenda Patriótica Nacional, el Estado central cuenta con un aparato administrativo bien consolidado para la implementación de nuevas redes de agua potable y alcantarillado, así como para su ampliación. Sin embargo, en el área rural del área de estudio, se tienen las siguientes actividades para la implementación de proyectos de este tipo: <ul style="list-style-type: none"> - Identificación, caracterización y cuantificación de la Fuente de agua, que puede ser un río superficial, ojo de agua - Conformación de un Comité de Agua Potable y Alcantarillado. - Acudir a las instancias competentes del Estado, instancias de Cooperación o financiamiento propio para la elaboración del diseño de las obras civiles. - Armar la estructura de costos y tarifas, considerando los costos de instalación, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, control de calidad y costos de operación (personal, materiales, reactivos químicos para la desinfección y otros).
Alternativas de prevención y mitigación	Como fuente alternativa para contar con agua para consumo humano se encuentra la cosecha de agua de lluvia, la cual es una práctica muy difundida en el área rural, a través de la implementación de "kotañas" que son reservorios hechos con materiales del lugar, sin embargo, corresponde realizar un

	<p>tratamiento básico de desinfección, lo que permite asegurar la calidad del agua, evitando la generación de enfermedades gastrointestinales, principalmente. Asimismo, la alternativa tecnológica para las instalaciones de alcantarillado se encuentran las letrinas secas, que tienen la ventaja de evitar la contaminación de aguas subsuperficiales.</p>
Procesos y operaciones	<p>En función a la calidad de la fuente de agua que se identifique en la zona, existen alternativas de tratamiento y consiguientemente procesos y operaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Unidad básica de potabilización Consiste en la desinfección y eventualmente la corrección del pH. Tratamiento convencional Es un tratamiento fisicoquímico y tiene las siguientes etapas: <ul style="list-style-type: none"> - Pretratamiento - Coagulación - Floculación - Sedimentación y flotación - Filtración - Desinfección ➤ Tratamiento por desferrificación Consiste en la remoción del hierro del agua subterránea mediante un proceso de oxidación y filtración con el cual se remueven también otros contaminantes como el Manganeseo. ➤ Tratamiento de ósmosis inversa Se trata de la remoción a través de membranas semipermeables de la mayoría de los contaminantes conocidos que hay en el agua, como sales, dureza, patógenos y otros. Esta tecnología a nivel mundial se utiliza para potabilizar agua salada. Si bien es una tecnología medianamente costosa, se constituye en una alternativa para las zonas en las que no existe otra alternativa de tratamiento y no cuenta con fuentes de agua de buena calidad. <p>Es importante resaltar que el alcantarillado sanitario debe ser separado de las aguas pluviales, a efectos de que el caudal y características del agua residual sea constante, para su posterior tratamiento.</p>
Acciones de control	<p>Las acciones de control son determinadas por la normativa nacional vigente, en cuyo marco existen las entidades tales como ANESAPA que es la Asociación Nacional de Empresas de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado.</p>
Presupuesto y Tiempo de implementación	<p>El presupuesto y tiempo de implementación del servicio depende de muchos factores tales como la calidad de la fuente de agua, tipo de tratamiento, población beneficiada y otros factores externos, para lo cual se requiere la elaboración del diseño.</p> <p>De forma referencial se cuenta con los siguientes datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Instalación de Agua potable: Conexión en acera y calzada de tierra con participación vecinal (excavación) 698.52 Bolivianos. - Instalación de Alcantarillado: Conexión en acera y calzada de tierra con participación vecinal (excavación) 907.79 Bolivianos.
Mecanismos de coordinación interinstitucional	<p>Los mecanismos de coordinación interinstitucional son los establecidos a través de la estructura formal del Estado, que tiene como cabeza de sector al Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico, la Dirección General de Agua Potable y Alcantarillado y las unidades coordinadoras de proyectos.</p>
Indicadores de Impacto	<p>Número de instalaciones de agua potable y alcantarillado sanitario en funcionamiento en el área de estudio.</p>
Conclusiones	<p>El saneamiento básico es el segundo pilar de la Agenda Estratégica, por lo cual cuenta con una estructura administrativa bien definida, a la cual los municipios y comunidades deben acudir, habiendo identificado la fuente de agua más adecuada para la zona, debiendo realizar los estudios previos de caracterización y cuantificación, para la definición del tipo de tratamiento.</p>

21.1.2 Línea de Acción LA 1.2: Tratamiento de Aguas Residuales

En Bolivia, se estima que solo el 27 % de las aguas residuales son tratadas (Programa de Agua y Saneamiento, 2016). De hecho, en las ciudades con más de 10.000 habitantes, la tasa de tratamiento de aguas residuales es de solo 39 %.

En el trabajo de campo pudo evidenciarse que prácticamente la totalidad de las PTAR del área rural no se encuentran en funcionamiento óptimo, debido a factores como falta de personal, falta de insumos y falta de interés tanto de la población como de las autoridades.

Asimismo, resaltar que, en el marco de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, las aguas residuales tratadas tienen el potencial de reúso, principalmente para riego, práctica que en la actualidad es habitual, pero no se realiza en las condiciones técnicas más óptimas.

En ese sentido, se plantea la presente línea de acción:

FICHA TÉCNICA N° 2	
CATEGORÍA	CONTENIDO
Línea Estratégica	SANEAMIENTO BÁSICO
Línea de Acción	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
Objetivo	Brindar los lineamientos técnico administrativos para la implementación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el área de estudio.
Actividades para la implementación	Para la implementación de PTAR se tienen las siguientes actividades: <ul style="list-style-type: none"> - Caracterización del agua residual: si bien la gran mayoría corresponde a agua residual de tipo domiciliario, es importante conocer si alguna industria o actividad minera realiza descarga de sus aguas residuales al alcantarillado sanitario. - Diseño del proyecto de ingeniería que deberá definir el tamaño (considerando un crecimiento en la población) y el método de tratamiento.
Alternativas de prevención y mitigación	Como alternativas de prevención se debe considerar las acciones dirigidas a la separación de las aguas residuales en origen, vale decir la separación de las aguas pluviales y las aguas procedentes de actividades industriales. Así también se deben considerar las alternativas de tratamiento por biodegradación
Procesos y operaciones	Existe una variedad de diseños y características de PTAR, desde tradicionales que ocupan grandes espacios, hasta plantas compactas y modulares, sin embargo, en general incluyen los siguientes procesos y operaciones: <ul style="list-style-type: none"> - Pretratamiento: es la "antesala" del tratamiento de depuración que recibirán las aguas residuales, debido a que cumple con las funciones de medir y regular el caudal de agua que ingresa a la planta como también de extraer los sólidos flotantes grandes, la arena y la grasa. - Tratamiento primario: Esta etapa tiene como propósito, eliminar los sólidos en suspensión a través de un proceso de sedimentación simple por gravedad o asistida por sustancias químicas tales como coagulantes y floculantes (habitualmente Sulfato de aluminio). - Tratamiento secundario: Los procesos biológicos aerobios y anaerobios y físicos químicos tales como la floculación son parte de esta etapa del proceso de depuración de agua residual, los cuales reducen la mayor parte de la demanda biológica de oxígeno como también remueven cantidades adicionales de sólidos sedimentables. - Tratamiento terciario: puede realizarse bajo los siguientes métodos: filtración, lagunaje, humedales artificiales y desinfección. <p>Asimismo, a efectos de cerrar el ciclo de la gestión, el agua residual tratada debe ser empleada para otro uso, habitualmente para el riego.</p>
Acciones de control	Las acciones de control son imprescindibles, ya que en el trabajo de campo pudo evidenciarse una gran cantidad de PTAR sin funcionamiento, en ese sentido, las entidades municipales, departamentales y nacionales,

	responsables de la temática por atribuciones y competencias normativas deben realizar el control periódico respectivo, siendo el nivel municipal la primera instancia de control.
Presupuesto y Tiempo de implementación	El presupuesto para una PTAR es variable en función a las características del agua residual a tratar, los volúmenes, cantidad de población y métodos de tratamiento, sin embargo, de forma referencial se tienen los siguientes costos: <ul style="list-style-type: none"> - El costo total de inversión de una PTAR oscila entre 250.000 y 500.000 USD - El costo total per cápita varía entre 6 y 16 USD/cápita x año - El costo total por m³ de agua tratada está entre 0,3 y 0,4 USD/m³.
Mecanismos de coordinación interinstitucional	La coordinación interinstitucional es muy importante para la implementación y operación de una PTAR, ya que involucra tanto a la población que debe ser consciente de la importancia del tratamiento de las aguas residuales, a las autoridades municipales, comité de agua, autoridades departamentales y nacionales, ya que debe asegurarse el financiamiento anual para su adecuada operación.
Indicadores de Impacto	Cantidad de m ³ de agua residual tratada y reusada para riego.
Conclusiones	La implementación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales, así como el reuso de las aguas residuales tratadas es imprescindible, puesto que de esta manera se evita una importante fuente contaminante y coadyuva en la mejora de la calidad de vida de la población del área de estudio.

21.1.3 Línea de Acción LA 1.2: Gestión Integral de Residuos Sólidos

Asimismo, respecto a la Gestión Integral de Residuos, la cabeza del sector es el Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico, más específicamente la Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

En el ámbito normativo se cuenta con la Ley No 755 de Gestión Integral de Residuos y su respectivo reglamento, instrumentos que otorgan las responsabilidades y atribuciones de los diferentes niveles del Estado, así como las responsabilidades de los generadores de residuos y en cuyo marco se deberán desarrollar los proyectos.

Del trabajo de campo realizado, se identifica que en la mayor parte del área de estudio no se cuenta con rellenos sanitarios consolidados y en algunos casos se cuenta con botaderos, siendo una práctica muy habitual la quema de residuos y posterior entierro de sus cenizas, con los consiguientes efectos e impactos hacia la atmósfera y contaminación de cuerpos de agua subsuperficiales, además de los impactos ambientales como la dispersión de residuos no enterrados, dispersión de material particulado contaminado (cenizas de residuos), vectores y otros.

FICHA TÉCNICA N° 3	
CATEGORÍA	CONTENIDO
Lineamientos y Acciones Estratégicas	SANEAMIENTO BÁSICO
Tipo de Acción	GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS
Objetivo	Brindar los lineamientos básicos necesarios para la implementación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos en los municipios del área de estudio.
Actividades para la implementación	La actividad imprescindible para la implementación de la Gestión Integral de Residuos sólidos, es la elaboración del Programa Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PMGIR), el cual resume las políticas municipales respecto a la gestión de residuos.
Alternativas de prevención y mitigación	Siendo que actualmente la gran mayoría de los municipios que componen el área de estudio, realizan la quema y entierro de sus residuos, sin control, las alternativas de prevención y mitigación ante la inexistente GIRS

	<p>municipal, es la construcción de rellenos sanitarios municipales, sin embargo, esta acción es solamente una medida aislada ante la problemática de los residuos.</p> <p>Otra alternativa es la implementación de un incinerador de residuos, para llevar a cabo la incineración en condiciones controladas, de forma que no impacte al medio ambiente, sin embargo, este método puede ser costoso. Por otra parte, conforme establece la normativa nacional de residuos, es posible implementar rellenos sanitarios mancomunados, con lo que podría reducirse los costos, para lo cual se requiere un análisis de costos detallado.</p>
<p>Procesos y operaciones</p>	<p>Los procesos y operaciones secuenciales son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caracterización de residuos (determina el tipo de residuos que se generan en el municipio, diferenciando residuos reciclables, aprovechables y restos). - Diseño del Sistema de aseo y recolección de residuos. - Diseño del Sistema de recolección diferencia o puntos de recolección de residuos aprovechables y reciclables. - Diseño del relleno sanitaria (definición del sitio, metodología de disposición final de residuos, tratamiento de líquidos lixiviados). - Sensibilización de la población: es recomendable realizar con la participación de estudiantes voluntarios de diferentes niveles. - Gestión de residuos aprovechables: <ul style="list-style-type: none"> - Residuos inorgánicos (plásticos, metales, vidrio, papel y cartón) - Residuos orgánicos (restos vegetales) para la elaboración de compost, como mejorador de suelos. <p>Al interior del relleno sanitario se llevarán a cabo las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Una buena compactación de los desechos sólidos, antes y después de cubrirlos con tierra. ✓ Cubrimiento diario de la basura con una capa de tierra o material similar. ✓ Controlar con drenajes y otras técnicas los líquidos o percolados y los gases que produce el relleno, para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente. ✓ Evitar por medio de canales y drenajes que el agua de lluvia ingrese al relleno sanitario. ✓ Una supervisión constante, tanto de los administradores como de las organizaciones comunales. <p>Un escenario óptimo para la GIRS, es la implementación de Complejos de Tratamiento y Disposición final de residuos sólidos, que incluye el relleno sanitario y plantas para el aprovechamiento de residuos.</p>
<p>Acciones de control</p>	<p>El control debe ser realizado en primera instancia por las autoridades municipales y por la Dirección General de Gestión Integral de Residuos.</p>
<p>Presupuesto y Tiempo de implementación</p>	<p>En la GIRS, el costo más importante es el del relleno sanitario, cuyo costo de inversión depende de la vida útil de relleno, de la generación per cápita de residuos y el método que se elija.</p> <p>Respecto al tiempo de implementación, un relleno sanitario municipal o mancomunado puede ser implementado en 1 año, sin embargo, la implementación de la Gestión Integral de Residuos puede ser ejecutada en al menos 5 años, ya que involucra muchas otras variables.</p> <p>El costo aproximado para un Complejo de Tratamiento y disposición final de residuos sólidos es de 350.000 USD, con un tiempo de vida útil de 20 años, el cual puede ser mancomunado.</p> <p>Actualmente existen agencias de cooperación internacional como HELVETAS, Banco Mundial y otras, que tienen como una de sus áreas de intervención a la Gestión Integral de Residuos, por lo cual es posible acceder a préstamos o financiamiento.</p>

Mecanismos de coordinación interinstitucional	La coordinación es imprescindible para la ejecución del proyecto, a nivel municipal y departamental, a la cabeza de la Dirección General de Gestión Integral de Residuos, dependiente del MMAyA.
Indicadores de Impacto	Cantidad de toneladas de residuos sólidos gestionados conforme a la normativa nacional.
Conclusiones	La implementación de la GIRS en los municipios es muy importante ya que involucra muchos factores ambientales, siendo su relación e impacto más directo la mitigación de la contaminación hídrica.

21.2 Lineamiento Estratégico 2: Tecnológico Productivo

En el área de estudio se evidenció, por un lado, la presencia de actividades mineras activas como Fuentes de Contaminación y por el otro lado, se identifica actividad agropecuaria con escaso avance tecnificado, en ese sentido se percibe la necesidad de la población de desarrollar intensivamente las actividades del agro y actividades diferentes a la minería. En este sentido se desarrollan una Línea de acción, que se describe a continuación.

21.2.1 Línea de Acción LA 2.1: Aprovechamiento Industrial de Salares para Producción de Sal

Como producto del trabajo de campo y las entrevistas realizadas, se identifica la necesidad de dar solución a dos temáticas importantes que se engloban en el presente Eje Estratégico, la primera es la relacionada con la presencia de 2 salares en el área de estudio, Tarquiamaya y Jayuma Llagua, los cuales actualmente son explotados de forma artesanal con las consiguientes complicaciones principalmente en la época lluviosa, asimismo, de acuerdo a la evaluación realizada se constituyen en fuentes contaminantes naturales.

La sal es recuperada por la población habitante del sector y comercializada para consumo animal en la ciudad de La Paz, las personas entrevistadas señalaron que si bien existe una Cooperativa, la misma no funciona, siendo que la comercialización se realiza de manera individual.

En ese sentido se establece la necesidad de implementar proyectos para el aprovechamiento de este recurso.

Los salares identificados tienen la característica de ser formados por manantiales salinos, con alto contenido de sales carbonatadas. Así también los análisis químicos realizados indican que tienen alto contenido de Sodio, Cloruro, Sulfatos y Boro, con presencia de Litio y concentraciones importantes de Arsénico y Cadmio.

En la siguiente ficha técnica se resumen las acciones enmarcadas en este eje estratégico:

FICHA TÉCNICA N° 4	
CATEGORÍA	CONTENIDO
Línea Estratégica	ÁMBITO TECNOLÓGICO Y PRODUCTIVO APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DE SALARES PARA PRODUCCIÓN DE SAL.
Línea de Acción	Debido a procesos evaporíticos, la formación de salares en las unidades hidrográficas del área de estudio, es aparentemente factible, por lo que luego de una evaluación de los mismos, se propone el aprovechamiento y producción industrial de Sal de mesa.
Objetivo	El objetivo de la presente acción, es plantear las acciones generales para el aprovechamiento rentable de los salares formados en las unidades hidrográficas del área de estudio, a través de la industrialización de los recursos evaporíticos con la producción de sal común o de mesa.
Actividades para la implementación	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación y clasificación de salares (caracterización). - Descripción mineralógica a detalle de los materiales evaporíticos de los salares. - Muestreo y análisis químico. - Desarrollo de pruebas de producción de sal común. - Cuantificación y cualificación de NaCl.

<p>Alternativas de prevención y mitigación</p>	<p>- Diseño de procesos industriales y dimensionamiento.</p> <p>Se han identificado las operaciones básicas de industrialización artesanal de NaCl y la producción de sal, en los salares de Tarquiamaya y Jayuma Llallagua.</p> <p>El componente preventivo y de mitigación está enfocado justamente a desarrollar proyectos de industrialización con soporte técnico y de investigación como se propone a través de esta actividad.</p>
<p>Procesos y operaciones</p>	<p>Los procesos y operaciones de recuperación y producción de sal, se inician con la identificación y descripción mineralógica y de concentración de NaCl de salmueras o costras salinas que contengan dichos salares. Posteriormente se realizan pruebas y ensayos de diferentes métodos de recuperación de NaCl y producción de sal para diferentes usos.</p> <p>Materia prima: Halita, procedente de manantiales salinos ubicados en Tarquiamaya y Jayuma Llallagua.</p> <p>En la zona de emplazamiento se detectan altos índices de radiación solar, lo cual es favorable para su evaporación y permite con mayor rapidez la formación de salmuera, beneficiando potencialmente a su desarrollo en el mercado.</p> <p>Dentro de los usos que tienen los diferentes tipos de sales que existen, se encuentran los tipos de sales para diferentes usos: Sal de mesa, sal para uso en la Industria química, tratamiento de aguas, exploración de petróleo y gas, industria textil, curtiembre.</p> <p>Procesos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Piscinas impermeables para la formación de la salmuera. - Cinta transportadora: Se utiliza una cinta transportadora de acero inoxidable con bandas transportadoras. - Centrifugadora: Máquina en la que se genera fuerza centrífuga en su interior, de tal forma que permite secar sustancias. - Tolva de recepción: La tolva vibrante permite recepcionar la materia prima (la sal proveniente del lavado); además, dosifica el flujo de entrada de sal hacia el cilindro secador. - Cilindro secador: Cilindro rotatorio conectado a una fuente de calor, suele contener paletas internas para facilitar el avance del paso de la sal. En él se realiza un pre-secado, con la finalidad reducir el porcentaje de humedad de la materia prima, a su vez transporta la sal hacia la faja. - Faja transportadora: Faja que transporta la sal que sale del cilindro secador hacia el molino de martillo. - Molino de martillo: Equipo de acero inoxidable que reduce el tamaño del grano de sal, que emplea golpes de martillo, de tal forma que, asegurar la uniformidad en su granulometría. Una vez que la sal llega al molino, se realizará el proceso de molienda para obtener partículas finas. - Pulverizador: Dispositivo en el que se coloca el yodo y se aplica por el método húmedo rociando sobre la sal, se le agrega entre 30 a 40 ppm de yodo a la sal, cumpliendo de esta manera con las normas técnicas. - Cilindro quemador: Equipo rotatorio el cual tiene como objetivo secar uniformemente la sal yodada a una temperatura aproximada de 45 °C. Este cilindro quemador tiene implementado un sistema de calefacción a gas, que actúa como fuente de calor. - Cilindro enfriador: Equipo que baja la temperatura de la sal que sale del cilindro quemador hasta una temperatura ambiente. - Envasadora: Máquina que permite sellado el envasado y sellado automático del producto para su posterior venta al Mercado - Máquina etiquetadora: Máquina que se encarga de etiquetar o imprimir los datos de las fechas de fabricación, fecha de vencimiento, número de lote y hora de producción en los envases y empaques del producto <p>El proceso de industrialización de la sal permitirá mitigar el impacto aguas debajo de estas zonas, evitando la modificación de su composición.</p>
<p>Acciones de control</p>	<p>Desarrollar acciones de control y seguimiento del proyecto en coordinación con unidades técnicas de los Gobiernos Autónomos Municipales y Departamentales correspondientes.</p>
<p>Presupuesto y Tiempo de implementación</p>	<p>BOB 741.000. Un año para la evaluación de salares y el aprovechamiento industrial del NaCl en el área de estudio.</p>

	Incluye personal técnico, 3 ingenieros y 1 conductor eventual, gastos de operación, logística y costos por análisis de laboratorio.
Mecanismos de coordinación interinstitucional	Desarrollar un plan de inversión en función a la gestión de financiamiento por entidades Municipales, Departamentales y Nacionales, además de la gestión de intervención de entidades de apoyo internacional como Swisscontact y la Embajada Real de Dinamarca DANIDA, potenciales aliados que tienen experiencias de soporte en proyectos similares en Bolivia. Las Cámaras de Industrias y Comercio y las Federaciones de mineros cooperativizados pueden constituirse en contraparte importante del proyecto. La dirección técnica, para la implementación de esta Acción de Lineamiento Estratégico en el Ámbito Tecnológico y Productivo, debe estar a cargo de los gobiernos autónomos municipales correspondientes en coordinación con las cabezas de sector. La ejecución debe realizarla alguna instancia con experiencia específica en evaluación de depósitos evaporíticos e industrialización.
Indicadores de Impacto	Número de salares identificados, clasificados y evaluados mineralógicamente y económicamente para la industrialización del NaCl y la producción de sal común.
Conclusiones	Los salares formados a partir de manantiales salinos en las zonas de Tarquiamaya y Jayuma Lallagua tienen potencial para su aprovechamiento e industrialización, este proyecto es alcanzable mediante alianzas estratégicas. Se deberá realizar la complementación con un estudio de mercado que permita identificar el precio de venta y los canales de distribución.

21.3 Lineamiento Estratégico 3: Ámbito Minero

Al final de las operaciones de una mina, las instalaciones de almacenamiento de residuos mineros, deberían ser físicamente estables bajo eventos extremos tales como inundaciones, terremotos y fuerzas externas constantes tales como la erosión del viento y el agua, de tal manera que estas instalaciones no representen un riesgo a la salud pública y seguridad para el medio ambiente.

En relación a la estabilidad química, la lixiviación de contaminantes contenidos en los residuos mineros y su migración hacia el ambiente, no deberían poner en peligro la salud pública o su seguridad, ni tampoco afectar los parámetros aceptables que garantizan la calidad del agua en los cursos de agua, aguas abajo.

En ese sentido, se plantean tres Líneas de Acción, la primera dirigida a la identificación de potenciales de los PAM, la segunda enfocada en el tratamiento de los DAM y DAR y la tercera dirigida al aprovechamiento de DAM y DAR.

21.3.1 Línea de Acción LA 3.1: Evaluación mineralógica de pasivos ambientales mineros tipo colas y desmontes

FICHA TÉCNICA N° 5	
CATEGORÍA	CONTENIDO
Línea Estratégica	ÁMBITO MINERO EVALUACIÓN MINERALÓGICA DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS TIPO COLAS Y DESMONTES.
Línea de Acción	Los diques de colas y depósitos de desmontes, son materiales potenciales de albergar minerales y elementos químicos recuperables y aprovechables, bajo la implementación de procesos metalúrgicos actuales.
Objetivo	La evaluación mineralógica de los depósitos de colas y desmontes, tiene como objetivo, aprovechar económicamente estos materiales y remediar ambientalmente el pasivo.
	Las actividades a desarrollarse son:

Actividades para la implementación	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación y clasificación de depósitos de colas y desmontes. - Descripción mineralógica a detalle de los materiales. - Muestreo y análisis químico. - Desarrollo de pruebas metalúrgicas de recuperación mineralógica. - Cuantificación y cualificación mineralógica de pasivos.
Alternativas de prevención y mitigación	<p>Las instalaciones de almacenamiento de residuos que han finalizado su actividad y están clausuradas, deberían ser, seguras, estables y estéticamente aceptables, sin embargo, en el área de estudio ocurre lo contrario, evidenciando por una parte, la presencia de una gran cantidad de pasivos ambientales mineros expuestos a las condiciones climatológicas, siendo susceptibles de difundir sus partículas tanto a la atmósfera como al recurso hídrico, y por otra parte, la presencia de drenaje ácido de mina y drenaje ácido de roca, impactando directamente sobre los cuerpos de agua, suelo y toda actividad que pudiera desarrollarse en la zona.</p>
Procesos y operaciones	<p>Los procesos de recuperación metalúrgica de minerales, involucran las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificación y descripción mineralógica de los materiales, colas y desmontes. - Análisis químico analítico de los componentes minerales y la cuantificación de los mismos. - Ensayo de diferentes métodos metalúrgicos de recuperación por rangos de granulometría. <p>Una vez determinado el interés económico de los PAM, en caso de no ser de importancia comercial, deberán seguirse mínimamente los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Impermeabilización de los suelos - Contención de los residuos evitando el contacto con cuerpos de agua y manejando los lixiviados ácidos que generen. - Implementación de medidas estructurales de aislamiento de ciertos depósitos de colas y desmontes que generen alto grado de drenajes ácidos de roca DAR u otra forma de contaminación ambiental.
Acciones de control	<p>Proyectar acciones de control y seguimiento de los depósitos de colas y desmontes a evaluar, mitigar o remediar en coordinación con unidades técnicas de los Gobiernos Autónomos Municipales y Departamentales correspondientes, además del Ministerio de Medio Ambiente y Agua y el Ministerio de Minería y Metalurgia.</p>
Presupuesto y Tiempo de implementación	<p>BOB 1.376.000. Un año para la evaluación técnica mineralógica de los PAM del área de estudio. Incluye personal técnico, 2 ingenieros y 1 conductor eventual, gastos de operación, logística y costos por análisis de laboratorio.</p>
Mecanismos de coordinación interinstitucional	<p>Desarrollar un plan de inversión en función a la gestión de financiamiento por entidades Municipales, Departamentales y Nacionales, además de la gestión de intervención de entidades de apoyo internacional como SWISS Contact y la Embajada Real de Dinamarca -DANIDA, potenciales aliados que tienen experiencias de soporte en proyectos similares en Bolivia. Las federaciones de mineros cooperativizados pueden constituirse en contraparte importante del proyecto.</p> <p>La dirección técnica, para la implementación de esta Acción de lineamiento estratégico en el Ámbito Minero, debe estar a cargo de los gobiernos autónomos municipales correspondientes en coordinación con las cabezas de sector. La ejecución debe realizarla alguna instancia con experiencia específica en evaluación de depósitos mineralógicos, como SERGEOMIN o la Dirección de Medio Ambiente de COMIBOL, o en su defecto, terciarizar como consultoría por producto.</p>
Indicadores de Impacto	<p>Número de PAM clasificados, evaluados mineralógicamente y remediados o mitigados en las unidades hidrográficas del área de estudio.</p>
Conclusiones	<p>Los PAM se constituyen en importantes Fuentes de Contaminación, por lo que su atención es urgente, en orden de la Jerarquización realizada.</p>

21.3.2 Línea de Acción LA 3.2: Tratamiento de Drenajes Ácidos de Mina y Roca

Muchos de los problemas ambientales más difíciles y costosos son consecuencia del drenaje ácido de roca (DAR). Los minerales sulfurosos, como la pirita, suelen estar asociados a muchos yacimientos, justamente la oxidación de estos minerales y la posterior lixiviación de sus productos de oxidación ácida, incluido el ácido sulfúrico, lo que provoca el DAR. El vertido de soluciones ácidas de las explotaciones mineras se conoce como Drenaje Ácido de Mina (DAM). Esta situación se agrava en muchas situaciones por la presencia de metales pesados como el manganeso, el cobre, el arsénico y el zinc, que pueden disolverse en las soluciones ácidas, movilizándose y siendo potencialmente "biodisponibles".

Como producto del trabajo de campo, las entrevistas realizadas y la aplicación de las metodologías de Clasificación y Jerarquización, se establece que una de las Fuentes Contaminantes más importantes son las relacionadas con la actividad minera.

FICHA TÉCNICA N° 6	
CATEGORÍA	CONTENIDO
Línea Estratégica	ÁMBITO MINERO
Línea de Acción	TRATAMIENTO DE DRENAJES ÁCIDOS DE MINAS Y ROCAS. Las operaciones mineras activas y paralizadas o abandonadas, desarrollan por lo general labores como corridas, recortes, galerías y bocaminas, mismas que generalmente drenan lixiviados denominados <i>copajira</i> o drenajes ácidos de minas DAM. Por su parte, los depósitos de colas y desmontes también generan lixiviados conocidos como drenajes ácidos de roca DAR.
Objetivo	En el manejo de drenajes ácidos de minas y rocas, se tiene como objetivo controlar estos lixiviados para que no entren en contacto con factores ambientales como suelos y cuerpos de agua que se vean contaminados por su concentración de elementos pesados, a través del diseño e implementación de medidas estructurales de mitigación ambiental.
Actividades para la implementación	La mayoría de las minas activas con un problema potencial de DAR adoptan un enfoque que combina la mitigación y el aislamiento, así como cierta interceptación y tratamiento, el DAR implica tres pasos: oxidación, lixiviación y drenaje. Las actividades para la implementación del manejo de DAM y DAR, se deberán ejecutar de forma secuencial las siguientes actividades: <ul style="list-style-type: none"> - Identificación y clasificación de los drenajes DAM y DAR. - Caracterización y análisis químico de los drenajes ácidos. - Priorización de obras en sitios de generación de drenajes ácidos contaminantes. - Elaboración a diseño final de obras de mitigación y remediación ambiental de drenajes ácidos de minas y rocas.
Alternativas de prevención y mitigación	La mitigación, como alternativa de solución ambiental, está también dirigida a la identificación, caracterización y manejo de los drenajes a través de la implementación de medidas estructurales como captaciones de las soluciones y conductos que las lleve a un sitio de tratamiento. <u>Prevención</u> La mejor manera de evitar la oxidación de los sulfuros es mantener el material en condiciones de saturación, normalmente almacenándolo por debajo del nivel freático. <u>Mitigación y control</u> La prevención, si bien es teóricamente posible, resulta económica o prácticamente inalcanzable en muchas circunstancias. Por lo tanto, muchas minas de apertura adoptan un enfoque que combina la Mitigación de la oxidación y la lixiviación con la interceptación y el tratamiento.
Procesos y operaciones	Los procesos y operaciones de mitigación y remediación ambiental de drenajes ácidos de minas y rocas, involucra las siguientes actividades: <ul style="list-style-type: none"> - Identificación y clasificación de los lixiviados - Análisis de la concentración química de elementos

- Priorización de los drenajes en función al grado de acidéz
- Diseño de obras a diseño final de medidas estructurales de mitigación y remediación ambiental.
- Conformación de la superficie y tapado con material de baja permeabilidad, para minimizar la infiltración del agua de lluvia.
- Encapsulamiento total para minimizar la infiltración y también para restringir el suministro de oxígeno.
- Compactación para reducir la permeabilidad general, para minimizar las grietas que permiten el fácil acceso al aire y al agua, y para proporcionar barreras de baja permeabilidad

En el caso de las instalaciones de almacenamiento de colas/relaves con potencial de DAR, se pueden utilizar dos enfoques alternativos.

- 1) la cubierta húmeda, que consiste en mantener un estanque en la superficie de los residuos, excluyendo así el oxígeno atmosférico
- 2) la cubierta seca, en la que se coloca una tapa de baja permeabilidad sobre la superficie de los residuos, limitando tanto la entrada de oxígeno como la infiltración de las precipitaciones.

Tratamiento

A pesar de todas las medidas aplicadas para el almacenamiento de desmontes y colas/ relaves, todavía puede haber descargas ácidas que requieran tratamiento antes de descargarse al medio ambiente. Durante las operaciones, estas descargas se recolectan comúnmente y se agregan al agua de proceso. En el caso de la mayoría de las operaciones mineras, se agrega cal en el proceso para elevar el pH a 8 o más, de modo que este constituya el tratamiento necesario. Para el drenaje ácido que queda después de la finalización del procesamiento, es posible que se requiera un tratamiento continuo.

Para pequeñas descargas ácidas, esto puede ser tan simple como la adición de lechada de cal a la corriente. Para descargas más grandes, el drenaje ácido puede tratarse en una planta de tratamiento, utilizando cal. Existen varios otros tratamientos, tanto para eliminar metales como para neutralizar las corrientes. En particular, existen varias tecnologías muy prometedoras para la extracción de metales como el cobre, el zinc y el cadmio, como el proceso de tratamiento con biosulfuro y la cementación con zeolita, que en circunstancias variables pueden ser susceptibles de recuperación de metales. Sin embargo, la neutralización convencional que utiliza piedra caliza (CaCO_3) y / o cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) sigue siendo la tecnología de tratamiento más aplicada y más fiable. La cal reacciona con el ácido para producir yeso.

A medida que aumenta el pH con la adición de cal, los metales precipitarán de la solución en forma de hidróxidos.

21.3.2.1 Remediación

Los problemas y las posibles medidas de control son esencialmente los mismos que los que afectan a las minas de explotación. Sin embargo, el costo puede ser mucho mayor, debido a los siguientes factores:

- Los registros de la construcción y la explotación no suelen estar disponibles o son inadecuados, y se requiere un esfuerzo considerable para identificar los problemas y caracterizar los residuos mineros y el alcance de la contaminación.
- Tras el abandono, estructuras como los terraplenes de estériles y los muros de contención pueden haber fallado, descargando su contenido que puede haber sido transportado mucho más allá de su zona de almacenamiento original
- Los penachos de aguas residuales contaminadas pueden haber migrado mucho más allá de las fuentes de contaminación

	<ul style="list-style-type: none"> La capacidad de tratamiento de los problemas ya no reside en el lugar. Los investigadores y diseñadores deben ser contratados desde fuera y necesitan tiempo para familiarizarse con la situación. Del mismo modo, es posible que haya que movilizar a distancia el equipo para la rehabilitación. Esto contrasta con la situación de una mina en funcionamiento, en la que la mayor parte del personal y el equipo ya están disponibles. <p>En el marco de una gestión ambiental minera responsable y con el objetivo de proteger y restaurar el ecosistema local, existen grandes oportunidades de mejoras en las prácticas y procesos productivos, con la utilización de tecnologías amigables con el medio ambiente.</p>
Acciones de control	Diseñar e implementar acciones de control y seguimiento al desarrollo de las medidas de mitigación y remediación de los drenajes ácidos de minas y rocas, en coordinación con unidades técnicas de los Gobiernos Autónomos Municipales y Departamentales correspondientes además del Ministerio de Medio Ambiente y Agua y el Ministerio de Minería y Metalurgia.
Presupuesto y Tiempo de implementación	BOB 897.000. Un año para la caracterización y manejo de drenajes ácidos de mina y roca, DAM y DAR, del área de estudio. Incluye personal técnico, 3 ingenieros y 1 conductor eventual, gastos de operación, logística y costos por análisis de laboratorio.
Mecanismos de coordinación interinstitucional	Desarrollar un plan de inversión en función a la gestión de financiamiento por entidades Municipales, Departamentales y Nacionales, además de la gestión de intervención de entidades de apoyo internacional como Swisscontact y la Embajada Real de Dinamarca - DANIDA, potenciales aliados que tienen experiencias de soporte en proyectos similares en Bolivia. Las federaciones de mineros cooperativizados pueden constituirse en contraparte importante del proyecto. La dirección técnica, para la implementación de esta Acción de Lineamiento Estratégico en el Ámbito Minero, debe estar a cargo de los gobiernos autónomos municipales correspondientes en coordinación con las cabezas de sector. La ejecución debe realizarla alguna instancia con experiencia específica en evaluación de depósitos mineralógicos, como SERGEOMIN o la Dirección de Medio Ambiente de COMIBOL, o en su defecto, terciarizar como consultoría por producto.
Indicadores de Impacto	Número de labores mineras identificadas que generan drenaje ácido de mina y número de diques de colas y depósitos de desmontes que generan lixiviados ácidos de roca. Número de drenajes ácidos proyectados a ser mitigados y remediados a través de obras a diseño final elaborados.

21.3.3 Línea de Acción LA 3.3: Aprovechamiento de DAM, DAR y chatarra metálica

Conforme a lo descrito en el presente documento y el proceso de clasificación y jerarquización de Fuentes Contaminantes del área de estudio, y el trabajo de campo, se identificó la presencia de una importante cantidad de PAM, con generación de DAM y DAR, así también la presencia de chatarra abandonada y residuos metálicos, constituyéndose en una importante Fuente de Contaminación. En este sentido, se plantea la fabricación de productos de química básica a partir de DAM, DAR y chatarra metálica.

FICHA TÉCNICA N° 7	
CATEGORÍA	CONTENIDO
Línea Estratégica	ÁMBITO MINERO
Línea de Acción	APROVECHAMIENTO DE DAM, DAR Y CHATARRA METÁLICA Otra opción para la gestión de los DAM, es el aprovechamiento mediante la reacción del ácido sulfúrico contenido con otros materiales metálicos,

	tales como el hierro y el cobre, contenidos en chatarra (residuos de procesos minero metalúrgicos).
Objetivo	Plantear acciones para el aprovechamiento de las características de los DAM, para la fabricación de productos de química básica tales como ácido sulfúrico de baja concentración, sulfato de cobre y sulfato de hierro.
Actividades para la implementación	Las actividades para la implementación del manejo de DAM y DAR, se deberán ejecutar de forma secuencial las siguientes actividades: <ul style="list-style-type: none"> - Selección, identificación y cuantificación de caudales de los drenajes DAM y DAR. - Caracterización y análisis químico de los drenajes ácidos. - Priorización de DAM con mayor concentración de ácidos. - Elaboración a diseño final de obras civiles para la captación y procesos.
Alternativas de prevención y mitigación	El aprovechamiento es una medida de mitigación ante la generación de DAM y DAR, a través de la reacción con metales para la obtención de productos de química básica, tales como el sulfato de hierro y el sulfato de aluminio, empleando la chatarra procedente de residuos .
Procesos y operaciones	Los procesos y operaciones para el aprovechamiento de DAM y DAR son: <ul style="list-style-type: none"> - Identificación y clasificación de los lixiviados - Análisis de la concentración química de elementos - Identificación de bancos de chatarra (residuos de minería y metalurgia) - Priorización de los drenajes en función al grado de acidéz - Diseño de obras a diseño final para la construcción de piscinas de almacenamiento, elementos para la reacción química y recuperación de productos finales.
Acciones de control	El control deberá ser ejecutado en coordinación con unidades técnicas de los Gobiernos Autónomos Municipales y Departamentales correspondientes además del Ministerio de Medio Ambiente y Agua y el Ministerio de Minería y Metalurgia.
Presupuesto y Tiempo de implementación	BOB 897.000. Un año para la caracterización y manejo de drenajes ácidos de mina y roca, DAM y DAR, del área de estudio. Incluye personal técnico, 3 ingenieros y 1 conductor eventual, gastos de operación, logística y costos por análisis de laboratorio.
Mecanismos de coordinación interinstitucional	Desarrollar un plan de inversión en función a la gestión de financiamiento por entidades Municipales, Departamentales y Nacionales, además de la gestión de intervención de entidades de apoyo internacional como Swisscontact y la Embajada Real de Dinamarca - DANIDA, potenciales aliados que tienen experiencias de soporte en proyectos similares en Bolivia. Las federaciones de mineros cooperativizados pueden constituirse en contraparte importante del proyecto. La dirección técnica, para la implementación de esta Acción de Lineamiento Estratégico en el Ámbito Minero, debe estar a cargo de los gobiernos autónomos municipales correspondientes en coordinación con las cabezas de sector. La ejecución deberá ser ejecutada en coordinación entre el MMAyA (Dirección General de Gestión Integral de Residuos) y el Ministerio de Minería, a través de una consultoría por producto.
Indicadores de Impacto	Número de PAM identificados que generan drenaje ácido de mina con proyectos de aprovechamiento para la fabricación de productos de química básica.
Conclusiones	Los DAM y DAR, debido a sus características ácidas, tienen el potencial de constituirse en insumos para la fabricación de productos de química básica, que puede ser comercializado. Sin embargo, es necesario contar con un estudio de mercado para el establecimiento del precio de venta, mercado y los canales de distribución.

21.4 Lineamiento Estratégico 4: Gestión Ambiental Municipal

La Gestión Ambiental Municipal debe alinearse a las políticas públicas y al contexto ambiental, en cuanto al ejercicio de competencias exclusivas municipales de los servicios de aseo y saneamiento, así como en la implementación de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

De esta manera, articula acciones con el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) mediante el Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB) y el Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios de Saneamiento Básico (SENASBA). Coordina con los gobiernos autónomos departamentales.

Asimismo, siendo que en estudio se identificó como una de las fuentes contaminantes más importantes a la actividad minera, la gestión ambiental municipal también deberá vincularse con el Ministerio de Minería, a través de sus instancias ambientales.

En ese sentido, se establece la necesidad de contar con una Línea Estratégica ambiental y dos Líneas de Acción.

21.4.1 Línea de Acción LA 4.1: Fortalecimiento de la Gestión Ambiental Municipal

De acuerdo a lo verificado en el trabajo de campo y las entrevistas realizadas, se identifica que el nivel de desarrollo de la gestión ambiental municipal en el área de estudio es aún incipiente y se encuentra en su etapa inicial, siendo que en la mayoría de los municipios visitados no se cuenta con un responsable del área ambiental, lo cual denota el desconocimiento de la normativa ambiental nacional, enfocada a la actividad minera, actividad manufacturera, gestión integral de residuos y otras, la cual es de cumplimiento obligatorio, tanto para la población como para los diferentes niveles del Estado.

FICHA TÉCNICA N° 8	
CATEGORÍA	CONTENIDO
Línea Estratégica	ÁMBITO AMBIENTAL
Línea de Acción	FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL MUNICIPAL
Objetivo	Fortalecer instituciones locales en sus capacidades en la toma de decisiones vinculadas a brindar servicios de gestión ambiental, como servicios públicos de tratamiento de aguas residuales y gestión de residuos sólidos. Así como servicios especializados en pre-inversión, desarrollo de capacidades, operación y mantenimiento de infraestructuras en tratamiento de aguas residuales y rellenos sanitarios.
Actividades para la implementación	El fortalecimiento de la gestión ambiental municipal deberá ser desarrollada a través de las siguientes actividades: <ul style="list-style-type: none"> - Creación o formalización de la unidad de gestión ambiental municipal. - Creación del presupuesto municipal para asegurar el funcionamiento de la unidad de medio ambiente.
Procesos y operaciones	Las operaciones que deberán llevarse a cabo son las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> - Elaboración del Plan de Acción Ambiental Municipal, debe captar toda la visión ambiental del municipio, en cuyo marco se desarrollarán las acciones estratégicas conducentes a la prevención de la contaminación, desarrollo sostenible, protección de las fuentes de agua y otras. Deberá incluir las metas referidas a la distribución de agua potable, cobertura de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración del Programa Municipal de Gestión Integral de Residuos, el cual definirá las metas a alcanzar respecto al sistema municipal de Aseo, relleno sanitario y otros. - Creación del Voluntariado Ambiental Municipal, se constituirá en la herramienta para la sensibilización de la población sobre la temática ambiental, actividad indispensable para el éxito de los planes y programas ambientales municipales. - Creación de la unidad de control ambiental de actividades económicas, obras y proyectos, la cual se constituirá en una unidad de recaudación de fondos para proyectos ambientales. - Fortalecimiento técnico del personal de la unidad ambiental.
Acciones de control	Las acciones de control se enmarcarán en la normativa ambiental nacional vigente, en la cual se establecen las obligaciones y atribuciones para los diferentes niveles del Estado.
Presupuesto y Tiempo de implementación	BOB239.600 Incluye 2 ingenieros ambientales o de ramas afines, 1 consultoría para la elaboración del Plan de Acción Ambiental Municipal, 1 consultoría para la elaboración del Programa Municipal de Gestión Integral de Residuos y presupuesto para las actividades de voluntariado ambiental municipal, por un año.
Mecanismos de coordinación interinstitucional	La gestión ambiental municipal debe coordinar directamente con las Autoridades Ambientales Nacionales y Departamentales, en el marco de sus obligaciones y responsabilidades.
Indicadores de Impacto	Número de proyectos ambientales ejecutados. Número de actividades de difusión ambiental realizadas.
Conclusiones	La gestión ambiental municipal es todavía incipiente, por lo que es pertinente el fortalecimiento, con el objetivo de orientar la política municipal y el aprovechamiento de los recursos con enfoque a la protección de medio ambiente.

21.4.2 Línea de Acción LA 4.2: Protección de Fuentes de Agua

La protección de fuentes de agua incluye una amplia variedad de acciones y actividades destinadas a salvaguardar, mantener o mejorar la calidad o cantidad de las fuentes de agua y sus áreas contribuyentes. En ese sentido, una línea de acción muy importante para la gestión integrada de recursos hídricos es la protección de las fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas, ya que de esta acción depende la disponibilidad de agua para el presente y futuro.

En el trabajo de campo se pudo identificar escenarios críticos en los que un PAM con generación de DAM o DAR se encuentra en la cabecera de la subcuenca, afectando la formación de bofedales, quemando toda cuanta vegetación se haya formado en su curso, impactando sobre todo el cuerpo de agua, originando que aguas abajo la población no pueda hacer uso de esas aguas, ni siquiera para riego ni para consumo animal.

Asimismo, de manera no tan crítica, ocurre algo similar con actividades antrópicas, principalmente en las relacionadas con disposición final de residuos y deficiente tratamiento de aguas residuales, contaminando el curso de agua, con el riesgo a la salud que este hecho implica.

Por otra parte, en una fracción del área de estudio se encuentran los Humedales Altoandinos, considerados como ecosistemas estratégicos por su función como reguladores y fuentes de agua para consumo, riego y generación de electricidad y como ecosistemas de alta biodiversidad, hábitat de especies de fauna y flora amenazada, centros de endemismo, espacio para actividades turísticas y espacio de vida para diferentes comunidades campesinas, poblaciones locales y pueblos indígenas, entre otros.

En este marco, se plantea la presente línea estratégica.

FICHA TÉCNICA N° 9	
CATEGORÍA	CONTENIDO
Línea Estratégica	ÁMBITO AMBIENTAL
Línea de Acción	PROTECCIÓN DE FUENTES DE AGUA Y BIODIVERSIDAD
Objetivo	Brindar lineamientos dirigidos a la protección de fuentes de agua.

Actividades para la implementación	<p>Las actividades para la implementación deberán ser</p> <p>Aplicación de los lineamientos estratégicos del Plan de Acción para la Conservación de los lagos Poopó y Uru Uru:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gestión del conocimiento (investigación y monitoreo). - Conservación de la Biodiversidad. - Aprovechamiento sustentable. - Comunicación, educación y construcción de capacidades. - Políticas, normativas y legislación <p>Así también el Plan Director de la Cuenca Poopó establece en su Línea Estratégica 1: Balance Hídrico para la vida y el desarrollo integral, 4 líneas de acción que involucran acciones destinadas a planificar la oferta hídrica.</p> <p>En cuyo marco deberán encararse los proyectos específicos, para cada Fuente de Agua.</p>
Procesos y operaciones	<p>Las operaciones y procesos para la protección de fuentes de agua, en general serán:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inventariación y caracterización de fuentes de agua. - Actualización del Inventario y caracterización de sitios RAMSAR. - Restauración de las zonas circundantes para reducir la contaminación por escorrentía - Estabilización de los bancos de arroyos para reducir la sedimentación - Protección de tierras/servidumbres - Prácticas de gestión para actividades agrícolas con control de aguas pluviales - Ordenamiento Territorial a través de Ordenanzas Municipales para limitar ciertas actividades en áreas de protección de fuentes de agua o de pozos - Desarrollo de planes de respuesta a emergencias - Capacitación técnica y procesos de sensibilización para los actores involucrados, tales como la industria, las empresas y los ciudadanos locales, sobre la prevención de la contaminación y la protección de las fuentes de agua.
Acciones de control	<p>Las acciones de control deberán ser encaradas por las autoridades municipales y departamentales, enmarcados en sus atribuciones y obligaciones otorgadas por ley.</p>
Presupuesto y Tiempo de implementación	<p>El presupuesto para la primera etapa del proyecto, que corresponde a las actividades de inventariación y caracterización de fuentes de agua, bofedales y humedales, es de aproximadamente 491.000Bs.</p> <p>Los presupuestos para la implementación de las obras de protección de las fuentes de agua, específicos, están en función a las condiciones del terreno, topografía, tipo de suelo y otros factores particulares para cada fuente.</p>
Mecanismos de coordinación interinstitucional	<p>La coordinación deberá ser encarada por los Gobiernos Autónomos Municipales, Gobierno Autónomo Departamental, Ministerio de Medio Ambiente y Agua, y las entidades relacionadas, así también Agencias de Cooperación Internacional.</p>
Indicadores de Impacto	<p>Número de fuentes de agua con protección.</p>
Conclusiones	<p>La protección de fuentes de agua es una de las líneas estratégicas más importantes en la Gestión Integrada de Recursos Hídricos, específicamente en el área de estudio, se cuenta con dos documentos guía que son el Plan Director de la Cuenca Poopó y el Plan de Acción para la conservación del Sitio RAMSAR Lagos Poopó y Uru Uru, que son el marco dentro del cual deberían ejecutarse las acciones puntuales para la protección de las fuentes de agua.</p>

21.4.3 Lineamiento Estratégico 5: Ámbito Normativo e Institucional

Como resultado del trabajo de campo y las entrevistas realizadas, se identifica un escaso dominio de la normativa nacional vigente, en lo referente a las atribuciones, competencias y obligaciones que otorga a los diferentes niveles del Estado, en la temática ambiental, residuos sólidos, saneamiento básico, minería y normas técnicas conexas.

En ese sentido, surge la necesidad de difundir la normativa nacional, para posteriormente poder plantear ajustes y modificaciones, en caso de que corresponda.

En la siguiente ficha técnica se presenta el detalle de las actividades:

FICHA TÉCNICA N° 10	
CATEGORÍA	CONTENIDO
Lineamientos y Acciones Estratégicas	ÁMBITO NORMATIVO E INSTITUCIONAL
Tipo de Acción	DIFUSIÓN, CAPACITACIÓN Y ADECUACIÓN DE LA NORMATIVA. La normativa vigente en temas como pasivos ambientales, operaciones mineras formales, cuidado del medio ambiente y su gestión, saneamiento básico y otros, debe ser difundida y entendida entre autoridades locales y municipales e incluso por la población en general que requiere practicar seguimiento social de proyectos de desarrollo en sus comunidades y entornos ambientales.
Objetivo	La difusión, capacitación y adecuación de la normativa vigente en nuestro país, tiene como objetivo principal, lograr que autoridades locales y municipales, técnicos de instituciones, miembros de sectores sociales y población en general, estén bien informados, conozcan la norma, estén capacitados y entiendan las distintas problemáticas relacionadas a minería, agua, medio ambiente, saneamiento básico y otros. <ul style="list-style-type: none"> - Difusión de la normativa vigente, junto a otros documentos relacionados. - Capacitación en aspectos de la normativa y temas técnicos de importancia que relacionan a pobladores de unidades hidrográficas del área de estudio, con actividades mineras, agrícolas, ambientales y otras. - Revisión, preparación y edición de material técnico relacionado a distintas problemáticas, a partir de la normativa vigente en nuestro país, llevado a lenguaje común, sencillo y práctico, para implementar talleres, teóricos y prácticos, de capacitación y difusión de la normativa e información técnica acerca de minería, medio ambiente, agua, saneamiento básico, relaciones comunitarias y cuencas, a diferentes niveles de la sociedad e instituciones locales y municipales. <p>Por otra parte, habiendo identificado debilidades técnicas en el desarrollo de las actividades mineras, se plantea la elaboración de Guías Ambientales para la Minería.</p>
Actividades para la implementación	Justamente, a nivel de prevención y mitigación, están orientados la difusión, capacitación y actualización de la normativa vigente relacionada a temas de orden técnico como minería, medio ambiente, saneamiento básico y otros.
Alternativas de prevención y mitigación	Los procesos de difusión, capacitación y actualización de la normativa vigente en nuestro país, pasa por la implementación de talleres a través de los cuales, justamente se compartirán y difundirán los temas correspondientes.
Procesos y operaciones	Respecto a las Guías Ambientales para la Minería Un vacío importante en el aspecto normativo minero es la falta o deficiencia en guías ambientales. En ese sentido, es necesario normar el Cierre de pasivos Ambientales Mineros y al mismo tiempo desarrollar una serie de guías que faciliten el proceso.

	<p>Algunos de los temas que se relacionan con las actividades de cierre de pasivos ambientales mineros y que necesitan de una guía ambiental específica son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental. • Elaboración de Programas de Adecuación y Manejo Ambiental. • Vegetación de Áreas Disturbadas por la Industria Minero Metalúrgica. • Manejo de Drenaje Ácido de Minas. • Manejo de Relaves Mineros. • Actividades de Exploración de Yacimientos Minerales. • Cierre y Abandono de Minas. • Estabilidad de Taludes de Depósitos de Residuos Sólidos Provenientes de las Actividades Mineras. • Relaciones Comunitarias. • Estandarizar la Elaboración y Revisión de Estudios de Impacto Ambiental de Proyectos Mineros. • Criterios para la Disposición Subacuática de Relaves Mineros. • Elaboración de Planes de Cierre de Minas • Evaluación de Impactos en la Calidad del Aire por Actividades Minero - Metalúrgicas) • Diseño de Coberturas de depósitos de residuos Mineros. • Evaluación de la Estabilidad de la infraestructura minera. • Diseño de Tapones para el Cierre de Labores Mineras
Acciones de control	<p>Si las autoridades locales y municipales correspondientes a las unidades hidrográficas del área de estudio, además de técnicos, representantes de sectores sociales y población en general están capacitados e informados respecto a la normativa vigente en temas como minería, medio ambiente, saneamiento básico y otros, las acciones de control, seguimiento y gestión de proyectos relacionados, tendrán resultados óptimos y consensuados.</p>
Presupuesto y Tiempo de implementación	<p>BOB 818.500. Nueve meses para la preparación, edición y difusión de material didáctico relacionado a la normativa vigente en nuestro país. Incluye personal técnico, 1 ingeniero, 1 doctor en leyes, 1 licenciado en comunicación y 1 conductor eventual, gastos de operación, logística y costos por análisis de laboratorio.</p>
Mecanismos de coordinación interinstitucional	<p>Recomendable desarrollar un plan de inversión en función a la gestión de financiamiento por entidades Municipales, Departamentales y Nacionales, además de la gestión de intervención de entidades de apoyo internacional como Swisscontact y la Embajada Real de Dinamarca DANIDA, potenciales aliados que tienen experiencias de soporte en proyectos similares en Bolivia.</p> <p>La dirección técnica, para la implementación de esta Acción de Lineamiento Estratégico en el Ámbito Normativo e Institucional debe estar a cargo de los gobiernos autónomos municipales correspondientes en coordinación con las cabezas de sector. La ejecución debe realizarla alguna instancia con experiencia específica en preparación de material didáctico, organización y ejecución de talleres de difusión y capacitación en temas normativos y técnicos.</p>
Indicadores de Impacto	<p>Número de autoridades, técnicos y habitantes en general, capacitados e informados en temas normativos y técnicos relacionados en las unidades hidrográficas del área de estudio.</p>
Conclusiones	<p>El desconocimiento de la normativa nacional vigente, está llevando a la comisión de errores y omisión de la norma, tanto en las entidades obligadas por ley para el proceso de control, como de la población. En ese sentido, es importante la ejecución de éste eje estratégico.</p>

Capítulo VI: BASE DE DATOS GEOGRÁFICA DEL INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES NATURALES, DE ORIGEN ANTRÓPICO Y PASIVOS MINEROS DEL SISTEMA TDPS

22 INFORMACIÓN GEOESPACIAL DE RECURSOS HÍDRICOS

22.1 Red Hídrica

La cobertura inicial de la red hídrica del área de estudio fue facilitada por la ALT, es así que se realizó el proceso de revisión, corrección, edición y actualización de la red hídrica del área de estudio a escala 1:50000.

Una vez obtenida la red hídrica del área de estudio, durante la revisión se identificaron errores, los cuales fueron corregidos, en las siguientes figuras se presenta el detalle de los errores y las correcciones efectuadas:

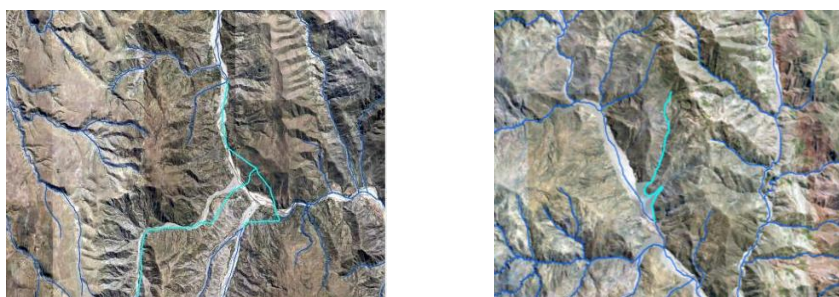


Figura 77 Digitalización de río con un curso inexistente

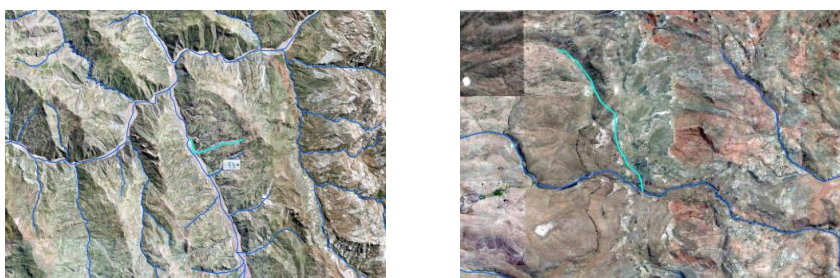


Figura 78 Digitalización de río sobre la cima del relieve



Figura 79 Desplazamiento de la red hídrica



Figura 80 Red hídrica fragmentada e incompleta

Posteriormente se revisó la red hídrica tomando como base a las Imágenes Satelitales de resolución media (Sentinel 2), procesadas previamente con las correspondientes correcciones (geométrica y radiométrica) para establecer combinaciones de las bandas que realcen el agua superficial para Sentinel 2 (8A,11,4), asimismo apoyando toda la información en una cobertura de Índice de Agua NDWI con la fórmula para Sentinel 2 $(3-8)/(3+8)$.

A continuación, una vez identificados los errores previamente descritos se fijó el rango de escala de 1:40000 a 1:50000 para la corrección y edición de la red hídrica para la actualización final.

Con la ayuda del modelo digital de elevación de fuente SRTM se generó una red de drenaje como referencia para la validación de la dirección, la segmentación y puntos de confluencia, con la siguiente secuencia lógica:

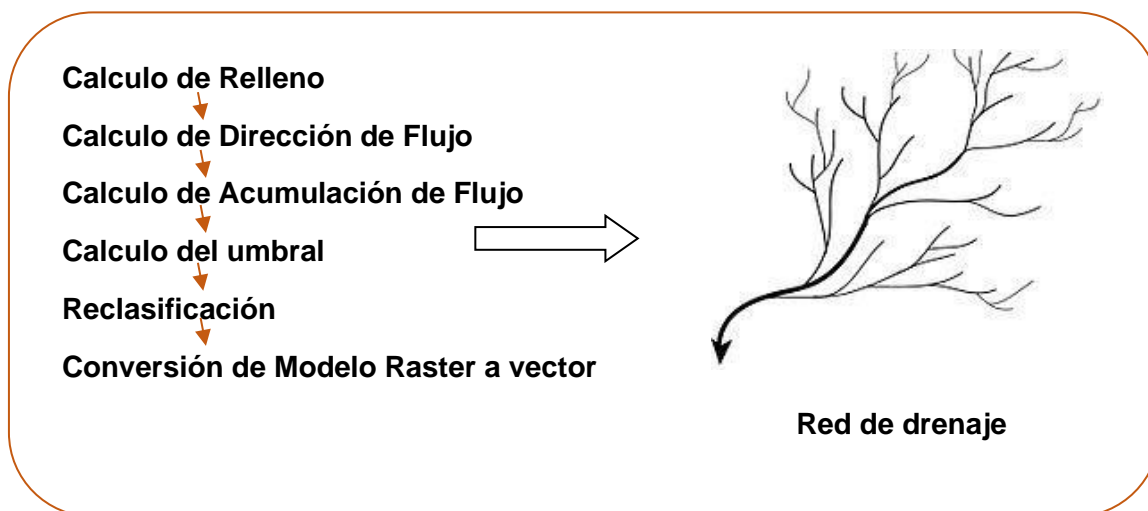


Figura 81 Secuencia para la validación de la Red de Drenaje

De esta manera se controla la conectividad y la secuencia de dirección de los tributarios a los ríos principales, como los puntos de confluencia que son importantes para la segmentación de cada uno de los elementos vectoriales que conforma el sistema de la red hídrica. Una de las capacidades más interesantes de los SIG vectoriales es la posibilidad de generar la topología de una cobertura, es decir, almacenar, además de la geometría de los elementos, sus relaciones con otros elementos de la cobertura.

La topología se utiliza fundamentalmente para garantizar la calidad de los datos de las relaciones espaciales y para facilitar la compilación de los datos. La topología también se utiliza para analizar relaciones espaciales en muchas situaciones, tales como disolver los límites entre polígonos adyacentes con los mismos valores de atributo o atravesar una red de elementos en un gráfico topológico. Es así que se garantiza la integridad de los datos y ayuda a validar y a mantener mejores representaciones de las entidades en

la Geodatabase. Es así que se aplicó las siguientes reglas topológicas para la red hídrica:

- No debe superponerse: Es decir que se controlará que las líneas de la red hídrica no se superpongan con las líneas en la misma clase de entidad. Esta regla se utiliza en aquellos segmentos de línea que no se deberían duplicar.
- No debe intersectarse: Es decir que se controlará que las líneas de la red hídrica no se crucen ni se superpongan entre sí pero que si compartan extremos.
- No deben quedar nodos colgados: Es decir que se controlara que las líneas de la red hídrica deban tocar las líneas en ambos extremos. Un extremo que no esté conectado con otra línea se llama nodo colgado.

Una vez consolidada la cobertura de la red hídrica se realiza un análisis de sobreposición con las coberturas NDWI, analizando el contenido superficial de agua en los ríos y quebradas para caracterizarlos en la red como permanentes y temporales.

22.2 Lagos y lagunas

Obtenida la cobertura de Lagos y lagunas se estandarizó y actualizó la cobertura geoespacial del área de estudio utilizando el Índice de agua en la imagen Sentinel 2 del área de estudio. Este índice se utiliza para identificar la medida de la cantidad de agua que posee la vegetación o el nivel de saturación de humedad que posee el suelo. El índice NDWI proporciona información sobre la distribución espacial del estrés hídrico de la vegetación y también sobre su evolución temporal a lo largo de periodos de tiempo más largos.

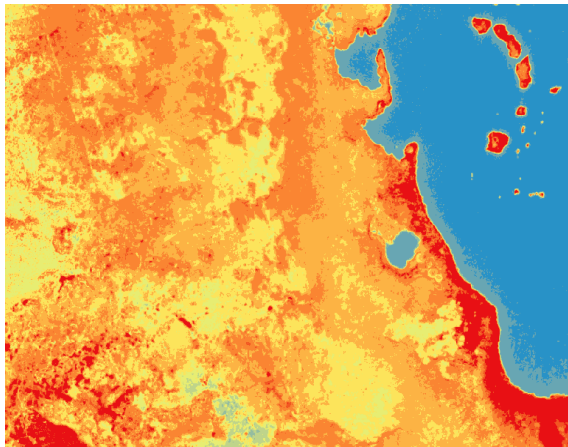


Figura 82 Índice de agua

La ecuación predeterminada para NDWI es la siguiente:

$$NDWI = (V - IR)/(V + IR)$$

V = valores de píxel de la banda verde

IR = valores de píxel de la banda infrarroja

Para Sentinel 2 el algoritmo es el siguiente:

$$\text{Algoritmo NDWI} = (B3 - B8A) / (B3 + B8A)$$

B8A = Banda 8A B3 = Banda 3

En tonalidad celeste se muestra el cuerpo de agua

22.3 Bofedales

Para la generación de la Cobertura de Bofedales se aplicó el análisis del Índice de Vegetación (NDVI) sobreponiendo la información sobre la cobertura de la red hídrica y los lagos y lagunas, además de analizar la elevación del área de estudio para determinar la extensión de Bofedales. El índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI) es un índice que le permite generar una imagen que muestra el verdor, también conocida como biomasa relativa. Este índice aprovecha el contraste de características entre dos

bandas de un dataset ráster multiespectral: la absorción de pigmento de clorofila en la banda roja y la alta reflectividad del material de las plantas en la banda infrarroja cercana (NIR).

Los valores extremadamente bajos o negativos representan a las áreas sin ninguna vegetación, tales como nubes, agua o nieve. Los valores muy bajos representan a áreas con muy poca vegetación o sin ninguna vegetación, tales como hormigón, piedra o suelo desnudo. Los valores moderados representan áreas de matorrales y praderas. Los valores altos representan a las zonas forestales y la vegetación densa. La vegetación sana presenta habitualmente una reflexión más alta en el rango de longitudes de onda cercanas al infrarrojo que en el rango de longitudes de onda del rojo. Cuando las hojas tienen sed o bien están enfermas o muertas, se vuelven más amarillas y se reflejan bastante menos en el rango de longitudes de onda cercanas al infrarrojo.

Las longitudes de onda del infrarrojo son absorbidas por las nubes, el agua y la nieve y se reflejan en la piedra y el suelo desnudo, como ocurre con la banda roja. Los valores negativos representan nubes, agua y nieve, mientras que los valores cercanos a cero representan rocas y tierra desnuda. El NDVI se utiliza en todo el mundo para hacer un seguimiento de las sequías, supervisar y predecir la producción agrícola, ayudar en la predicción de las zonas con riesgo de incendio y cartografiar la desertización. El NDVI es muy utilizado en el seguimiento de la vegetación global porque ayuda a compensar los cambios en las condiciones de iluminación, la pendiente de la superficie, la orientación y otros factores extraños.

La ecuación predeterminada para NDVI es la siguiente:

$$\text{NDVI} = (\text{IR} - \text{R}) / (\text{IR} + \text{R})$$

IR = valores de píxel de la banda infrarroja

R = valores de píxel de la banda roja

Para Sentinel 2 el algoritmo es el siguiente

$$\text{Algoritmo NDVI} = (\text{B8} - \text{B4}) / (\text{B8} + \text{B4})$$

$$\text{B8} = \text{Banda 8} \quad \text{B4} = \text{Banda 4}$$

En las diferentes tonalidades de verde se muestra la distribución de vegetación.

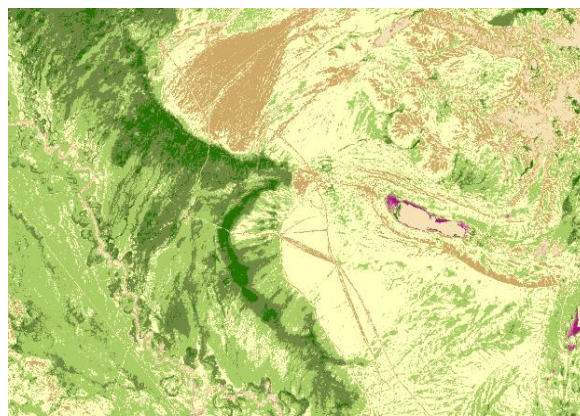
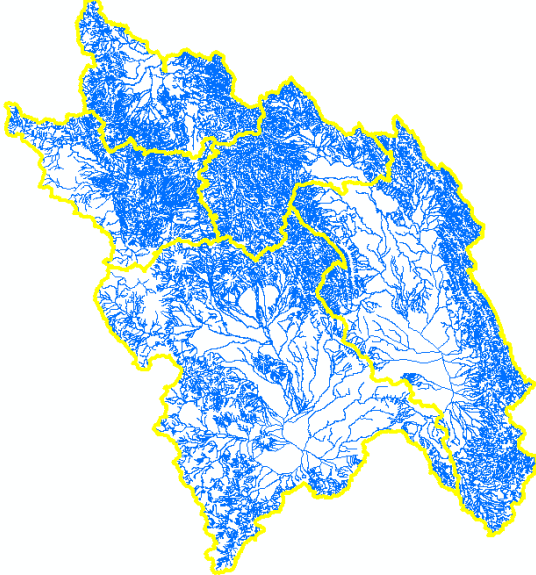
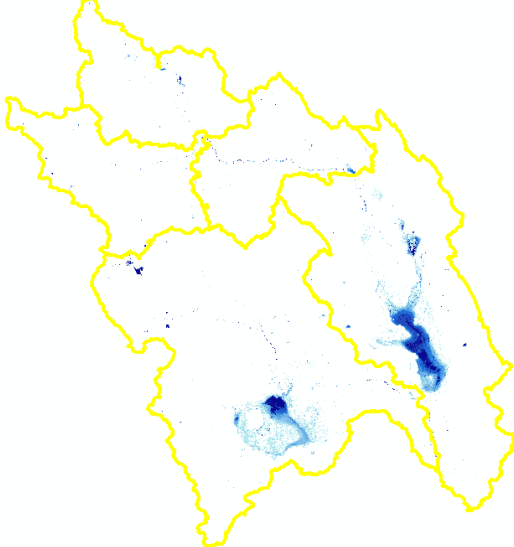


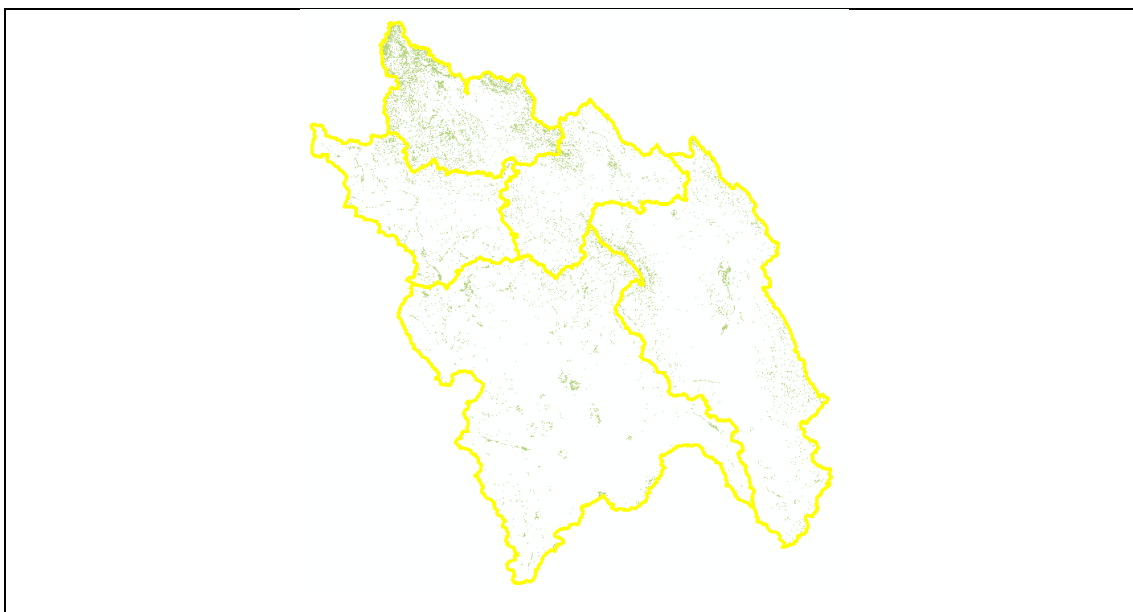
Figura 83 Índice de vegetación (NDVI)

22.4 Coberturas de Recursos Hídricos

Las coberturas geospaciales que son parte del catálogo de la Geodatabase final se encuentra la red hídrica, Lagos y lagunas, bofedales actualizados con los procedimientos que se describe en la metodología y que se muestra a continuación:

Tabla 87 Cobertura de recursos hídricos

Información	Fuente	Escala de trabajo/resolución	Formato
Recursos Hídricos	Actualizado	1:50.000	Feature Class
			
Lagos y lagunas	Actualizado	1:50.000	Feature Class
			
Bofedales	Actualizado	1:50.000	Feature Class



22.5 Información geoespacial de fuentes contaminantes naturales



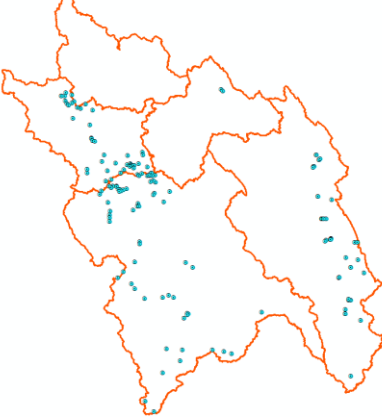
Para la clasificación de fuentes contaminantes naturales en una primera instancia se obtuvo una base de datos en formato Excel trabajada en coordinación con los consultores con la característica esencial de que contenga coordenadas de los elementos superficiales.

- a) La base de datos procesada se la vincula al Programa SIG a través de coordenadas.
- b) Se estandariza la cobertura con los siguientes parámetros:

Tabla 88 Parámetros estandarizados para integración de la cobertura
Sistema de proyección

Proyección cartográfica	Universal Transversal de Mercator
Falso Este	500000
Falso Norte	10000000
Meridiano Central	-69
Latitud de origen	0
Zona	19
Datum	WGS-84

Tabla 89 Fuentes Contaminantes Naturales

Información	Fuente	Escala de trabajo/resolución	Formato
Volcanes	MMAyA	1:100.000	Feature Class
			
Aguas Termales	MMAyA	1:50.000	Feature Class
			
Fuentes Contaminantes Naturales	Actualizado	1:50.000	Feature Class
			

22.6 Información geoespacial de fuentes contaminantes de origen antrópico

Para la clasificación de fuentes contaminantes de origen antrópico principalmente se obtuvo base de datos en formato Excel con la característica esencial de que contenga coordenadas de los elementos superficiales, principalmente en la temática de Centros mineros, residuos sólidos, unidades empresariales e industrias y todos los proyectos relacionados con el factor agua que lleva adelante el Ministerio de Medio Ambiente y Agua, tal es el caso de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado, Proyectos Mi agua, Proyectos de Riego, Presas y principalmente información de los monitoreos de la calidad del agua desde el año 2011 a 2021, aplicando la estandarización de coordenadas según el siguiente detalle:

- a) La base de datos procesada se la vincula al Programa SIG a través de coordenadas.
- b) Se estandariza la cobertura con los siguientes parámetros:

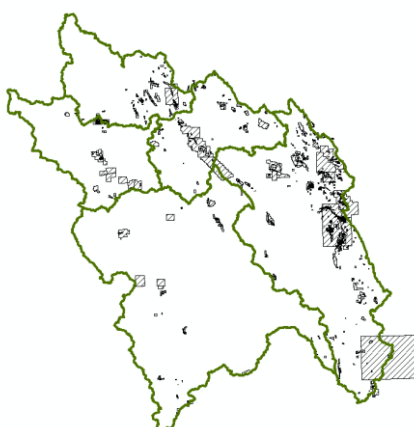
Tabla 90 Parámetros estandarizados para integración de la cobertura

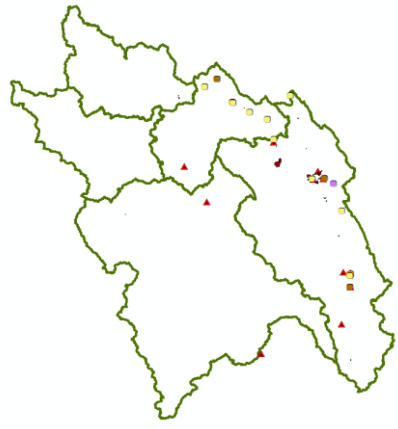
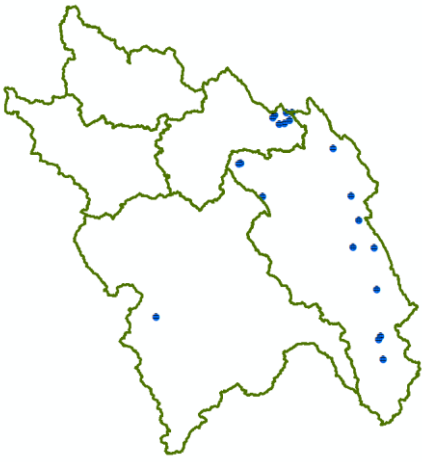
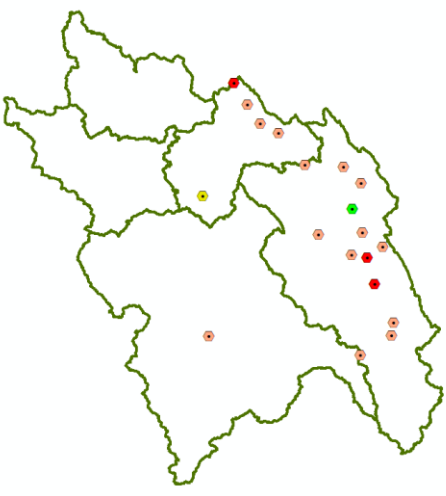
Sistema de proyección	
Proyección cartográfica	Universal Transversal de Mercator
Falso Este	500000
Falso Norte	10000000
Meridiano Central	-69
Latitud de origen	0
Zona	19
Datum	WGS-84

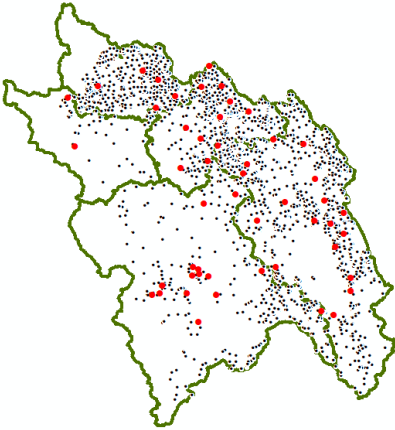
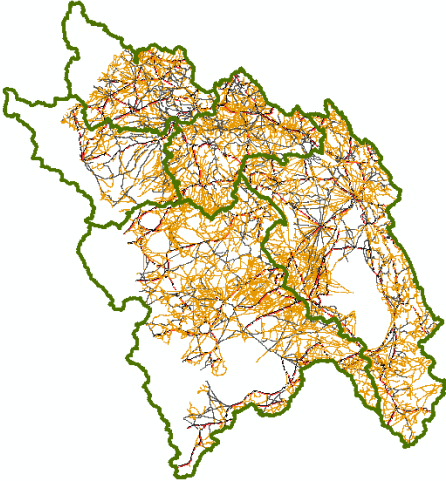
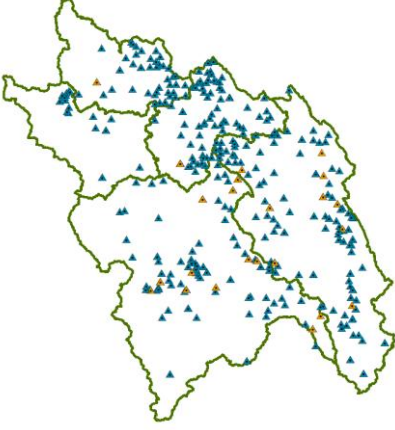
Introduciendo en la Geodatabase final las siguientes coberturas

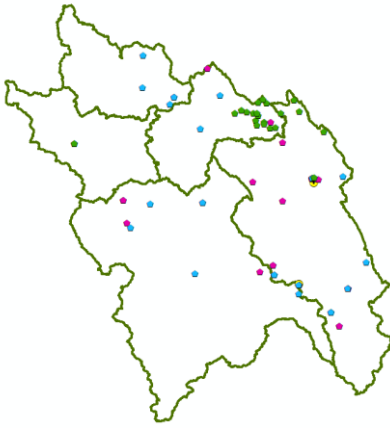
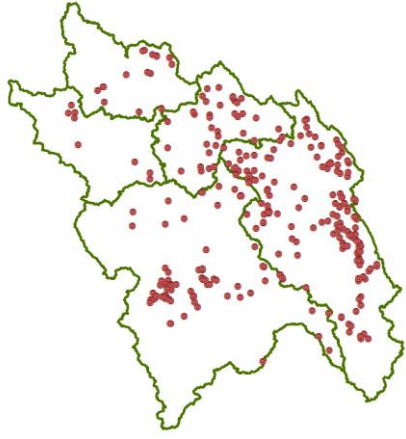
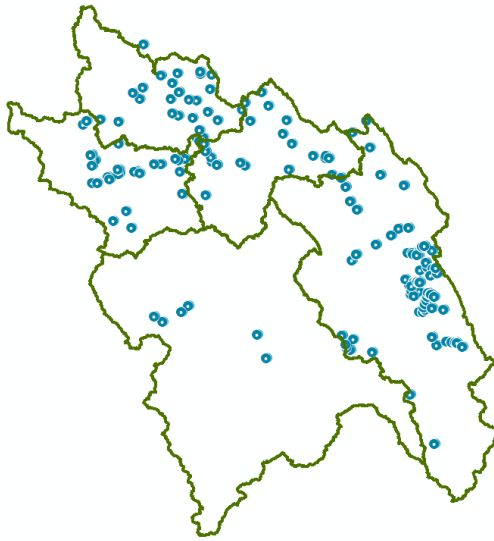
Tabla 91 Fuentes Contaminantes Antrópicas

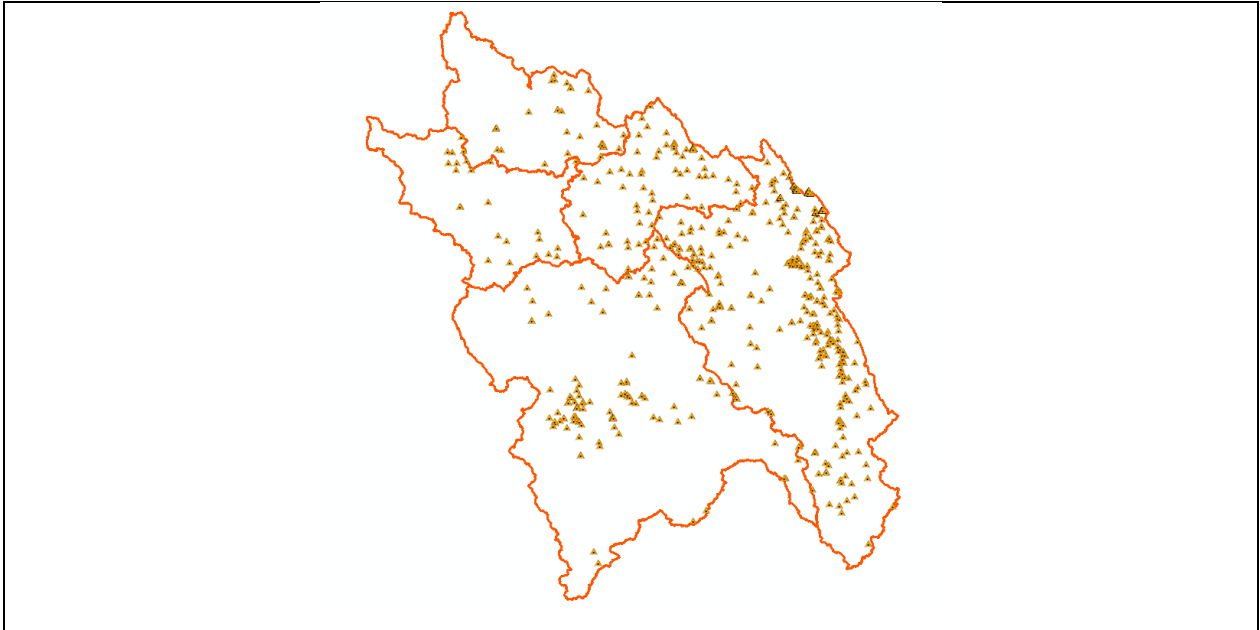
Información	Fuente	Escala de trabajo/resolución	Formato
Áreas Mineras	AJAM	1:50.000	Feature Class



Unidades Empresariales, Industrias y complejos productivos	MDPyEP	1:50.000	Feature Class
			
Presas	VRHR	1:50.000	Feature Class
			
Residuos Solidos	VAPSB	1:50.000	Feature Class
			
Capitales Municipales y Comunidades	INE	1:50.000	Feature Class

			
Caminos	ABC	1:50.000	Feature Class
			
Proyectos Mi Agua I al V	VAPSB	1:50.000	Feature Class
			
Proyectos de Agua Potable	VAPSB	1:50.000	Feature Class

	Proyectos de Riego	VRHR	1:50.000	Feature Class
	Puntos de Monitoreo de Calidad del Agua	MMAYA	1:50.000	Feature Class
	Fuentes Contaminantes Antrópicas	Actualizado	1:50.000	Feature Class



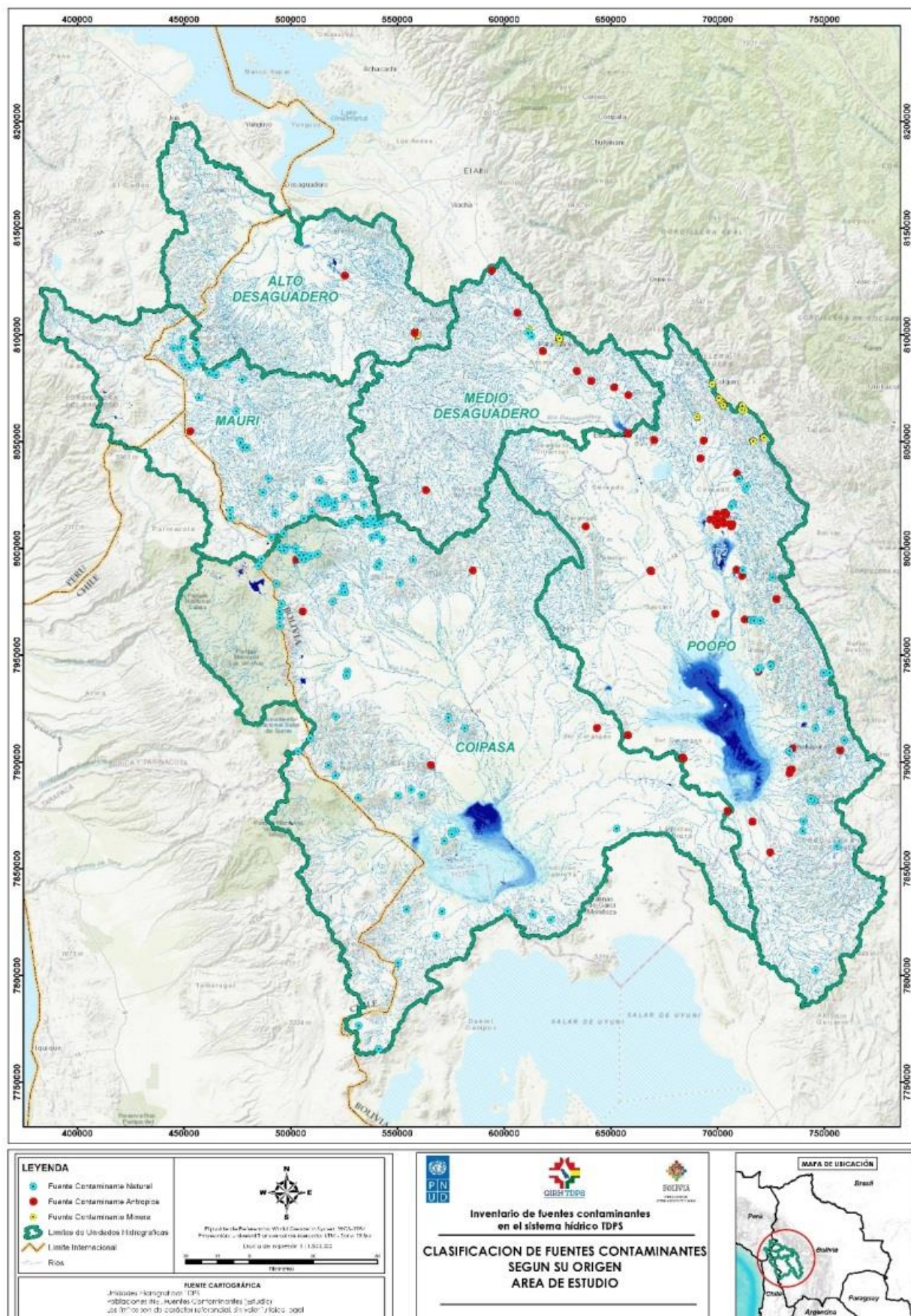


Figura 84 Clasificación de Fuentes Contaminantes según su origen

22.7 Información geoespacial de Pasivos Ambientales Mineros

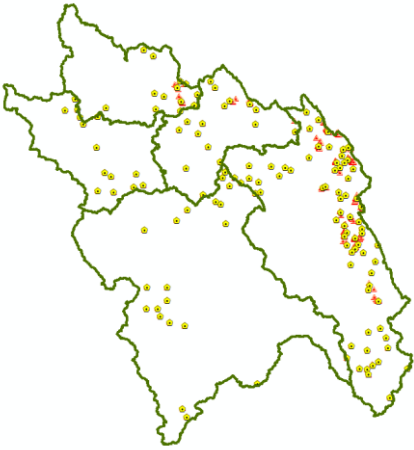
Para la sistematización de Pasivos mineros se trabajó con el consultor especialista para consolidar la información geográfica en primera instancia con la recopilación de datos de gabinete, aplicando la estandarización de coordenadas según el siguiente detalle:

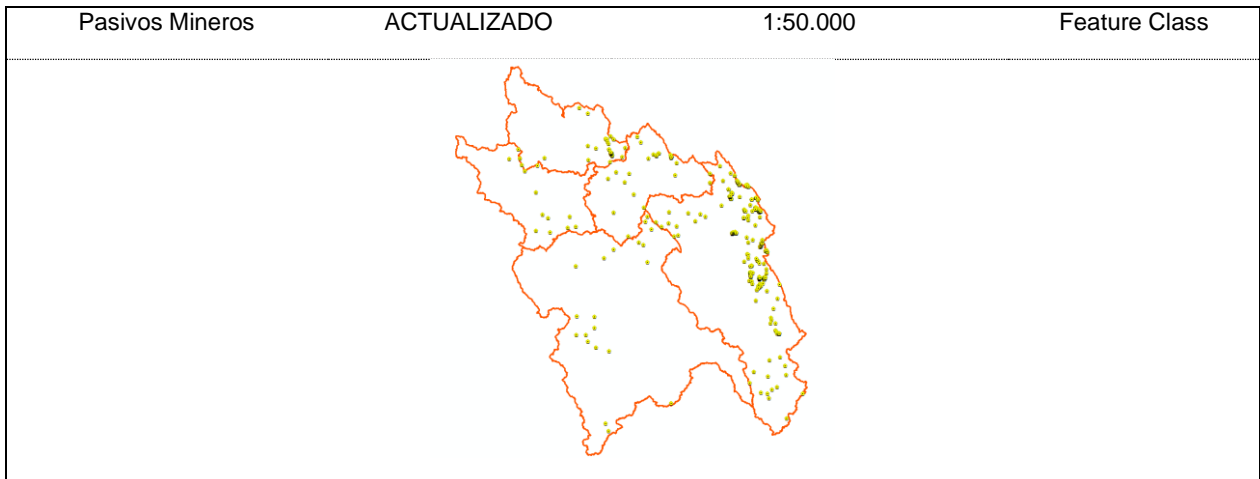
- a) La base de datos procesada se la vincula al Programa SIG a través de coordenadas.
- b) Se estandariza la cobertura con los siguientes parámetros:

Tabla 92 Parámetros estandarizados para integración de la cobertura
Sistema de proyección

Proyección cartográfica	Universal Transversal de Mercator
Falso Este	500000
Falso Norte	10000000
Meridiano Central	-69
Latitud de origen	0
Zona	19
Datum	WGS-84

Tabla 93 Información geoespacial Pasivos Ambientales Mineros

Centros Mineros y pasivos mineros	SERGEOMIN-MMAYA	1:50.000	Feature Class
			



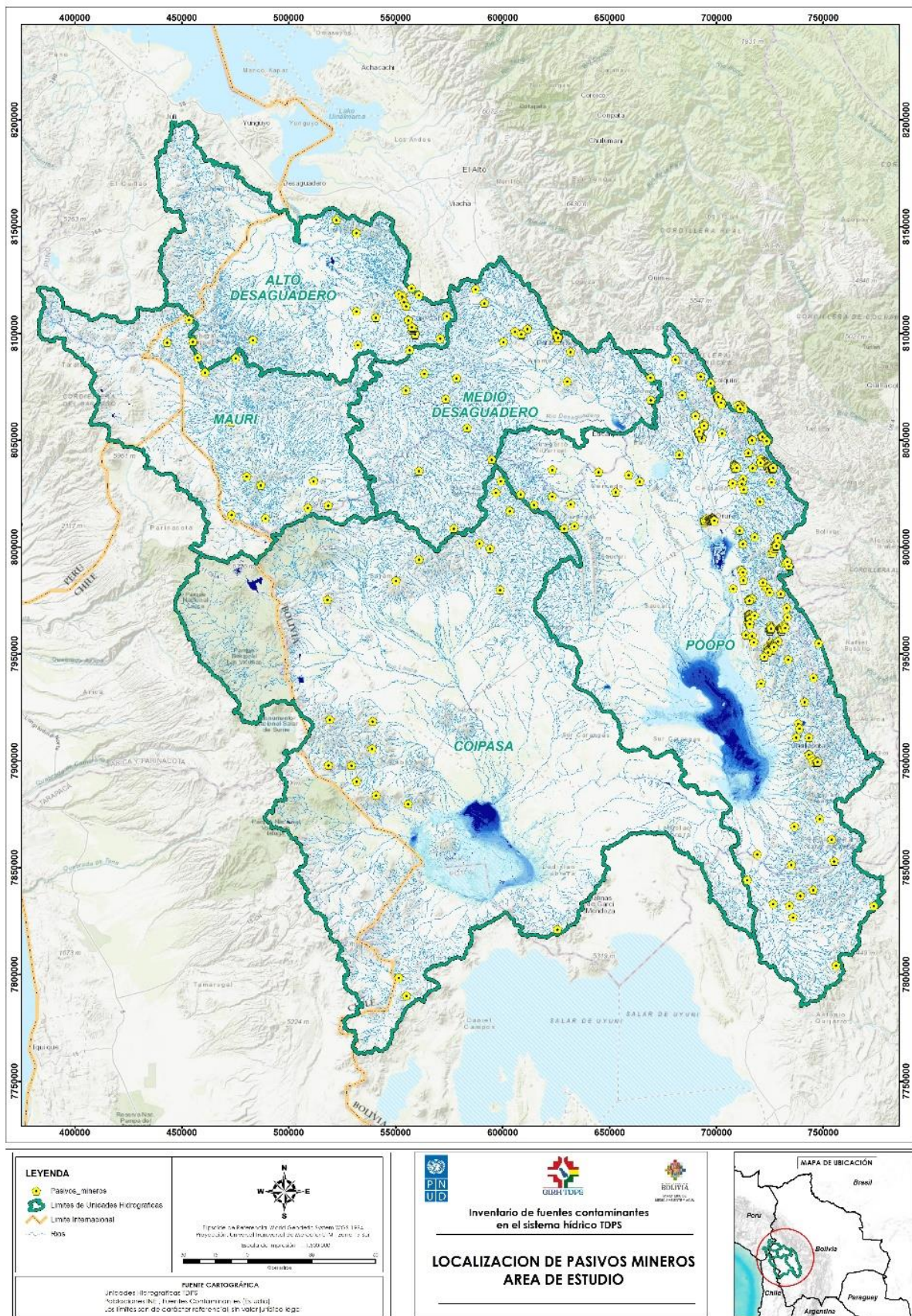


Figura 85 Localización de Pasivos Ambientales Mineros

22.8 Cartografía temática de campo por unidad hidrográfica

Toda la Cartografía generada de forma individual con las coberturas que son parte de la Geodatabase final fueron utilizados para planificación y análisis de los consultores del estudio y las correspondientes clasificaciones desarrolladas por los mismos, una vez realizado el trabajo de campo se generó la cartografía final estática como dinámica integrando las fichas de campo como respaldo en los anexos, a continuación, se muestra la cartografía temática que tiene como fuente el trabajo en campo:

22.9 Unidad Hidrográfica Alto Desaguadero

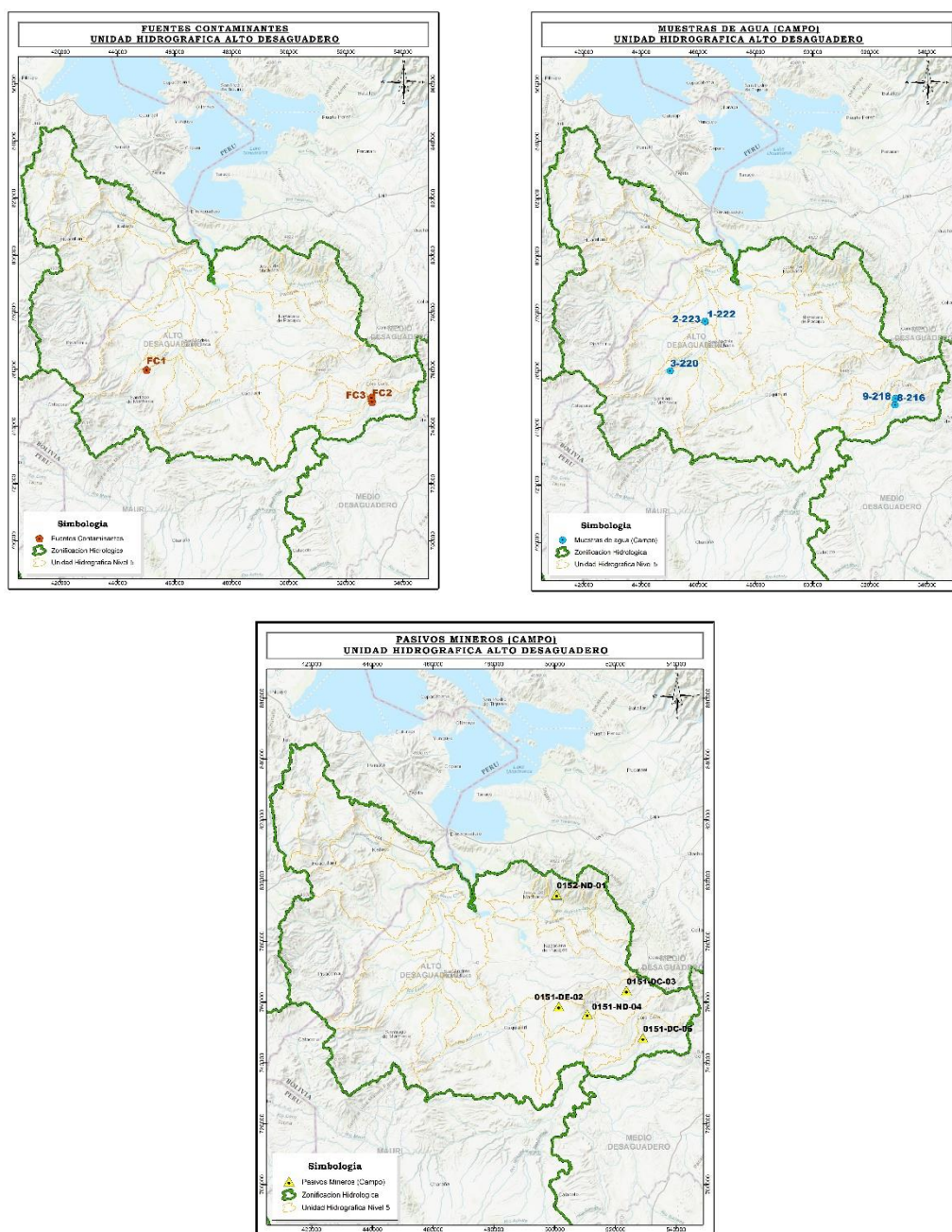


Figura 86 Cartografía temática UH Alto Desaguadero

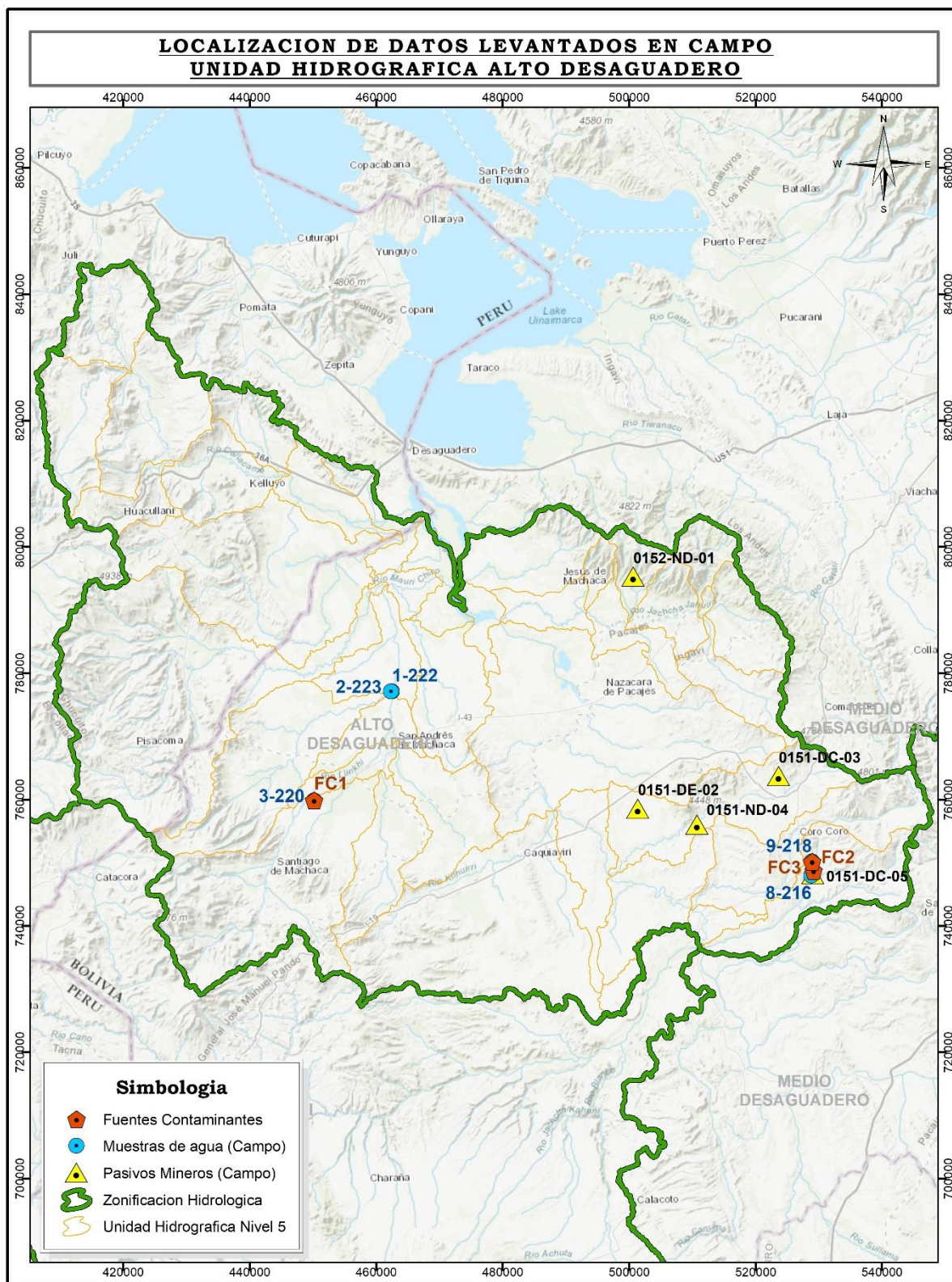


Figura 87 Fuentes Contaminantes en UH Alto Desaguadero

22.10 Unidad hidrográfica Medio Desaguadero

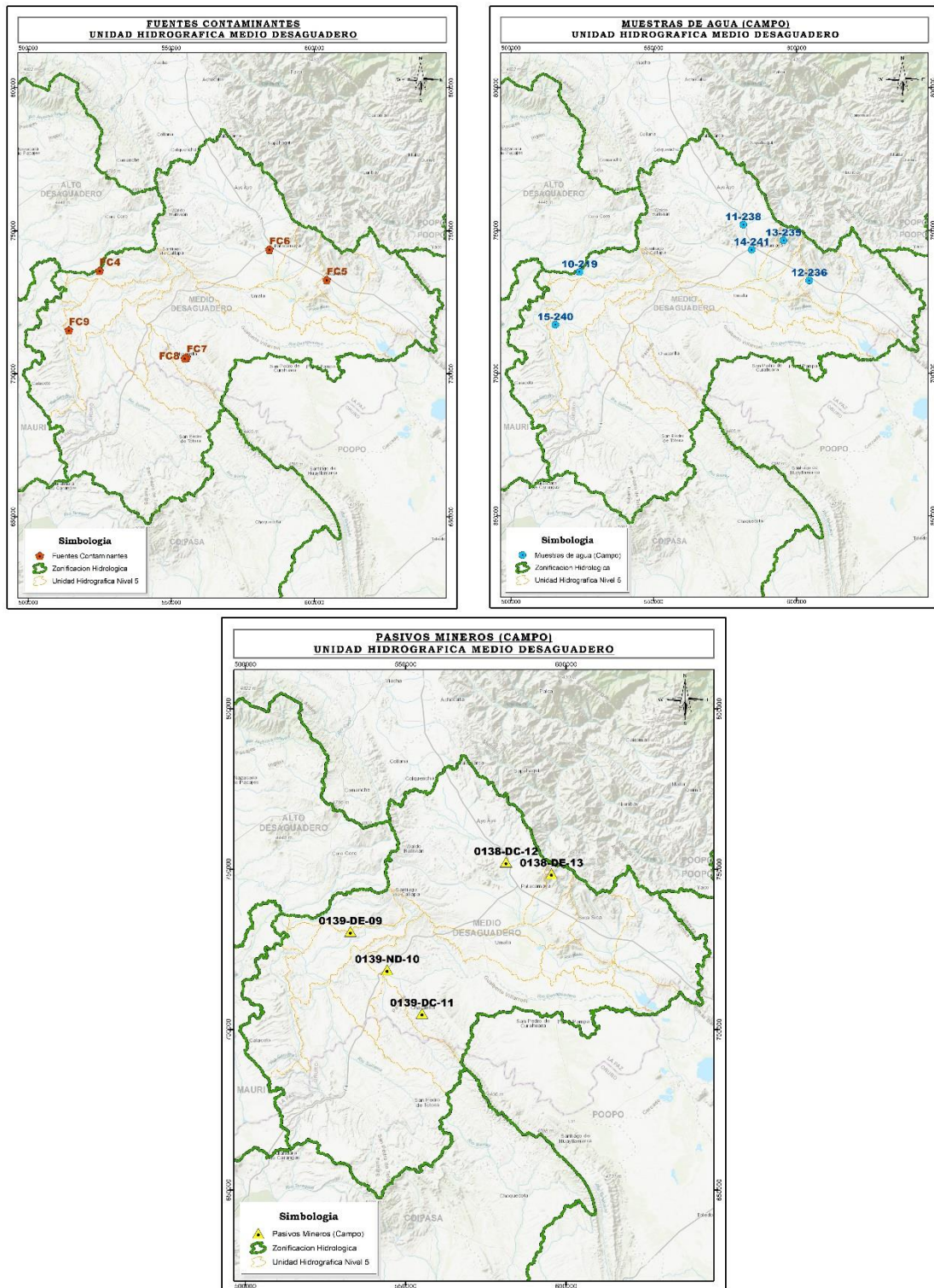


Figura 88 Cartografía UH Medio Desaguadero

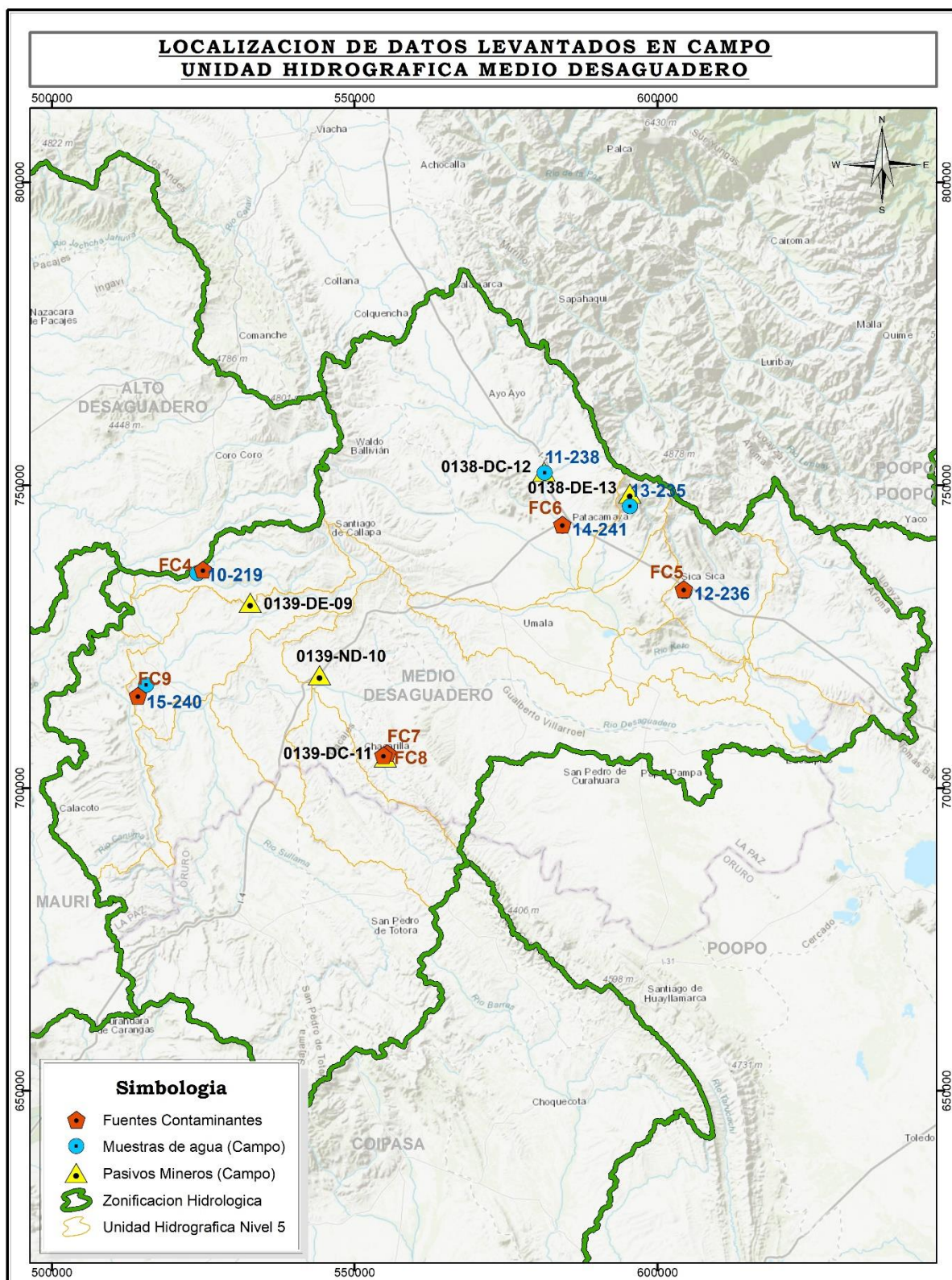


Figura 89 Fuentes Contaminantes UH Medio Desaguadero

22.11 Unidad hidrográfica Coipasa

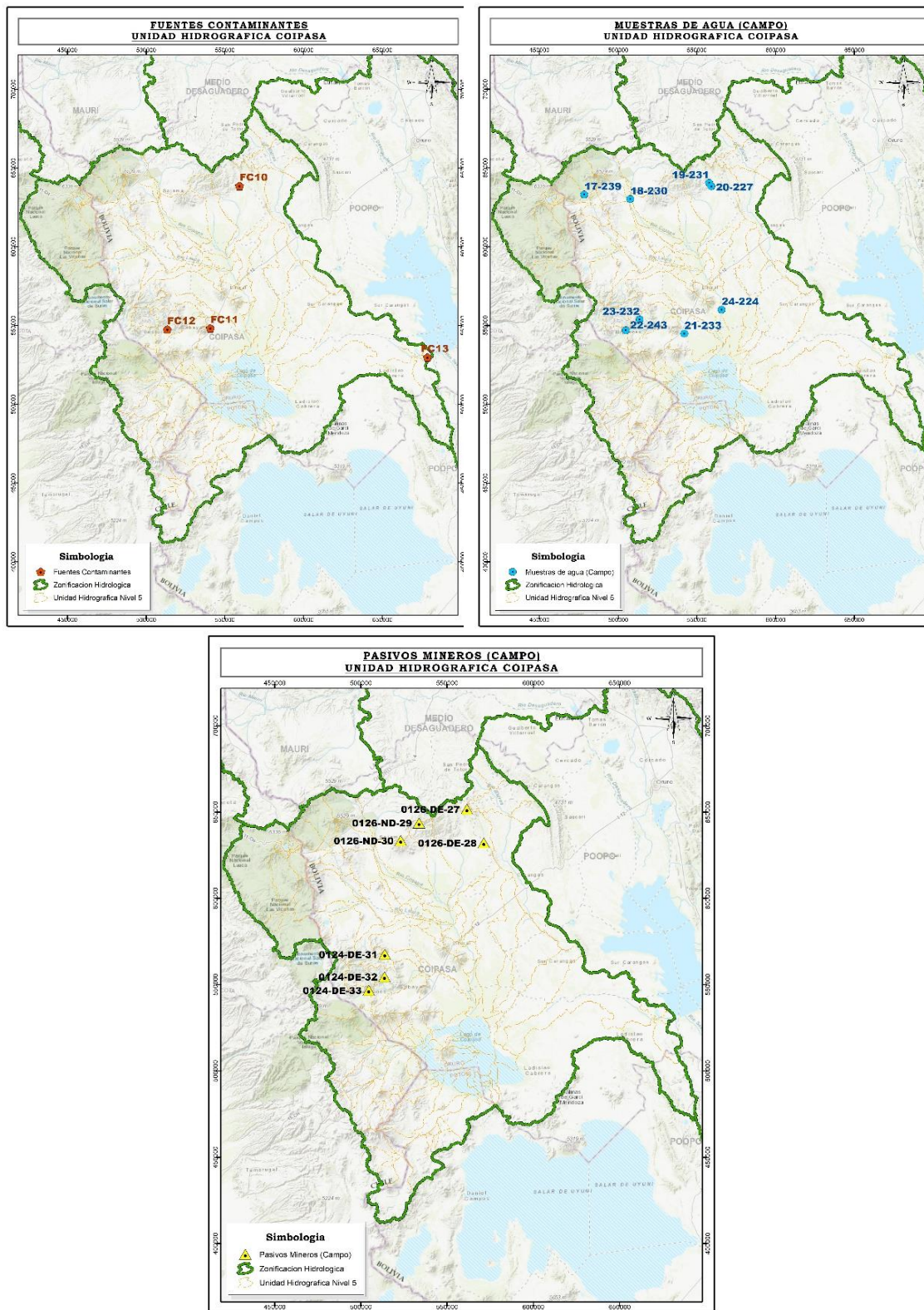


Figura 90 Cartografía temática UH Coipasa

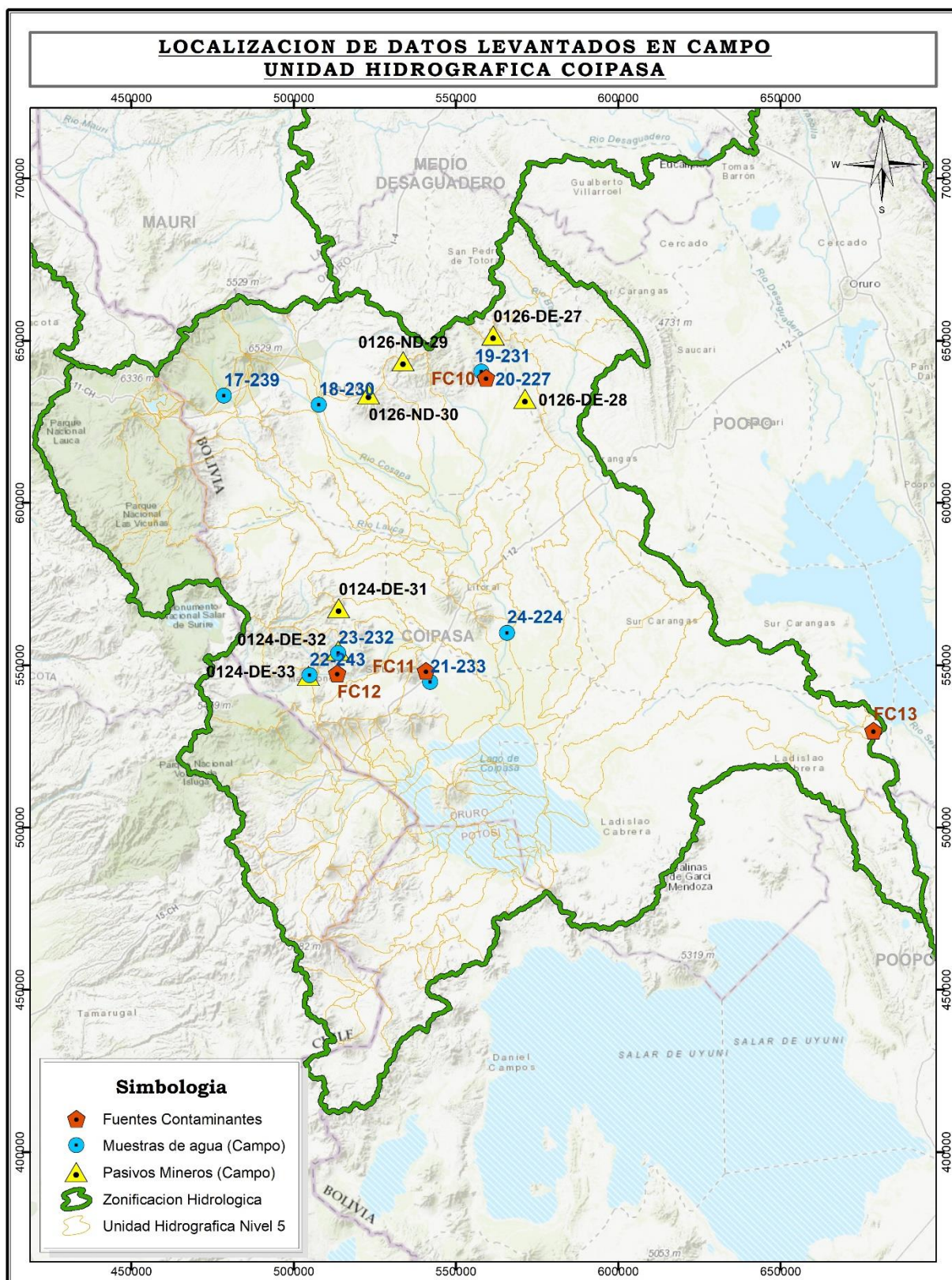


Figura 91 Fuentes Contaminantes UH Coipasa

22.12 Unidad hidrográfica Mauri

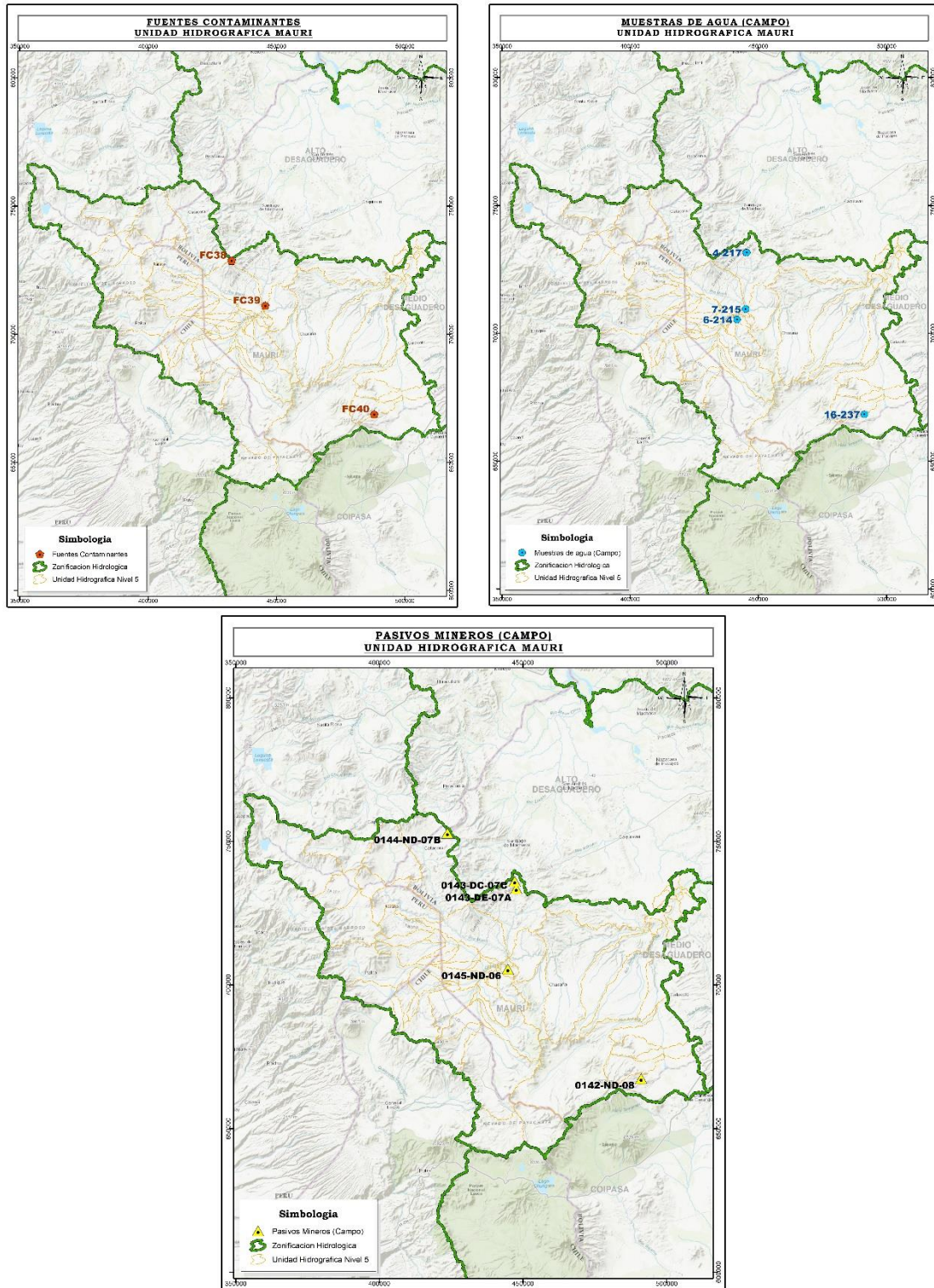


Figura 92 Cartografía temática UH Mauri

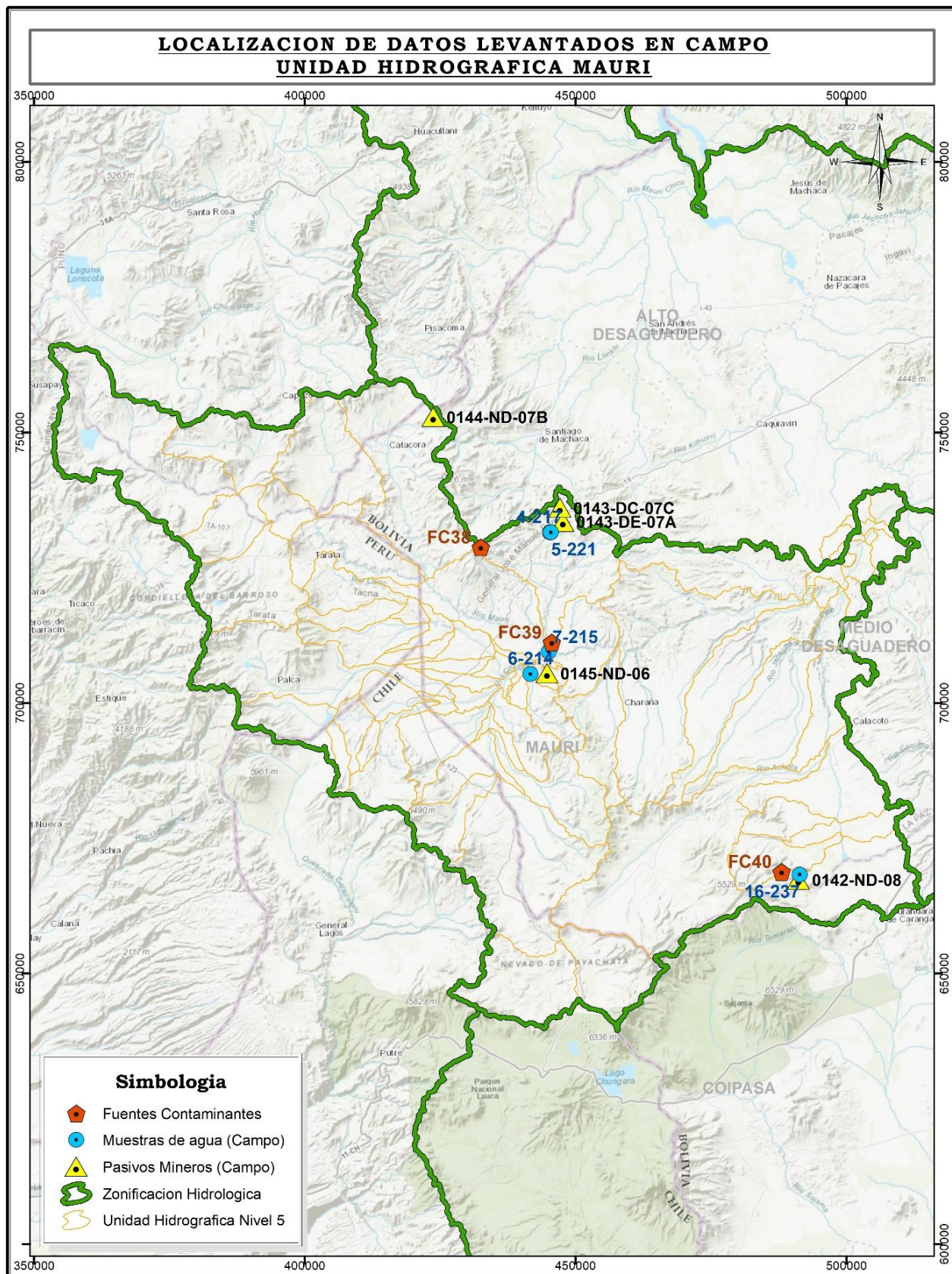


Figura 93 Fuentes Contaminantes UH Mauri

22.13 Unidad hidrográfica Poopó

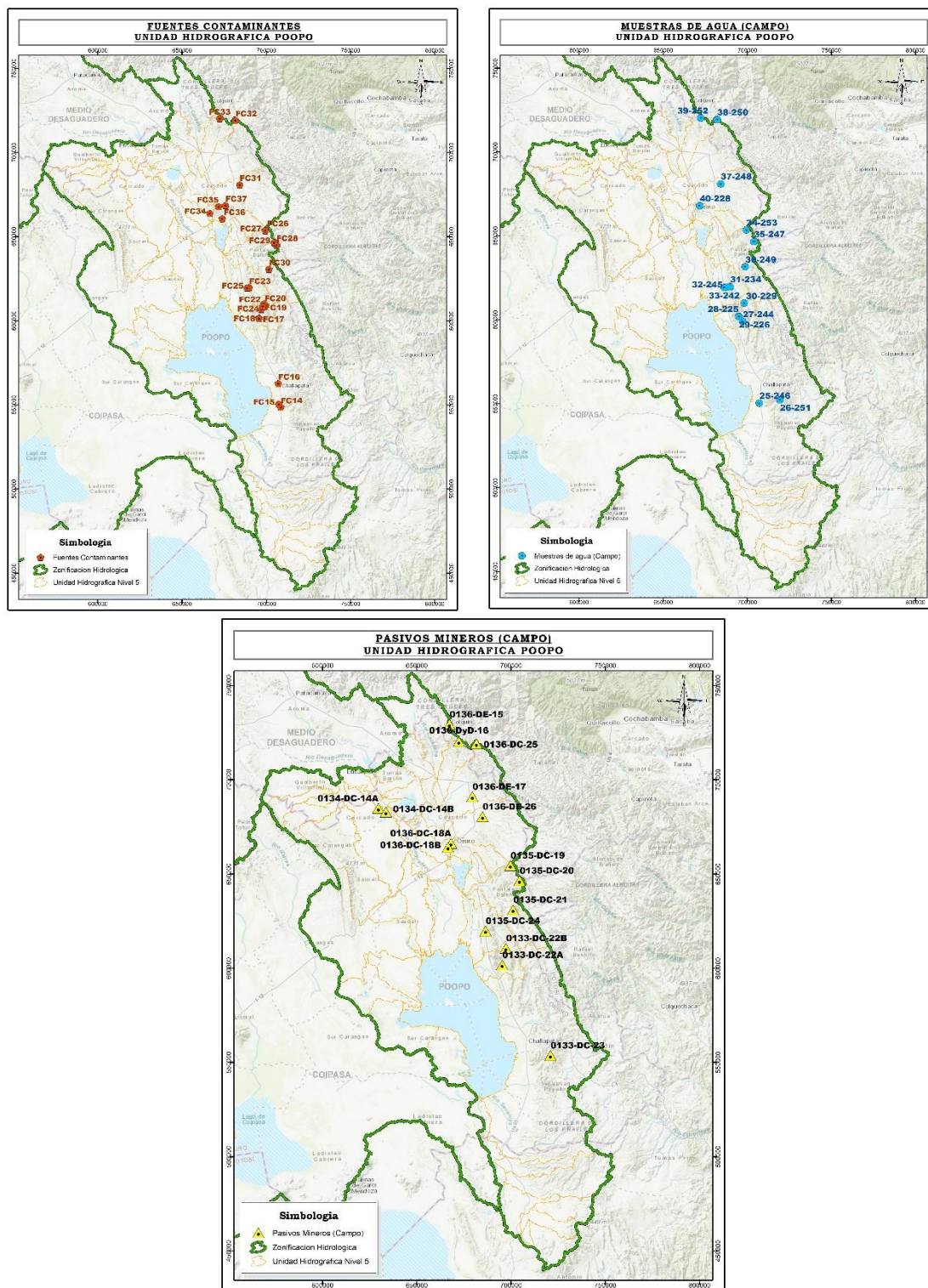


Figura 94 Cartografía temática UH Poopó

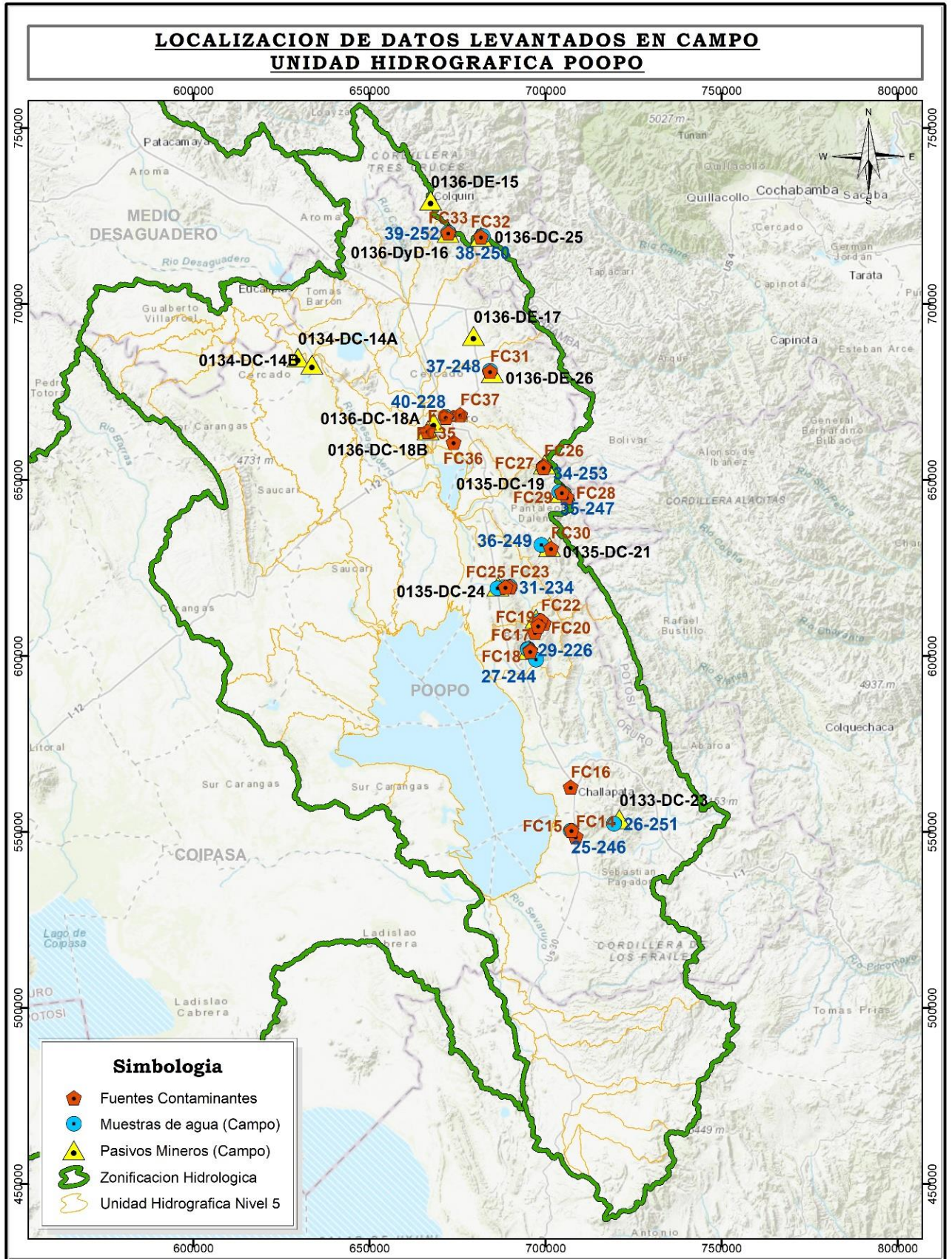


Figura 95 Ubicación de Fuentes Contaminantes UH Poopó

22.14 Geodatabase final y fotografías geoetiquetadas

La estructura Final de la Geodatabase va referido a las coberturas del de recursos hídricos, coberturas de fuentes de contaminación, coberturas de las unidades de planificación y coberturas generadas a partir del trabajo de campo que se almacena en anexos:

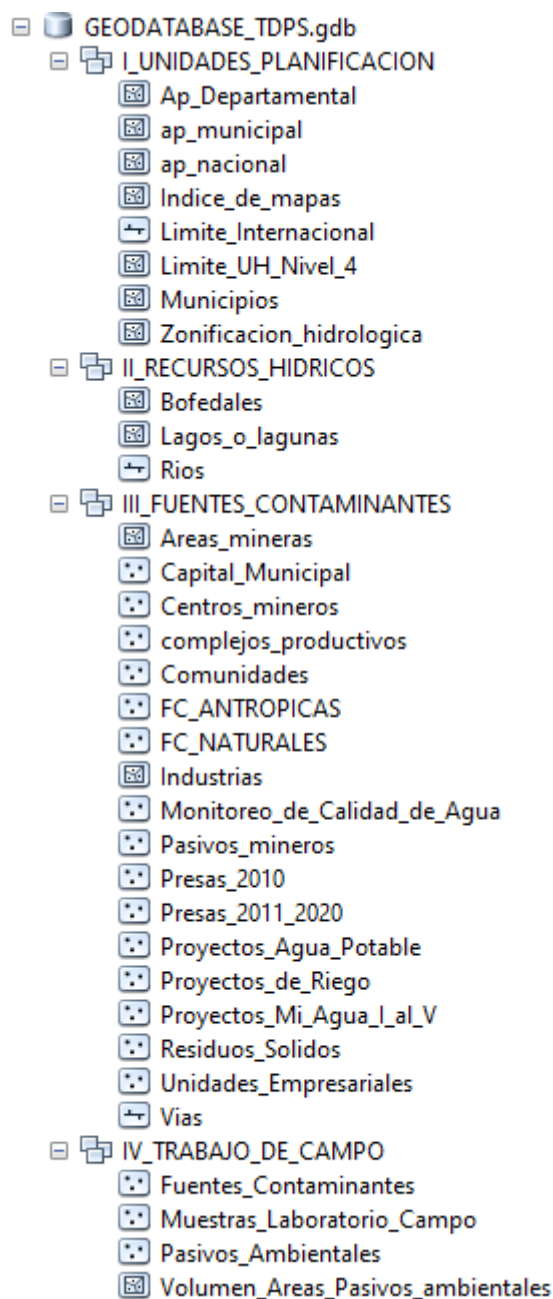


Figura 96 Estructura Final de la Geodatabase

Asimismo, en anexos se entrega la colección de fotografías geoetiquetadas que se obtuvo en campo y que son parte de las fichas de fuentes contaminantes y pasivos ambientales mineros, a continuación, se muestra la distribución geoespacial de las fotografías tomadas:

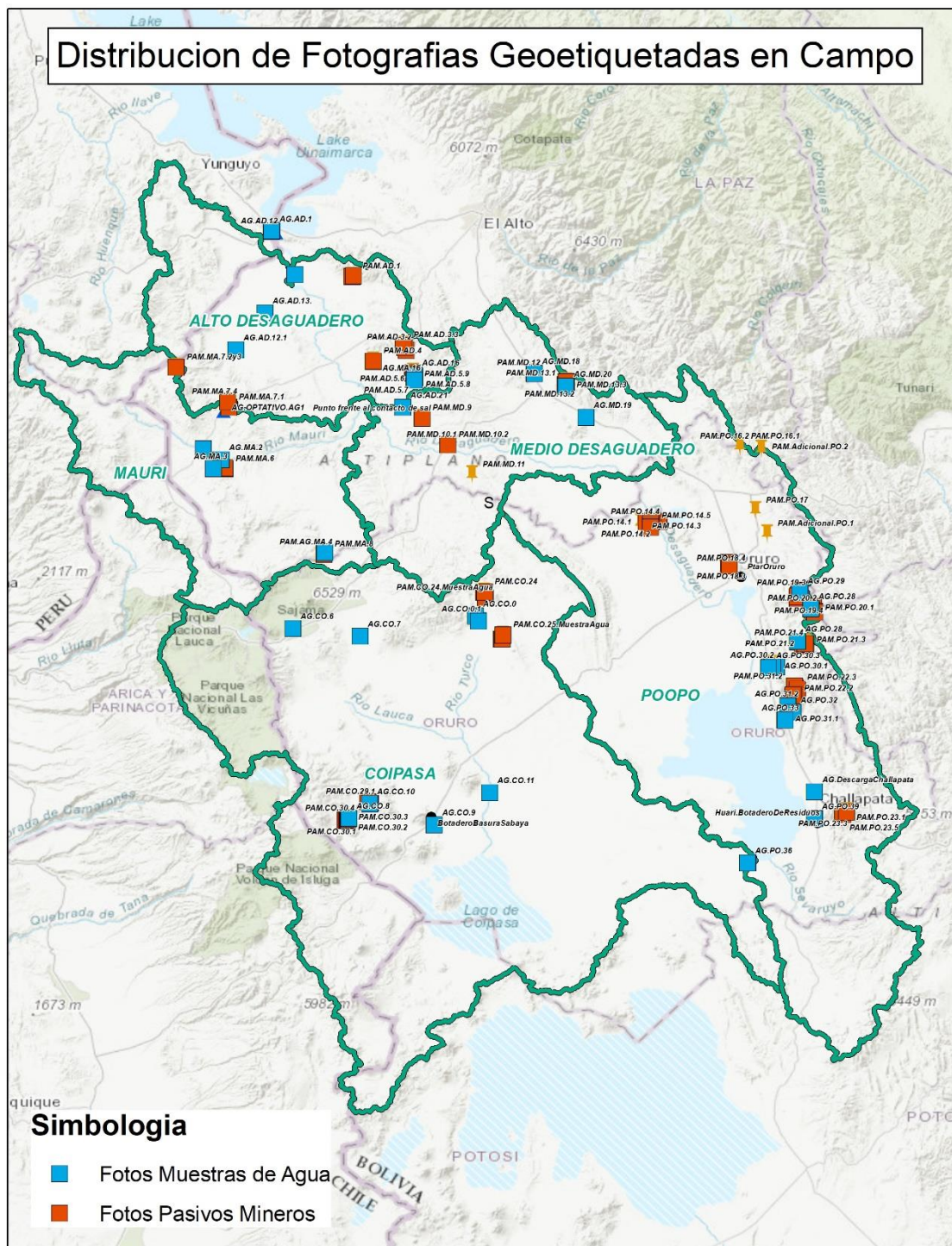


Figura 97 Distribución de Fotografías Geoetiquetadas en campo

Capítulo VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

23 CONCLUSIONES

- La clasificación y jerarquización de Fuentes Contaminantes permite identificar que las actividades relacionadas con la minería (residuos o labores mineras) son las que presentan un mayor impacto ambiental, calificado como severo y en otros casos como crítico, resultado que es alarmante, puesto que el impacto es acumulativo, pudiendo impactar no solamente en el cuerpo de agua receptor, sino también en el suelo y muchas veces tiene efecto negativo en las actividades agropecuarias puesto que inhiben la capacidad de producción y el consiguiente efecto en la calidad de vida de la población.
- La clasificación y jerarquización de fuentes contaminantes antrópicas relacionadas con actividades cotidianas, tales como las plantas de tratamiento de aguas residuales y la disposición final de residuos sólidos, permite establecer que las mismas presentan un impacto ambiental moderado, sin llegar en ningún caso a un nivel severo o crítico.
- La clasificación de los pasivos ambientales mineros, la unidad hidrográfica con severo impacto por la actividad minera es la UH Poopó, los cuerpos de agua próximos a los centros mineros Huanuni, Poopó, Japo, Santa Fe, Antequera, La Joya, San José de Itos, Colquiri y Condo C, presentan parámetros por encima la normativa ambiental como el: plomo, arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, zinc y aluminio.
- La jerarquización de los pasivos ambientales mineros, evidencia que, en la unidad hidrográfica del Poopó, se genera el mayor impacto ambiental sobre todo a los recursos hídricos; sin embargo, en estos centros mineros la explotación de este recurso es histórico, constituyéndose en fuente de ingresos económicos de los habitantes de esta área.
- La jerarquización de los pasivos ambientales mineros, evidencia que, en la unidad hidrográfica del Poopó, se ubica el mayor número y los volúmenes más grandes de pasivos ambientales mineros de toda el área de estudio.
- La unidad hidrográfica Coipasa, la actividad minera es limitada, por lo tanto, el impacto hacia los recursos hídricos es débil o casi nulo.
- En las nuevas operaciones mineras, se ha evidenciado la construcción de infraestructura para disposición final de los residuos mineros, conforme lo establece la normativa ambiental.
- Si bien como resultado del trabajo realizado, se identificó que las actividades relacionadas con la minería son las fuentes contaminantes que mayor impacto ambiental provocan, de las entrevistas realizadas se percibe que la población tiene más tolerancia a este tipo de contaminación y menos tolerancia a la presencia de residuos comunes.
- Del trabajo de campo y las entrevistas realizadas, se establece que en el área de estudio existe una urgente necesidad de contar con agua potable segura y permanente durante todo el año, así también sitios de disposición final de residuos y plantas de tratamiento de aguas residuales efectivas.
- Los lineamientos estratégicos que se plantean están enmarcados en el criterio de la resiliencia y la economía circular, por lo que se plantean proyectos dirigidos a mejorar la calidad de vida de la población, tanto en la implementación de proyectos de saneamiento básico, como en el aprovechamiento de las características que se desarrollan en la zona, tales como los salares, drenaje ácido de mina, chatarra y otros. Así también se plantean líneas de acción para la protección de fuentes de agua.

24 RECOMENDACIONES

Como recomendaciones se tiene:

- Establecer y formalizar a nivel nacional, una metodología para la clasificación y jerarquización de fuentes contaminantes, de forma que pueda ser aplicada de manera recurrente y confiable.
- Considerar los lineamientos estratégicos que se plantean en el presente estudio, para su posterior implementación, puesto que podrían coadyuvar a la prevención y mitigación de los impactos ambientales identificados.

25 ANEXOS

Los anexos son principalmente bases de datos, geodatabases y cartografía digital, los mismos se encuentran en el siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/12Gd3LGmdWV2TYW2u8BLbjqRe6pJ4-GQd?usp=sharing>

26 BIBLIOGRAFIA

Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMA YA) ,2010. Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas de Bolivia, Metodología Pfafstetter. La Paz, Bolivia.

Agua Sustentable (2016) – Vulnerabilidad y resiliencia en el Altiplano boliviano La Paz, Bolivia.

Cornejo, C., Molina, J., 2014. Estudio de Análisis de tendencias climáticas en el Sistema TDPS. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia.

Yuque, W., Molina, J., 2015. Reporte de actualización y complementación de la base de datos climáticos del Altiplano: 1961-2014. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia.

Olaya Victor, 2014. Sistemas de Información Geográfica. Madrid. España. 854 p.

Environmental Systems Research Institute, Inc. ESRI (2016).

Agencia Espacial Europea, ESA, 2015. Sentinel-2 User Handbook.

Ligier, H., Perucca, A., Kurtz, D., & Matteio, H. (2018). Sistema de Información Geográfica del Humedal Iberá y su entorno. Geografía digital.

Luis Veci, SAR Basics Tutorial, Issued March 2015, Updated August 2016

Huete, A. R., 1988, "A soil-adjusted vegetation index (SAVI)", Remote Sensing of Environment.

27 GLOSARIO DE TÉRMINOS Y SIGLAS

AJAM	Autoridad Jurisdiccional Administrativa Minera
ALT	Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca
ANESAPA	Asociación Nacional de Empresas de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado
CA	Cuerpo de Agua
CMR	Contaminación de Fuentes Medidas en Ríos
CONESSA	Método analítico, por el cual, se le puede asignar la importancia (I) a cada impacto ambiental posible de la ejecución de un Proyecto en todas y cada una de sus etapas.
DAM	Drenaje Ácido de Mina
DAR	Drenaje Ácido de Roca
FC	Fuente Contaminante
FCA	Fuente contaminante Antrópica
FCN	Fuente Contaminante Natural
GADLP	Gobierno Autónomo Departamental de La Paz
GADOR	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro
GAM	Gobierno Autónomo Municipal
GAMEA	Gobierno Autónomo Municipal de El Alto
GIRH	Gestión Integrada de los Recursos Hídricos
GIRS	Gestión Integral de Residuos Sólidos, Ley 755
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
IFC	Inventario de Fuentes Contaminantes
IIA	Importancia de Impacto Ambiental
INE	Instituto Nacional de Estadística
km	Kilómetro
km ²	Kilómetro cuadrado
LA	Líneas de Acción
LE	Líneas Estratégicas
m	Metro
MDPyEP	Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural
MED	Modelo de Elevación Digital
MMAyA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua
msnm	Metros sobre el nivel del mar
NDVI	índice Diferencial de Vegetación Normalizado

NDWI	Índice Diferencial Normalizada de Agua
PAM	Pasivos Ambientales Mineros
PMGIRS	Programa Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
RMCH	Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SENASBA	Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios de Saneamiento Básico
SERGEOMIN	Servicio Geológico Minero
SIG	Sistema de Información Geográfico
TDPS	Sistema endorreico Titicaca - Desaguadero - Poopó - Salar de Coipasa
TDR	Términos de Referencia (de la consultoría)
UGCK	Unidad de Gestión de la Cuenca del río Katari
UH	Unidad Hidrográfica
UNT	Unidad Nefelométrica de Turbidez
UTM	Universal Transversal de Mercator
VAPSB	Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico
VRHR	Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego
WGS 84	World Geodetic System 1984 (Sistema Geodésico Mundial)