



FUENTES CONTAMINANTES EN LA CUENCA DEL LAGO TITICACA

Un aporte al conocimiento de las causas que amenazan
la calidad del agua del maravilloso lago Titicaca



Ministerio de Agricultura y Riego
PERÚ

LAGO TITICACA
FUENTES CONTAMINANTES EN LA CUENCA DEL

ANA
Autoridad Nacional del Agua

www.ana.gob.pe

 @Autoridad_Agua
 ANAtvagua
 autoridadnacionaldelagua

ISBN: 978-612-4273-12-4



9 786124 1273124

FUENTES CONTAMINANTES EN LA CUENCA DEL LAGO TITICACA

Un aporte al conocimiento de las causas que amenazan la
calidad del agua del maravilloso lago Titicaca.



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



ANA

Autoridad Nacional del Agua

Ocola Salazar, Juan José; Laqui Vilca, Wilber Fermín

Fuentes Contaminantes en la Cuenca del Lago Titicaca: Un aporte al conocimiento de las causas que amenazan la calidad del agua del maravilloso lago Titicaca. Lima: Autoridad Nacional del Agua, 2017.

188 pp.

ISBN: 978-612-4273-12-4

1. Lago Titicaca

2. Fuentes contaminantes

3. Recursos Hídricos

©Autoridad Nacional del Agua

Calle Diecisiete N° 355, Urb. El Palomar- San Isidro, Lima

Teléfono: (511)-224 3298- Anexo: 2400

www.ana.gob.pe

Tiraje:

500 ejemplares

Primera edición: Marzo 2017

Impresión:

Anghelo Manuel Rodríguez Paredes

RUC: 10452947973 Jr. Nicolás de Piérola 161- Lima-07

Telf.: 511- 525 6380 / 980 965729

editaimprimetulibro@gmail.com

Diseño y Diagramación:

Perúcuadro IRL.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2017-02778

Se permite la reproducción total o parcial de esta obra citando la fuente

Ningún problema ambiental puede ser resuelto si antes no se conocen las causas que lo generan, sean estas estructurales o no; pero más grave que eso es que, conociéndolas, nadie haga nada.

El autor

Autoridad Nacional del Agua

Ministerio de Agricultura y Riego

Jefe de la Autoridad Nacional del Agua

Ing. Abelardo De La Torre Villanueva

Secretaría General

Abg. Yuri A. Pinto Ortiz

Director de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos

Blgo. Juan Carlos Castro Vargas

Directora de Conservación y Protección de los Recursos Hídricos

Ing. Paola Chinen Guima

Autores:

Juan José Ocola Salazar

Wilber Fermín Laqui Vilca

Colaboradores:

Rocío Gómez Paredes

Richard Apaza Arpasi

Hugo León Ancco

César Iberos Mamani

Cenaida Ramos Poma

Jesús Dalens Campos

Gliceth Murillo Céspedes

Raiser Estrada Machacca

ÍNDICE

Prólogo	11
CAPÍTULO I. GENERALIDADES	15
1.1 INTRODUCCIÓN	15
1.2 OBJETIVO	17
1.3 ALCANCES	17
1.4 PROPÓSITO DEL ESTUDIO	17
1.5 MARCO LEGAL	18
1.6 INFORMACIÓN BASE DEL ESTUDIO	18
1.7 ASPECTOS METODOLÓGICOS	18
CAPÍTULO II. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS E HIDROGRÁFICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO	20
2.1 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	20
2.2 ASPECTOS HIDROGRÁFICOS DE LA CUENCA DEL TITICACA	21
2.2.1 Cuenca del río Ramis	21
2.2.1.1 Subcuenca del río Crucero	21
2.2.1.2 Subcuenca del río Azángaro	21
2.2.1.3 Subcuenca Nuña	22
2.2.1.4 Subcuenca San José	22
2.2.1.5 Subcuenca Ayaviri-Pucará	22
2.2.1.6 Subcuenca Llallimayo	22
2.2.1.7 Subcuenca Santa Rosa	23
2.2.2 Cuenca del río Coata	23
2.2.2.1 Subcuenca del río Paratía	23
2.2.2.2 Subcuenca Jarpaña	23
2.2.2.3 Subcuenca Medio Alto Coata	23
2.2.2.4 Subcuenca Cerrillos	23
2.2.2.5 Subcuenca e Intercuenca de Medio Coata	23
2.2.2.6 Subcuenca Cotaña	23
2.2.2.7 Subcuenca Medio Bajo Coata	23
2.2.2.8 Subcuenca Lampa	24
2.2.2.9 Subcuenca Bajo Coata	24
2.2.3 Cuenca del río Ilpa	24
2.2.3.1 Subcuenca de la laguna Umayo	24
2.2.3.2 Subcuenca Illpa	24
2.2.4 Cuenca del río llave	24
2.2.5 Cuenca del río Huancané	25
2.2.6 Cuenca del río Suches	25
2.2.7 Intercuencas	25
2.2.7.1 Intercuenca Ramis o 0179	26
2.2.7.2 Intercuencas 0155 y 0173	26
2.2.7.3 Intercuencas 0177, Mauri Chico y Callacame	26

2.3 ASPECTOS GENERALES DEL LAGO TITICACA	26
2.3.1 El lago Mayor	27
2.3.2 Bahía Mayor de Puno	31
2.3.3 Bahía Interior de Puno	31
2.3.4 El lago Menor o Huiñaymarca	32
2.4 USO DEL AGUA EN EL ÁMBITO DE LA CUENCA	32
2.5 CANTIDAD DE CUERPOS DE AGUA	33
2.6 GLACIARES Y LAGUNAS	35
2.6.1 Glaciares	35
2.6.2 Lagunas de origen glaciar	36
2.6.2.1 Lagunas en la cordillera Carabaya	36
2.6.2.2 Lagunas en la cordillera Apolobamba	37
CAPÍTULO III. INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES EN EL ÁMBITO DE LA CUENCA DEL LAGO TITICACA	39
3.1 INTRODUCCIÓN	39
3.2 FUENTES CONTAMINANTES POR SUBCUENCAS	41
3.2.1 Crucero-Azángaro	41
3.2.1.1 Residuos sólidos y aguas residuales municipales	41
3.2.1.2 Pasivos ambientales mineros	46
3.2.1.3 Inventarios de otras fuentes contaminantes	51
3.2.1.4 La actividad minera en las nacientes del río Ramis y el impacto en la calidad del agua	59
3.2.2 Ayaviri-Pucará	62
3.2.2.1 Residuos sólidos y aguas residuales	62
3.2.2.2 Pasivos ambientales mineros	65
3.2.2.3 Inventario de fuentes contaminantes	66
3.2.2.4 Fuentes de contaminación difusa	70
3.2.3 Cuenca del río Coata	71
3.2.3.1 Aguas residuales y residuos sólidos	71
3.2.3.2 Lavado de vehículos y ropa en el cauce del río Coata	75
3.2.3.3 El río Torococha	77
3.2.3.4 Pasivos ambientales mineros	78
3.2.3.5 Inventario de fuentes contaminantes	85
3.2.3.6 Carga contaminante y capacidad de autodepuración del río Coata ..	89
3.2.4 Cuenca del río Illpa	90
3.2.4.1 Aguas residuales y residuos sólidos	90
3.2.4.2 Pasivos ambientales	91
3.2.4.3 Fuentes contaminantes identificadas	95
3.2.5 Cuenca del río llave	97
3.2.5.1 Aguas residuales y residuos sólidos	97
3.2.5.2 Otras actividades productivas	99
3.2.5.3 Pasivos ambientales mineros	99
3.2.5.4 Fuentes contaminantes identificadas en el ámbito de la cuenca del río llave e intercuenas aledañas	101
3.2.6 Cuenca del río Huancané	111
3.2.6.1 Residuos sólidos y aguas residuales	111
3.2.6.2 Pasivos ambientales mineros	113
3.2.6.3 Fuentes contaminantes identificadas	116
3.2.7 Cuenca del río Suches	121
3.2.7.1 Aguas residuales y residuos sólidos	121
3.2.7.2 Fuentes contaminantes identificadas	122
3.2.7.3 Otras actividades económicas	124

3.2.8	Área circunlacustre del lago Mayor	126
3.2.8.1	La crianza de truchas: una fuente potencial de contaminación	127
3.2.8.2	Inventario de fuentes contaminantes	128
3.2.9	Bahía Interior de Puno	132
3.2.9.1	Inventario de fuentes contaminantes	133
3.2.10	Área circunlacustre de la bahía Mayor de Puno	137
3.2.10.1	Inventario de fuentes contaminantes	140
3.2.11	Lago Huiñaymarca	143
3.2.11.1	Inventario de fuentes contaminantes	145
3.3	INTERCUENCA 0177	147
3.4	LOS BOFEDALES Y EL AGUA	149
CAPÍTULO IV. LOS CONTAMINANTES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA		151
4.1	INTRODUCCIÓN	151
4.2	CONTAMINANTES DEL AGUA	152
4.2.1	Aguas residuales municipales y sus características	152
4.2.2	Las aguas residuales municipales y los contaminantes emergentes	156
4.3	RESIDUOS SÓLIDOS COMO FUENTE DE CONTAMINACIÓN	160
4.3.1	Residuos sólidos peligrosos	160
4.3.2	Residuos sólidos hospitalarios	165
4.4	LAS LETRINAS Y LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA	166
4.5	LOS BOTADEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA	166
4.6	FUENTES DE CONTAMINACIÓN DIFUSA	169
4.6.1	Escorrentías urbanas y drenaje de carreteras	169
4.6.2	El uso del suelo	173
4.7	PASIVOS AMBIENTALES MINEROS	173
4.8	LA PISCICULTURA Y SUS EFECTOS EN LA CALIDAD DEL AGUA	174
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES		177
	Subcuenca Crucero-Azángaro	178
	Subcuenca Ayaviri-Pucará	179
	Cuenca del río Coata	179
	Cuenca del río Illa	180
	Cuenca del río llave	180
	Cuenca del río Huancané	180
	Cuenca del río Suches	180
	Área circunlacustre lago Mayor	181
	Área circunlacustre de la bahía Mayor de Puno	181
	Área circunlacustre de la bahía Interior de Puno	181
	Área circunlacustre del lago menor o Huiñaymarca	181
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES		182
	Bibliografía	183

PRÓLOGO

Hoy en día, los problemas de contaminación ambiental —y la contaminación de muchos de los ríos, lagunas y otras fuentes naturales de agua como el lago Titicaca— se está convirtiendo en una causa frecuente de movilizaciones lideradas por ciertos sectores de la sociedad civil que protestan y exigen a las autoridades regionales y nacionales la protección y recuperación de la calidad del agua, mediante el tratamiento de las aguas residuales antes de su vertimiento a las fuentes naturales.

No obstante lo antes señalado, la contaminación de las fuentes naturales de agua se debe a muchas otras causas adicionales importantes y complejas, entre ellas los botaderos municipales de residuos sólidos (que contienen diversidad de elementos peligrosamente tóxicos), los pasivos ambientales mineros, la actividad minera ilegal e informal, la actividad agropecuaria y la piscicultura intensiva que se lleva a cabo en diversas zonas del Titicaca, el lago Arapa y la laguna Lagunillas; finalmente el problema principal probablemente sea la desidia de las autoridades municipales respecto a solucionar el problema de los residuos sólidos arrojados al cuerpo natural de agua y la falta de cultura cívica de la gran mayoría de pobladores del ámbito rural y urbano.

En el presente documento se exponen los resultados de la identificación y evaluación de cada una de las fuentes de contaminación de los cuerpos de agua en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca. El estudio ha sido elaborado en base a los informes de identificación de fuentes contaminantes realizados desde 2013 por las Administraciones Locales de Agua del ámbito de la cuenca del lago Titicaca, información que ha sido recogida, analizada y complementada con referencias bibliográficas.

El propósito del estudio es analizar y sustentar las implicancias de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, como causantes de la contaminación de las aguas, evidenciada por la diversidad de residuos peligrosos acumulados en los botaderos municipales, así como otras fuentes contaminantes “poco comunes”, de cuyos efectos no existe suficiente información.

Se debe precisar que todas las actividades poblacionales y productivas en el ámbito de la cuenca generan sustancias (líquidas y sólidas) de diversa índole, que, directa o indirectamente, terminan contaminando determinadas zonas del lago Titicaca, en el futuro ello podría convertirse en un problema generalizado, ya que este importante cuerpo de agua es el único receptor de toda la carga contaminante que acarrean sus ríos afluentes.

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) es el ente rector y la máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos. Como tal, en lo que corresponde a la calidad del agua, tiene a su cargo la identificación de las fuentes contaminantes y el monitoreo de la implementación de medidas para su recuperación. El presente documento titulado Fuentes contaminantes del agua en la cuenca del lago Titicaca, ha sido elaborado con la finalidad de ser una referencia para todos aquellos que tengan interés en realizar investigaciones orientadas a profundizar en el análisis de las implicancias de la contaminación de los cuerpos de agua. Adicionalmente se quiere hacer un llamado a la conciencia de las autoridades locales, regionales y nacionales; a los pobladores en general, y a los estudiantes y académicos en particular, a que reflexionen sobre la amenaza de contaminación del lago Titicaca, que las diversas fuentes (puntuales y difusas) antes señaladas, puedan causar en el corto, mediano o largo plazo si no se decide actuar pronto.

Ing. Abelardo Amador De La Torre Villanueva
Jefe de la Autoridad Nacional del Agua



Vista tomada frente a la desembocadura del río Ramis.

Lago Titicaca, eres una de las tantas y majestuosas bellezas naturales que Dios creó.
Él te puso allí entre los brazos de los Andes.
Esa es la idea que yo tengo cuando desde lo alto de una montaña cercana a tus orillas
Observo tu telúrica belleza, casi infinita.
Siento el espíritu de tus aguas limpias que refrescan mi alma
y alegran mi contento.
Pues me dan ganas de quedarme contigo toda la vida.
Quiero quedarme contigo, mezclarme con tus aguas,
Y sentir siempre que estás vivo.
Quiero quedarme contigo para con mi mente y mis manos
Defenderte siempre de la “agresión” de mis hermanos.
Recuerdo la primera vez que te conocí,
Cuando me acerqué a tus orillas
Sobre tus aguas vi rutilar alegre el firmamento,
Y en tus brazos, mi alma se sintió pequeña,
Mis ojos no lograron alcanzar tus horizontes,
Y mis sueños por un instante se reflejaron en tu piel hecha de agua pura.
Eres la cuna de la historia de mi patria,
Eres el regazo de la vida.
Cómo no admirarte,
Cómo no quererte, pues si un poquito de tu esencia corre por mis venas.
Cómo no quererte,
Si cada vez que yo te miro
La grandeza de tu espíritu
Alegra mi alma, de sentirte siempre vivo.
Por eso cada vez que yo te encuentro
Me dan ganas de quedarme contigo para siempre.

Juan José Ocola Salazar

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales indispensable para la vida en general y para el mantenimiento de los ecosistemas; es un recurso finito, escaso y vulnerable, y, al mismo tiempo, estratégico para el desarrollo socioeconómico de los pueblos. Sin cantidad y calidad de agua, ni la vida ni el desarrollo serían posibles, como no lo sería tampoco la paz social. Puede haber agua en abundancia en una determinada cuenca, pero si se encuentra contaminada, de muy poco o nada va a servir, por lo menos para el uso de la población, salvo que alguien esté dispuesto a pagar un alto costo para su tratamiento. Si hoy no se protege su calidad, el acceso al agua limpia no solo para el abastecimiento poblacional sino también para la producción agropecuaria y piscícola será uno de los problemas ambientales más álgidos que las próximas generaciones tendrán que enfrentar.

En los tiempos actuales, algunas poblaciones reclaman por la contaminación de ciertos cuerpos de agua generada por la actividad minera, sea esta ilegal, informal o formal; sin embargo, el problema de la contaminación del agua va más allá de esa percepción. Todas las ciudades en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca, independientemente de la cantidad de su población, generan aguas residuales que son vertidas directa o indirectamente en los cuerpos naturales de agua, sea un río, una laguna o el mismo lago Titicaca. Lo propio ocurre con las grandes cantidades de basura que los municipios recogen y depositan en botaderos municipales, mayormente a cielo abierto o enterrados, ambas soluciones nada amigables con el medio ambiente y particularmente con el agua. En el ámbito de las cuencas de los ríos Ramis y Suches, la minería ilegal y la informal han ocasionado serios conflictos socioambientales que, en el caso del Ramis, cobraron vidas humanas en 2011.

Desde hace no más de quince años, el crecimiento urbano en el ámbito de la cuenca del Titicaca es sostenido, bien como producto del incremento vegetativo de la población urbana, bien como consecuencia de la migración de la población desde el ámbito rural, situación que constituye uno de los factores de mayor presión sobre la cantidad y calidad del agua. De manera conjunta con el crecimiento poblacional se incrementa la demanda de agua potable, lo que produce una mayor presión sobre los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas; al mismo tiempo, crece la producción de aguas residuales, que en la mayoría de los casos se vierten directamente en los cuerpos naturales de agua sin ningún tratamiento, o deficientemente tratadas, y aumenta asimismo la generación de residuos sólidos.

Existen otras fuentes contaminantes de las cuales muy poco se habla, sea por desconocimiento o porque no se cuenta con información suficiente. No obstante, también son importantes; es el caso de los pasivos ambientales, actividades, agrícolas, ganaderas y piscícolas; en lo que concierne a las dos últimas actividades, para muchos esta apreciación es alarmista, sobre todo si se tiene en cuenta que ambas constituyen fuente de ingreso para miles de personas. Sin embargo, se trata de actividades que

también tienen su cuota de contaminación que deben ser consideradas en los modelos de gestión ambiental en la cuenca.

La agricultura utiliza importantes cantidades de agroquímicos (fertilizantes y pesticidas), cuyos residuos drenan hacia las aguas subsuperficiales y superficiales; la ganadería, a su vez, produce gran cantidad de estiércol y orina; en el primer caso, contiene materia orgánica y coliformes fecales,¹ que también terminan en el suelo y, finalmente, en el agua. Lo mismo ocurre allí donde se practica la producción ganadera, principalmente la crianza de animales mayores como vacunos, ovinos, equinos y camélidos, cuyas deposiciones fisiológicas terminan en el ambiente, de modo que constituyen fuentes de contaminación difusa del agua subterránea y superficial aunque mucho de este material es utilizado como abono para la agricultura de panllevar.

La piscicultura intensiva en el lago Titicaca, en la laguna Lagunillas y en lago Arapa, principalmente, ha crecido de manera notable en los últimos quince años. Actualmente se estima que en el ámbito de la cuenca se producen un poco más de 30 mil toneladas anuales de trucha, lo que significa el uso de un poco más de 35 mil toneladas de alimento balanceado. Los residuos generados durante el proceso productivo, entre ellos los metabolitos y los desperdicios de alimento, generarán en el mediano y largo plazo la alteración de la calidad del agua, principalmente en las zonas de influencia inmediata al sistema de jaulas. Se incrementará la concentración de materia orgánica, fósforo y nitrógeno, y con el paso del tiempo se puede generar la peligrosa eutrofización del cuerpo de agua, además de impactos directos en la calidad del fondo por acumulación de materia orgánica, lo que dará lugar a la hipoxia y la anoxia, que, a su vez, traerán consigo la eliminación de muchos organismos bentónicos. Este es un aspecto sobre el que se tiene que reflexionar, con el fin de establecer las correspondientes medidas correctivas que eviten daños ambientales al ecosistema.

En el ámbito rural de la cuenca, como los sistemas de alcantarillado son inexistentes, en muchas zonas la población utiliza letrinas para la deposición de sus excretas.

El agua no debe ser vista solo desde el punto de vista socioeconómico, sino desde el ambiental integral, que contempla las dimensiones biofísicas y sociales del ecosistema, las cuales están estrechamente relacionadas, de tal manera que el cambio en una de ellas genera el cambio en la otra. Este es un aspecto que debe ser tomado en cuenta en los enfoques de planificación y gestión ambiental, y en particular del agua.

En esa línea, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), en el marco de sus funciones establecidas en la Ley de Recursos Hídricos, Ley 29338, ha realizado entre los años 2010 y 2015 actividades orientadas a la identificación de fuentes contaminantes, información fundamental para la toma de decisiones en materia de gestión de la calidad del agua. Tales decisiones tienen que ver con aspectos relacionados con el control de fuentes contaminantes, vigilancia y monitoreo de la calidad del agua.

1 Coliformes fecales: subgrupo de los coliformes totales capaz de fermentar la lactosa a 44,5° C. Son bacterias entéricas que colonizan casi exclusivamente el tracto gastrointestinal del hombre y de animales de sangre caliente y son eliminadas a través de la materia fecal. Se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal (véase CYTED: http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf).

1.2 OBJETIVO El Estudio tiene por objetivo identificar, caracterizar, y evaluar cualitativa y cuantitativamente todas las fuentes de contaminación de los cuerpos naturales de agua existentes en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca; con la finalidad de contribuir al planteamiento y desarrollo de acciones multisectoriales de prevención, corrección, mitigación y recuperación de los recursos hídricos que conforman dicha cuenca; promoviendo la toma de decisiones por parte de las autoridades locales, regionales y nacionales.

1.3 ALCANCES El diagnóstico de fuentes contaminantes, geográficamente se basa al ámbito de la cuenca del lago Titicaca. Incluye los resultados de la evaluación de la información relacionada con el inventario de fuentes superficiales de agua como lagunas, ríos, quebradas, humedales y glaciares; así mismo contempla una breve descripción general de las cuencas y subcuencas que conforman la cuenca del Titicaca. Toda esta información permite tener una idea clara del panorama de la cuenca donde se desarrollan las actividades poblacionales y productivas, factores generadores de contaminación.

Contiene los resultados de la evaluación y validación de los diferentes tipos de fuentes contaminantes identificados, realizadas en base a la información proporcionada por las Administraciones Locales de Agua (ALA), así como la información generada por el Ministerio de Energía y Minas, en lo que respecta a los pasivos ambientales mineros.

Asimismo, se incluyen los resultados de las estimaciones de los volúmenes de generación total de residuos sólidos y aguas residuales municipales de los principales centros urbanos de la cuenca, que se realizaron considerando los valores per cápita de generación de residuos sólidos establecidos por el Ministerio del Ambiente; y algunos valores asumidos respecto al consumo per cápita de agua potable.

Finalmente, se aborda la descripción conceptual de cada una de las fuentes contaminantes, con énfasis en alguno de sus componentes físicos, químicos y biológicos, y su relación con la contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

1.4 PROPÓSITO DEL ESTUDIO El propósito fundamental del presente estudio es involucrar a las autoridades locales, gobierno regional de Puno, del Gobierno Central, de las instituciones científicas, y de la sociedad civil en general, para que perciban en dimensión real la contaminación de los cuerpos de agua, tales como: Ramis, Ilave, Illpa, Huancané, Suches y Coata, así como también de la bahía interior de Puno y tomen conciencia que estamos frente a un problema ambiental sin precedentes que exige ser abordado política y socialmente con urgencia.

Un número importante de fuentes contaminantes necesitan ser estudiadas con mayor énfasis, como el caso de la contaminación difusa generada en las ciudades, así como también por la agricultura, la ganadería, la minería, la piscicultura. Es preciso determinar la cantidad de residuos peligrosos que se arrojan día a día en los botaderos municipales, así como calcular la carga contaminante que generan los pasivos ambientales mineros; todo ello con la finalidad de establecer las correspondientes medidas de control. Este es una acción interesante en el que podrían colaborar las universidades de la región, si verdaderamente pretendemos proteger y conservar la calidad del agua de lago Titicaca, del lago Arapa, de la laguna Lagunillas, y de sus ríos afluentes. Necesitamos actuar, y gestionar el financiamiento en pro de encontrar y poner en marcha las soluciones estructurales y no estructurales. Aún estamos a tiempo.

1.5 MARCO LEGAL

Este Diagnóstico se ha realizado tomando en cuenta el marco legal pertinente en materia de calidad del agua: la Ley de Recursos Hídricos, Ley N.º 29338,² y el Decreto Supremo N.º 001-2010-AG, que aprueba el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, cuyo artículo 124³ establece, entre otras acciones, la identificación de fuentes contaminantes.

1.6 INFORMACIÓN BASE DEL ESTUDIO

La cuenca del lago Titicaca cuenta con estudios de calidad del agua, las cuales se basaron en el análisis y sistematización de la información de fuentes primarias y secundarias. La primera relacionada con la identificación de fuentes contaminantes (IFC) realizado entre febrero y mayo de 2015; mientras que la segunda en los resultados de los diferentes monitoreos de calidad de agua realizados en cada una de las cuencas que conforman la cuenca hidrográfica del lago Titicaca, ejecutados de manera participativa; es decir que durante la fase de campo participaron diversos actores de las cuencas involucrados con los recursos hídricos; como son representantes de la sociedad civil (Junta de Usuarios, Comisiones de Riego, Comités de regantes, Consejos de vigilancia, etc.) de entidades públicas locales (Municipalidades provinciales y distritales), regionales (Defensoría del Pueblo, Proyecto Especial Lago Titicaca, y en el caso del monitoreo de lago Titicaca, representantes de instituciones de Bolivia: El Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN), Autoridad Binacional Lago Titicaca (ALT), Unidad Operativa Boliviana (UOB), Ministerio de Agua Medio Ambiente y Riego (MAYA).

1.7 ASPECTOS METODOLÓGICOS

El enfoque que sustenta la elaboración del estudio está basado en una visión global de los aspectos primordiales que caracterizan a cada una de las cuencas evaluadas, y que integra la identificación y evaluación cualitativa de los factores hidrográficos de cada una de las cuencas y los aspectos socioeconómicos básicos (demografía, minería, industria, piscicultura, etcétera), cuyas actividades están contribuyendo directa o indirectamente a la contaminación de los cuerpos de agua.

La evaluación de las fuentes contaminantes se basó en la información contenida en los diversos informes de identificación de fuentes contaminantes (IFC), elaboradas por las ALA del ámbito de la cuenca del Titicaca (organismos desconcentrados de la Autoridad Nacional del Agua). Esta información comprende identificación, ubicación y caracterización básica de cada una de las fuentes identificadas. En lo que respecta a los pasivos ambientales mineros, la información tomada en cuenta fue la reportada por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) a 2015; mientras que para los aspectos demográficos (base para el cálculo del número de pobladores urbanos) se consideró la información del INEI reportada el 2013, y para la ganadería, la data de la Dirección Regional Agraria (DRA) de Puno.

En el ámbito de la cuenca del lago Titicaca existen 68 centros urbanos (entre pequeños, medianos y grandes), de los cuales se seleccionó 54 considerados los más importantes en lo que concierne a número de población, que oscila entre 677 (Umachiri) y 268 018 habitantes (Juliaca).

Para la estimación de los volúmenes totales de aguas residuales se tomó en cuenta el número de pobladores urbanos de cada uno de los centros urbanos, el cual fue multiplicado

2 “Artículo 15. Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, numeral 12. Ejercer jurisdicción exclusiva en materia de aguas, desarrollando acciones de administración, fiscalización, control y vigilancia, para asegurar la preservación y conservación de las fuentes naturales de agua, de los bienes naturales asociados a éstas y de la infraestructura hidráulica, ejerciendo para el efecto la facultad sancionadora y coactiva”.

3 “Artículo 124. Plan Nacional de Vigilancia de la Calidad del Agua: es el conjunto de actividades orientadas a la evaluación de la calidad del agua de los cuerpos de agua con el objetivo de determinar el cumplimiento de la Ley, el Reglamento y demás normas de calidad del agua, identificar las fuentes de contaminación y establecer medidas para su recuperación”.

por una dotación per cápita de agua potable (establecida discrecionalmente), a la que se aplicó una tasa de retorno de aguas residuales del 80 % de la dotación. Se adoptó este criterio porque no existe información oficial para cada uno de los centros urbanos. En segundo lugar, se consideraron los caudales reportados en cada uno de los informes de fuentes contaminantes, resultados de los aforos puntuales. En ambos casos los valores obtenidos brindan información valiosa desde el punto de vista de la necesidad de gestión de este tipo de contaminantes.

Para estimar la cantidad de residuos sólidos se consideró el número de pobladores urbanos de cada uno de los centros urbanos seleccionados, el cual fue multiplicado por la producción per cápita (PPC) de residuos sólidos establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) en 2012.

CAPÍTULO II

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS E HIDROGRÁFICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

Las actividades socioeconómicas son realizadas por las poblaciones asentadas en el ámbito rural y en el urbano de cada una de las cuencas que conforman el lago Titicaca, así como por los pobladores migrantes desde otras zonas de la región y del país, como Ananea y La Rinconada en la zona alta de la cuenca del río Ramis, en este caso como resultado de la actividad minera.

En términos generales, el factor que determina el asentamiento y desarrollo de un centro urbano o rural es la disponibilidad y acceso a fuentes de agua (ríos, lagos o manantiales) utilizadas para uso primario (ámbito rural), poblacional (abastecimiento masivo a través de sistemas de agua potable) y productivo (agricultura, industria, minería, piscicultura, etcétera), así como la que se emplea como bebida de animales domésticos, y para la fauna silvestre en general.

Las principales cuencas aportantes que conforman la gran cuenca del lago Titicaca son: Ramis, Coata, Illpa, llave y Huanané, cuya superficie total es de 46 582 km². Allí se localizan actualmente 89 distritos correspondiente a 12 provincias, con una población total proyectada a 2015 de 1 249 670 habitantes, entre pobladores de las áreas urbana y rural.

Las ciudades tienden al crecimiento, principalmente Puno, Juliaca, llave y Ayaviri, debido a la migración de la población rural. Según el censo de 1993, del total de la población, 656 548 habitantes (60 %) vivían en el ámbito rural y solo un 39,2 % (423 300) en el urbano; a 2007 la situación cambió notablemente: la población urbana fue de 51,35 % (590 049 habitantes), y la de la zona rural, 48,65 % (558 966 habitantes) (PNUMA, 2011). Durante el periodo 1981-1993, el crecimiento urbano fue de 3,4 % anual, y el rural, de 0,7 % (PNUMA, 1996); y para el periodo 1993-2007, la tasa de crecimiento de las ciudades fue de 1,1 %, en tanto que la del campo fue de -0,2 % (INEI, 2009). Esta situación incrementa la presión ambiental en determinadas áreas como consecuencia del aumento de la producción de aguas residuales y residuos sólidos, en ambos casos dispuestos en el ambiente sin tratamiento adecuado; asimismo, crece la demanda de los servicios de abastecimiento de agua potable.

Las principales actividades económicas en la cuenca son la ganadería, la agricultura de secano (cultivos de panllevar y forrajes) —en algunos casos (Vilque-Mañazo, minería) mediante irrigaciones—, el comercio, una industria incipiente, la pesca artesanal basada en la extracción de recursos hidrobiológicos nativos y la piscicultura intensiva en jaulas flotantes.

Existen 36 797 hectáreas bajo riego (MINAM, 2012), alrededor de 209 921 cabezas de ganado conformado por animales mayores: alpacas (133 382), ovinos (53 192), vacunos (32 486), llamas (40 347), equinos (25 247), porcinos (16 524) y cabras (299) (DRA, 2015). Se precisa que el número de cabezas de ganado se refiere a los animales mayores existentes en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca, teniendo en cuenta que, como

producto del metabolismo, generan gran cantidad de excretas (heces y orina) vertidas en el medio ambiente (suelo) y que, por ende, constituyen una importante fuente de contaminación difusa de la calidad del agua, tanto subterránea como superficial.

2.2 ASPECTOS HIDROGRÁFICOS DE LA CUENCA DEL TITICACA

La cuenca del lago Titicaca, con sus 56 182 km², forma parte de la gran cuenca endorreica conocida como Sistema Titicaca-Desaguadero-Poopó y Salar de Coipasa (TDPS), que tiene una extensión de 143 900 km², entre los territorios del Perú y Bolivia. Su principal cuerpo de agua es el lago Titicaca, buena parte del cual es el resultado de la acumulación y renovación del agua a través del tiempo, procedente del sistema de cuencas circundantes. En la fisiografía de la cuenca, que es muy variada, se distinguen dos zonas: el cuerpo de agua propiamente dicho y el área continental. El cuerpo de agua está constituido por las zona pelágica, sublitoral y litoral, mientras conforman la continental las islas y penínsulas, así como las cuencas de los ríos, muchos de los cuales descargan sus aguas en el Titicaca; sin embargo, los más importantes por el área de su cuenca, la longitud de su cauces y su caudal son el Suches, el Huancané, el Ramis, el Coata, el Illa y el Ilave.

2.2.1 Cuenca del río Ramis

La cuenca del río Ramis se ubica entre las coordenadas UTM 14°03'26.6"-15°27'33.7" de latitud sur y 69°25'26.4"-71°07'4.7" de longitud oeste, y tiene una variación altitudinal de 3800 a 5694 msnm. Hidrográficamente, pertenece a la cuenca del lago Titicaca y limita por el norte con la cuenca del río Inambari, por el sur con la del río Coata, por el este con las de los ríos Huancané y del Suches, y por el oeste con la del río Vilcanota.

Políticamente, la superficie de la cuenca del río Ramis pertenece a la región Puno, y abarca las provincias de Azángaro, Carabaya, Lampa, Melgar y San Antonio de Putina. Tiene una superficie total de 14 372 km², de los cuales el 12 % (1812 km²) pertenece a Lampa, 3853 km² (26 %) a Azángaro, 45 % (6529 km²) a Melgar, 1260 km² (9 %) a Carabaya y 918 km² (6 %) a San Antonio de Putina (Ministerio de Agricultura, 2003).

Está conformada por dos ríos principales, Azángaro y Ayaviri, que confluyen en la parte baja y forman el río Ramis, que tiene una longitud de 60,15 km hasta su desembocadura en el lago Titicaca.

2.2.1.1 Subcuenca del río Crucero

Cuenta con una superficie de 4396,29 km² y un perímetro de 462 km. Su parte más elevada está en la cota 5750 msnm y se ubica en el nevado Ananea Chico, y su parte más baja se encuentra en la cota 3875 msnm, donde confluye con el río Nuña (Ministerio de Agricultura, 2003).

Durante su recorrido, el río principal toma diferentes nombres: en la parte alta se denomina río Grande; en la parte media, río Crucero, y en la parte baja, río San Antón. La longitud total del río principal es de 209 km, y este tiene una pendiente media de 0,0027%; presenta una dirección noroeste, suroeste y sur, y tiene un drenaje subdendrítico.

Los ríos principales de la subcuenca son el Crucero, el Antauta, el Ajoyani, el San Juan, el Cecilia, el Billón y el Inambari, y las lagunas de mayor importancia son Pacharúa, Saracocha, Aricoma, Rinconada, Suytucocha, Casa Blanca, Sillacunca (represada) y Ticllacocha. Como nevados se tiene al Ananea Chico, Callejón y Ananea Grande. En la parte alta de esta subcuenca, en las zonas de La Rinconada, Pampa Blanca y en las pampas de Ananea, se realiza actividad minera.

2.2.1.2 Subcuenca del río Azángaro

Tiene una superficie de 676,41 km² y un perímetro de 177,14 km. La zona más alta está en la cota 4560 msnm y se ubica en el cerro Viluyo, y su parte más baja está en la cota 3825 msnm, donde confluye con el río Ayaviri para formar el río Ramis. La longitud total del río principal es de 94,28 km y su pendiente media es de 0,0002 %. Presenta una

dirección sureste a sur y tiene un tipo de drenaje subdendrítico. Los ríos principales de la subcuenca son el Azángaro, el Arreromayo, el Yanamayo y el Chuñojani, y las lagunas de mayor importancia son Quearia, Quequerani y San Juan de Salinas (Ministerio de Agricultura, 2003).

2.2.1.3 Subcuenca Nuña

Cuenta con un área de 2763,19 km² y un perímetro de 325,14 km. Su parte más elevada está en la cota 5550 msnm y se ubica en el nevado Junurana, y su parte más baja está en la cota 3875 msnm, donde confluye con el río Crucero. La longitud total del río principal es de 140,18 km, tiene una pendiente media de 0,0076 % y presenta una dirección sureste. El tipo de drenaje es dendrítico.

Los ríos principales de la subcuenca son el Nuña, el Quenamari, el Viluyo, el Parina, el Achaco, el Hatunmayo, el Patiani, el Antacalla, el Totorani, el Palca, el Huayco, el Saluyo, el Jurahuiña, el Chillipalca, el Lloncacarca, el Challuta, el Pite y el Piscotira, y las lagunas de mayor importancia son Ututo, Ñequecota, Humamanca, Quellacocha, Qomercocha, Caycopuncu y Jilocota. Sus principales nevados son el Ñequecota, el Olloquenamari, el Quellma, el Junurana, el Sapanota, el Pumanota, el Cuchocucho, el Culi y el Canta Casa.

2.2.1.4 Subcuenca San José

Tiene un área de 949,83 km² y un perímetro de 161,50 km. Su parte más alta se encuentra en la cota 5162 msnm en el nevado Surapana, y la más baja en la cota 3850 msnm, en la confluencia con el río Azángaro.

La longitud total del río principal es de 70,59 km, y este tiene una pendiente media de 0,0037 %. Presenta una dirección noreste a suroeste y tiene un tipo de drenaje subparalelo.

Los principales ríos de la subcuenca son el San José, el Condoriri, el Tintiri, el Santa Ana, el Quilcamayo, el Jacara, el Pirhuani, el Lagoni, el Carpani y el Pariani, y las lagunas más importantes son Alta Gracia y Salinas, que, en conjunto, se originan en los flancos occidentales de los nevados, siendo el Surpana el principal.

2.2.1.5 Subcuenca Ayaviri-Pucará

La subcuenca Ayaviri-Pucará tiene un área de 2668,36 km² y un perímetro de 297,75 km. La parte más elevada está en la cota 5100 msnm, en el cerro Sapansalla, y su parte más baja se ubica en la cota 3825 msnm, en la confluencia con el río Azángaro.

La longitud total del río principal es de 152,24 km, y este tiene una pendiente media de 0,0003 %. Presenta dirección sureste y su drenaje es subdendrítico. El número de orden de la subcuenca es 6. Sus principales ríos son el Ayaviri, el Cahuasiri-Puncu Puncu, el Vilacarca, el Umachiri, el Condormilla, el Actani, el Vilcamayo, el Machacmarca y el Sora, y su laguna más importante, la de Tantani. El río Ayaviri se forma de la unión de los ríos Santa Rosa y Llallimayo; el primero nace en las faldas del nevado Kunurana y en el lugar denominado La Raya, en la divisoria con las nacientes del río Urubamba, a una altura de 3895 msnm.

2.2.1.6 Subcuenca Llallimayo

Tiene un área de 1970,77 km² y un perímetro de 283,88 km. Su parte más elevada está en la cota 5327 msnm, en el nevado de Lamparasi, y la más baja en la cota 3875 msnm, donde confluye con el río Santa Rosa, que forma el Ayaviri.

La longitud total del río principal es de 84,51 km y este cuenta con una pendiente media de 0,0051 %. Presenta dirección este y tiene un tipo de drenaje dendrítico. Los ríos principales de la subcuenca son el Llallimayo, el Cupimayo, el Macarimayo, el Turmana, el Jayllahua, el Sayna, el Selque, el Cachiunu, el Ocuvi, el Vilcamarca, el Surapata y el Hatunayllu, y sus lagunas más importantes, Chullpía (trasvasada de la cuenca del

Apurímac), Iniquilla, Saguanani, Matarcocha y Calera. Finalmente, sus nevados principales son el Lamparasi, el Oscollani y el Quilca.

2.2.1.7 Subcuenca Santa Rosa

Cuenta con un área de 933,45 km² y un perímetro de 167 km. La parte más elevada se ubica en la cota 5450 msnm, en el nevado Chimboya, y la más baja en la confluencia con el río Llallimayo, en la cota 3875 msnm, la cual da origen al río Ayaviri.

El río más importante tiene una longitud total de 86,88 km, y cuenta con una pendiente media de 0,0021 %. Su dirección es sureste y tiene un tipo de drenaje subdentrítico. Los principales ríos de la subcuenca son el Santa Rosa, el Parina, el Achaco, el Chosicani, el Inkañan y el Vilacota, y sus nevados más importantes, el Kunurana y el Chimboya.

2.2.2 Cuenca del río Coata

La cuenca del río Coata está formada por nueve subcuencas:

2.2.2.1 Subcuenca del río Paratía

Abarca 419,56 km² y representa el 8,5 % de la cuenca del río Cabanillas (2888,61 km²). La longitud del curso principal del río Paratía es de 19,7 km aproximadamente, desde la naciente hasta la confluencia con el río Verde, afluente del Cabanillas.

2.2.2.2 Subcuenca Jarpaña

La subcuenca Jarpaña tiene una superficie de 328,91 km², que representa el 6,7 % de la cuenca del río Cabanillas (2888,6 km²). La longitud de su río principal es de 10,7 km, aproximadamente, desde la naciente en el río Quillisane hasta la confluencia con el río Verde. Tiene un caudal de 876,8 L/s y una pendiente de 1,5 %.

2.2.2.3 Subcuenca Medio Alto Coata

La subcuenca Medio Alto Coata cuenta con una superficie de 210,5 km² y representa el 7,3 % de la cuenca del río Cabanillas (2888,6 km²). La longitud del curso principal, el río Verde, es de aproximadamente 19,7 km desde río Sillapaca hasta la confluencia con el río Cabanillas.

2.2.2.4 Subcuenca Cerrillos

Abarca 868,12 km² y representa el 30,5 % de la cuenca del río Cabanillas (2888,6 km²). En esta subcuenca se ubica la laguna Lagunillas, actualmente represada, que tiene una superficie de 65,12 km² y un volumen superior a los 500 Hm³. La represa Lagunillas descarga sus aguas en el río Cerrillos, que desemboca en el río Cabanillas. En la parte alta de la subcuenca, el río Cerrillos toma el nombre de Borracho, que tiene una longitud de 34,0 km. En esta subcuenca también se encuentra el río Ichoccollo, cuya longitud es de 11,21 km.

2.2.2.5 Subcuenca e Intercuenca del Medio Coata

Esta subcuenca tiene una superficie de 495,6 km² y representa el 17,16 % del total del área de la cuenca (2888,6 km²). Los ríos Chacalaya y Quebrada Andamarca, de la quebrada Compuerta, desembocan en el río Cabanillas.

La intercuenca media del Coata tiene como río principal al Cabanillas, cuya longitud es de 20,12 km y cuenta con una pendiente de 0,541 %; en este tramo confluyen los ríos Andamarca, Compuerta y Chacalaya.

2.2.2.6 Subcuenca Cotaña

Esta cuenca ocupa una superficie de 251,1 km² y representa el 8,69 % del total del área de la cuenca del río Cabanillas (2 888,64 km²). Desde la naciente en el río Cuchuchune, el río Cotaña tiene una longitud de 16,64 km (aforo = 7,94 L/s). Durante su recorrido confluyen en él los ríos Livara, que tiene una longitud de 16,1 km, y Vizcachani, con una longitud de 11,0 km.

2.2.2.7 Subcuenca Medio Bajo Coata

Esta subcuenca ocupa una superficie de 314,5 km², lo que representa el 10,9 % del total del área de la cuenca del río Cabanillas (2888,6 km²). El río principal es el Cabanillas, con una baja pendiente del orden de 0,2 %.

Limita por el norte con la cuenca del río Lampa, por el sureste con la cuenca del llave y por el oeste con la subcuenca Medio Coata y Cotaña. Abarca la mayor longitud del río Cabanillas, en cuyo transcurso se encuentran las bocatomas Cabana-Mañazo, Yocara y Yanarico.

El río Cabanillas tiene una longitud de 52,9 km, un caudal de 7,6 m³/s (época de estiaje) y una pendiente de 0,2 %. En su trayecto hacia el Titicaca confluye con el río Porotuyo, que tiene una longitud de 26,3 km.

2.2.2.8 Subcuenca Lampa

La subcuenca del río Lampa ocupa una superficie de 1559,9 km², representa el 31,7 % del total del área de la cuenca y tiene una pendiente de 1,2 %. Nace en la parte alta del río Vilavila. Está compuesta por los ríos Vilavila, Palca y Lampa; este último tiene una longitud de 98 km.

El río Vilavila, a 84 km de su nacimiento, toma el nombre de río Palca; durante su recorrido confluye con ríos y quebradas que aportan caudales importantes, como el río Pumahuasi, la quebrada Collpahuaijo, la quebrada Antalla y los ríos Barranco y Cachinane.

El río Palca, 60 km aguas abajo de su recorrido, toma el nombre de río Lampa, cuya longitud es de 61 km y recibe el agua de los ríos Quisca y Culillaca. En esta subcuenca se encuentran las lagunas Livichaco, con un área de 1,0 km², y Colorada, con un área de 1,2 km².

2.2.2.9 Subcuenca Bajo Coata

Abarca 459,9 km², lo que representa el 9,2 % del total de la cuenca del río Cabanillas (2888,6 km²). Los ríos Cabanillas y Lampa son los principales aportantes de río Coata, cuyas aguas desembocan al lago Titicaca. En esta subcuenca se ubica la ciudad de Juliaca, que tiene una población de más o menos 300 mil habitantes, lo que constituye una de las principales causas de contaminación, debido a la producción de aguas residuales municipales y residuos sólidos sin tratamiento.

2.2.3 Cuenca del río Ilpa

La cuenca del río Ilpa tiene una superficie de 1270,34 km² y un perímetro de 1050,53 km. Presenta una altitud que varía desde los 38010 msnm en la desembocadura en el lago Titicaca hasta los 4916 msnm en la parte alta de la cuenca, en el distrito de Mañazo. Comprende los territorios de los distritos de Atuncolla, Paucarcolla, Caracoto, Cabana, Vilque, Mañazo, Tiquillaca y Puno, y las provincias de Puno y San Román. Su configuración es la de una hoya hidrográfica de fondo plano, cuyos ríos tienen una pendiente que fluctúa entre 0,001% y 15 % (GORE Puno, 2013). Está formada por dos subcuencas importantes:

2.2.3.1 Subcuenca de la laguna Umayo

Cuenta con un área de 1073,32 km² y un perímetro de 181,22 km. Sus principales ríos afluentes son el Challamayo, con una longitud total de 42,27 km, el Vilque, con una longitud de 110,69 km, y el Pongone, que tiene una longitud de 104,33 km y ha sido canalizado hacia la presa Umayo.

La laguna Umayo se forma por el drenaje de los ríos Conaviri y Yanarico, el cual tiene diversos afluentes.

2.2.3.2 Subcuenca Illpa

Con una superficie de 197,0 km², una elevación de más de 4075 msnm (parte más alta de la cuenca) y 3810 msnm en la desembocadura en el lago Titicaca, abarca las confluencias de los ríos Pongone y Yunco (GORE Puno, 2013).

2.2.4 Cuenca del río llave

Geográficamente, la cuenca del río llave se encuentra en las siguientes coordenadas UTM (WGS84): este, 352 353,0–452 052,0; norte, 8 104 770,0–8 248 751,0. Altitudinalmente se encuentra entre los 3805,00 y los 5400,00 msnm. Hidrográficamente, está ubicada en la vertiente del Titicaca. Limita por el este con el lago Titicaca y las cuencas de los ríos Zapatilla, Pusuma y Mauri Chico; por el oeste, con las cuencas del río Tambo y la laguna Loriscota; por el norte, con la cuenca del río Illpa, zona circunlacustre del lago Titicaca; y por el sur, con la cuenca del río Maure.

La superficie total de la cuenca del río Ilave es de 7832,53 km², y este tiene un perímetro de 631,97 km. Su nivel altitudinal varía entre los 3809 msnm en la desembocadura y los 4640 msnm. El cauce principal tiene una longitud de 211 km.

El sistema hidrográfico de la cuenca del río Ilave se compone básicamente de los ríos Huenque y Aguas Calientes. El cauce principal de la cuenca es: río Coypa Coypa – río Chichillapi – río Llusta Baja – río Huenque – río Ilave.

El sistema hidrográfico de la subcuenca del río Aguas Calientes está conformado por las quebradas Hualla Apacheta, Taipicerca, Mocsoma y San Miguel, y por los ríos Samigia, Malcomayo, Grande y Aguas Calientes; este último confluye con el río Huenque para formar el río Ilave.

2.2.5 Cuenca del río Huancané

La superficie total de la cuenca del río Huancané es de 3631,2 km², tiene un perímetro de 421,9 km y la longitud del río principal es de 142,1 km. El nivel altitudinal varía desde la cota 3806 msnm, en la desembocadura en el lago Titicaca, y los 4855 msnm, en el cerro Oquecruz (San José de Azángaro). Durante su recorrido toma diferentes nombres: Muñana, Putina y Huancané; este último confluye con el Ramis en la localidad de Yocahui. El curso principal de la cuenca del río Huancané nace en los ríos Toco Toco, Ticani, Puncune, Pongongoni y Putina.

2.2.6 Cuenca del río Suches

La cuenca del río Suches es una cuenca transfronteriza (Perú-Bolivia) cuyas aguas desembocan en el lago Titicaca en territorio boliviano. La superficie total delimitada hasta la estación hidrométrica Puente Escoma es de 2930,7 km²; de esta, 1160,6 km² pertenece al Perú y 1769,9 km² a Bolivia. Tiene un perímetro de 384,6 km, y su cauce principal presenta 188 km de longitud. El nivel altitudinal va desde los 3817 msnm hasta los 5031 msnm. Sus aguas nacen en los nevados de Polomani y Cullijón, a 5000 msnm. Parte de su recorrido sirve de límite natural entre el Perú y Bolivia, y en su recorrido hacia el lago Titicaca recibe aportes de la cordillera de Apolobamba.

2.2.7 Intercuencas

Según el Sistema Pfafstetter para identificación de cuencas, adoptado por la Autoridad Nacional del Agua, las unidades de drenaje se dividen en tres tipos: cuencas, **intercuencas** y cuencas internas (ver figura 2.1); donde una cuenca Pfafstetter es un área que no recibe drenaje de ninguna otra área; una intercuenca Pfafstetter es un área que recibe drenaje de otras unidades aguas arriba, y una cuenca interna es un área de drenaje que no contribuye con flujo de agua a otra unidad de drenaje o cuerpo de agua, tales como un océano o lago.

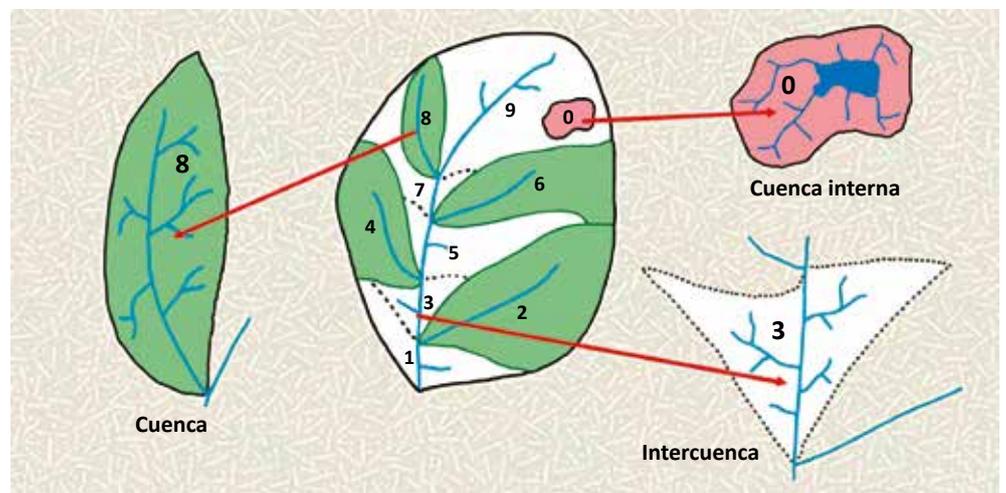


Figura 2.1

Esquema de la clasificación de cuencas según el Sistema Pfafstetter. Fuente: ANA 2008.

Según este criterio, en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca se han identificado seis intercuenas, que se describe a continuación, en las cuales también se han identificado algunas fuentes contaminantes.

2.2.7.1 Intercuenca Ramis o 0179

Tiene un área de 1,575.11 km², su parte más elevada está en la cota 4,750 m.s.n.m. en el cerro Ticllacocha y su parte más baja se ubica en la cota 3,808 m.s.n.m. donde el río Ramis desemboca al lago Titicaca. En esta intercuenca los cuerpos de agua importantes son: el lago Arapa (132.79 km²), el río Karimayo (desemboca al lago Arapa) y el río Ramis, que en este sector es básicamente un cauce de conducción de los ríos Azángaro y Ayaviri.

La longitud total del río principal (Ramis) es de 60.15 km. que presenta una pendiente media de 0.05% en dirección Oeste a Sur-Este; tiene un tipo de drenaje sub paralelo.

2.2.7.2 Intercuenas 0155 y 0173

Las Unidades Hidrográficas 0155 y 0173 tienen un área de 454.05 y 804.42 km², respectivamente, con pequeños cursos fluviales. En esta unidad la presencia de cuerpos de agua es reducido, entre ellos se tiene las lagunas: Jacha Callpa, Coracota y Parinacota – Iscacota. Es una intercuenca transfronteriza compartida con la República de Bolivia.

2.2.7.3 Intercuenas 0177, Mauri Chico y Callacame

Estas intercuenas tienen una extensión de 1,020.26, 844.93 y 1,275.65 km², respectivamente. Las primeras dos unidades hidrográficas constituyen cuencas transfronterizas compartidas con la República de Bolivia. Los ríos principales son: Ninantaya, Mauri Chico (62.04 km) y Callacame (112.91 km), respectivamente.

2.3 ASPECTOS GENERALES DEL LAGO TITICACA

El lago Titicaca es un cuerpo de agua majestuoso, inmenso, de impresionante belleza, de profundidades insospechables y cuna de una gran cultura milenaria. Quien se pone en contacto con él no puede dejar de contemplarlo y de reflexionar sobre la tarea creadora de la madre naturaleza. Ocupa la parte septentrional de la planicie del altiplano peruano-boliviano. Es el segundo lago más grande de Sudamérica, con una superficie de 8400 km² (variable en función de la intensidad de las precipitaciones), de los cuales el 55 % corresponde a la República del Perú y el 45 % al Estado Plurinacional de Bolivia. De forma irregular y alargada, tiene un volumen aproximado de 891,1 km³, de los cuales el lago Mayor o lago Grande ocupa un volumen de 878,7 km³ (94,5 % respecto al total), y el lago Huiñamarca o Menor, 12,36 km³ (Wirrmann, 1992). Es uno de los cuerpos de agua dulce más importantes del altiplano peruano y uno de los ecosistemas más frágiles desde el punto de vista ecológico y ambiental, único en el mundo por su ubicación geográfica (15°13'19"-16°35'37"S; 68°33'36"-70°02'13" W). Su altitud media es de 3810 msnm.

Por su ubicación geográfica, el lago está sometido a condiciones climáticas propias de la zona intertropical, principalmente por la relativa estabilidad de la iluminación durante el año.

Desde el punto de vista químico, no es un cuerpo de agua dulce aislado o autónomo, porque tanto desde la atmósfera como a través de los ríos que drenan hacia él se introducen cargas importantes de diversos materiales y sustancias exógenas que proceden de la propia naturaleza geoquímica de la cuenca o de las generadas por las actividades antropogénicas. Las sustancias como el carbono (C), el nitrógeno (N) y el fósforo (P), cuya presencia o ausencia son un factor crítico, influyen directamente en la calidad y en la composición de la estructura biológica del cuerpo de agua.

En el sector peruano recibe aguas de cuatro ríos principales: Ramis, que incluye los ríos Crucero-Azángaro y Santa Rosa-Ayaviri-Pucará, con un caudal promedio de 88,2 m³/s; llave (7791 km²), con 40,1 m³/s; Illpa (1255,6 km²), con 7,5 m³/s; Coata (4882,4 km²), con 39,3 m³/s, y Huancané (3611,9 km²), con 23,7 m³/s. Su caudal promedio total es

del orden de los 198,8 m³/s, y equivale a 6269.36 Hm³ de agua dulce/año. El río Suches (1154,6 km²), con 8,40 m³/s, atraviesa parte del territorio peruano y descarga sus aguas en la parte boliviana del lago Titicaca.

El lago Titicaca es un lago navegable tropical de altura único en su género; la altitud de su cuenca varía desde los 3809 msnm hasta los 5829 msnm en el nevado Ananea, que llama la atención mundial no solo por su importancia cultural sino también por su flora y fauna endémica, aspectos que incidieron para que el Titicaca sea reconocido mundialmente como sitio RAMSAR,⁴ creado el 20 de enero de 1997.

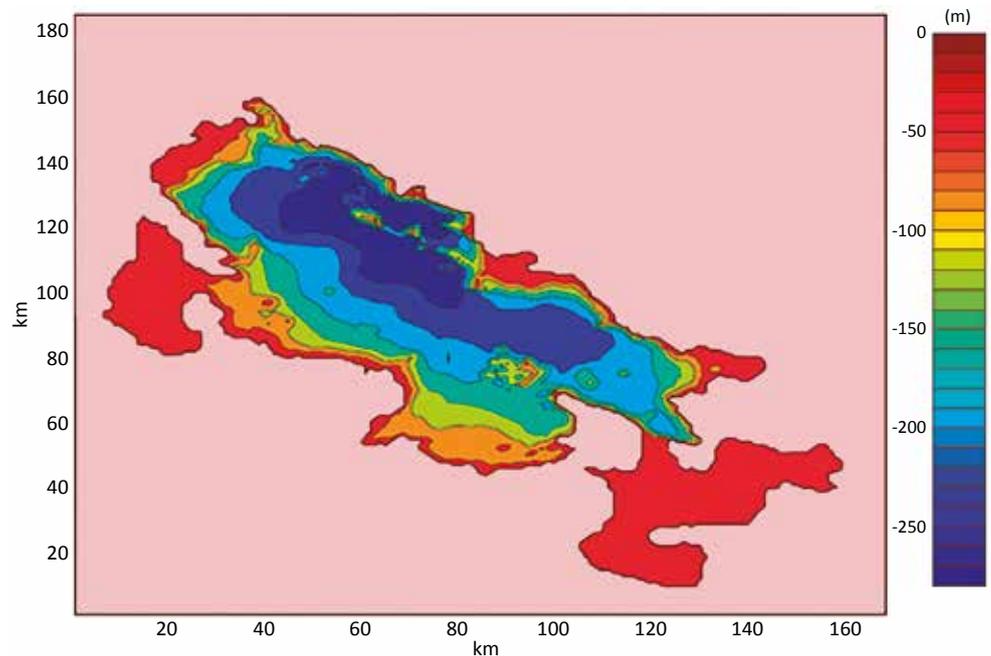
Es una gran masa de agua conformada por cuatro zonas morfométricas y batimétricas bien definidas: el lago Mayor o Chucuito, la bahía Mayor de Puno, la bahía Interior de Puno y el lago Menor o Huiñaymarca.

2.3.1 El lago Mayor

Tiene aproximadamente 6500 km², con profundidades que van desde 0 m hasta 284 m, esta última en territorio peruano, al noreste, en las proximidades de la isla Soto, frente a Conima. El lago Menor o Huiñaymarca cuenta con 1400 km² aproximadamente (16 % respecto a la superficie total), y una profundidad que varía entre 0 m y 41 m; se localiza principalmente en territorio boliviano, conectado con el lago Mayor a través del estrecho de Tiquina, que tiene un ancho de 850 m. Una tercera región es representada por la bahía de Puno (conocida como bahía Mayor de Puno), al noroeste, en territorio peruano, y tiene una superficie de aproximadamente 540 km² y una profundidad que varía desde 0 m hasta 50 m (véase la figura 2.2). Se conecta mediante dos canales con la bahía Interior de Puno, en cuyas orillas se localiza la ciudad del mismo nombre, con más de 140 mil habitantes; hacia el sur se ubican las ciudades de Juli, Pomata y Yunguyo, y por el norte, Juliaca, Ramis, Moho y Conima.

Figura 2.2

Batimetría del lago Titicaca. Fuente: Aguirre (2009).

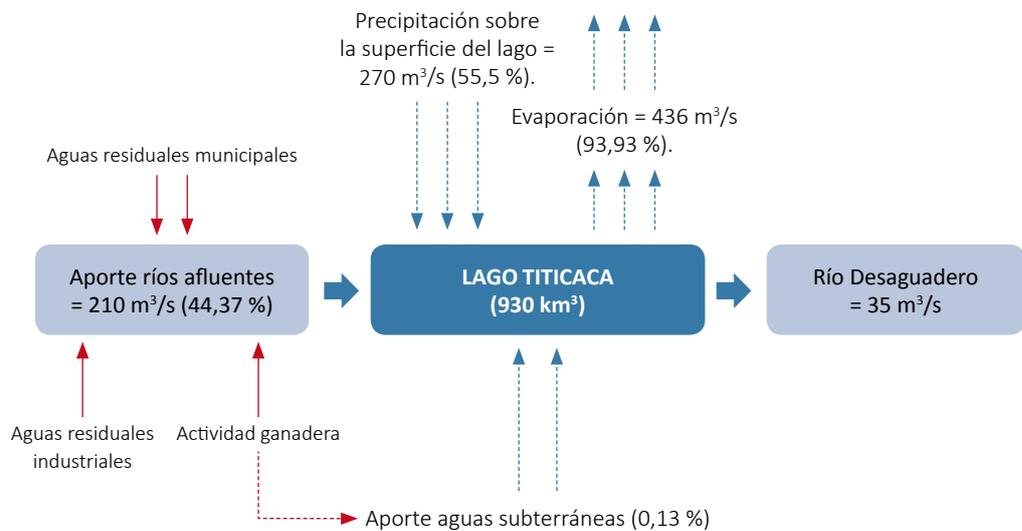


4 Sitio RAMSAR: la Convención sobre los Humedales es un tratado intergubernamental aprobado el 2 de febrero de 1971 en la localidad iraní de Ramsar, situada a orillas del mar Caspio. Así, aun cuando hoy el nombre que suele emplearse para designar la Convención es “Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)”, ha pasado a conocerse comúnmente como “la Convención de Ramsar”. Ramsar es el primero de los tratados modernos de carácter intergubernamental sobre conservación y uso sostenible de los recursos naturales pero, en comparación con los más recientes, sus disposiciones son relativamente sencillas y generales. Con los años la Conferencia de las Partes Contratantes ha desarrollado e interpretado los principios básicos del texto del tratado y ha conseguido que la labor de la Convención corra pareja con la evolución de las percepciones, prioridades y tendencias del pensamiento ambiental (Secretaría de la Convención Ramsar, 2006).

Cuenta con una longitud máxima de 178 km, medida entre los dos puntos más alejados según una línea N.NW-S.SE, que pasa por el estrecho de Tiquina; llega a su ancho máximo, de 110 km, entre Puno y Conima, y alcanza 41 km hacia el lago Menor. Tiene un caudal total medio anual de 270 m³/s, correspondiente principalmente a las precipitaciones que caen directamente sobre la superficie del lago, equivalentes al 55,5% del volumen que ingresa a la cuenca; 210 m³/s son aportados por los ríos afluentes, equivalentes al 44,37%, y un 0,13 % es aporte subterráneo. En cuanto a la pérdida de agua, el mayor caudal es del orden de los 436 m³/s, equivalentes al 93,93 %, y presenta un escurrimiento de 35 m³/s (4,83 %) por el río Desaguadero (PNUMA, 2011). Todos estos factores influyen notablemente en la hidrodinámica y el comportamiento de las características de la calidad de sus aguas.

Figura 2.3

Esquema del balance hídrico. Fuente: Tomado y adaptado de PNUMA (2011).



El lago Titicaca es influenciado notablemente por el ciclo hidrológico. Así, se presentan escenarios de prolongados periodos de sequía, como la ocurrida en 1943, cuando el nivel del lago bajó hasta la cota 3805,29 msnm, es decir, 3,71 m por debajo del nivel normal (3809,00 msnm); y periodos de inundaciones, como la que se presentó en 1986, cuando el nivel fue de 3811,83 msnm, 2,5 m por encima del nivel normal. Tales factores impactan fuertemente en la economía de la región y del país.

Es la base del sustento económico de miles de pobladores asentados en el ámbito circunlacustre (ribera del lago), porque provee forraje para ganado (totora y llacho⁵), es fuente de agua potable para la ciudad de Puno, fuente de recursos turísticos y agua para la crianza intensiva de truchas en jaulas flotantes. Como actividad económica

5 Llacho: grupo de Macrophytas acuáticas conformados por las especies de *Elodea potamogeton*, *Myriophyllum elatinoides* y *Potamogeton strictus*: Representan un segundo plano en importancia por su contribución a la alimentación ganadera, áreas de anidación y alimentación de algunas aves y también como hábitat de un gran número de especies de zooplankton, Artrópodos acuáticos, Gasterópodos, peces e insectos que se reproducen dentro de esta vegetación. Reserva Nacional del Titicaca (2005).

complementaria, se dedican también a la pesca artesanal en el lago. Se estima que, a la fecha, un poco más de 14 mil Ha de superficie acuática del lago Titicaca están habilitadas y destinadas al desarrollo de la acuicultura, y aproximadamente 8 mil se encuentran en trámite ante la Capitanía de Puerto de Puno para su habilitación. La crianza de trucha se lleva a cabo principalmente en determinadas zonas de la bahía de Puno y del lago Mayor en las zonas de Charcas, llave, Chucasuyo, Juli y Pomata, al sur; y, por el norte, en las “costas” de Huancané (Vilquechico), además de la laguna Lagunillas y del lago Arapa.

Ambientalmente, es el único cuerpo de agua receptor de la carga contaminante generada por todas las actividades socioeconómicas que se desarrollan en el ámbito de su cuenca, principalmente contenidas en las aguas residuales domésticas y municipales, crudas o inadecuadamente tratadas, como es el caso de la ciudad de Puno, que descarga un poco más de 180 L/s, equivalentes a 5,9 Hm³/año; la ciudad de Juliaca, con más de 268 mil habitantes, descarga en el río Coata alrededor de 200 L/s (6,3 Hm³/año) de aguas residuales deficientemente tratadas; además de otras ciudades como llave, que descarga en el río llave, Juli, en la bahía de Juli, Pomata y Yunguyo, en sus correspondientes bahías. Lo mismo ocurre con los vertimientos generados por la actividad minera, ilegal e informal, principalmente en la parte alta de la cuenca del río Ramis (La Rinconada, Jancocala, Chaquiminas y Ananea), el manejo inadecuado de los residuos sólidos urbanos, así como los que provienen de fuentes difusas como la ganadería y la agricultura. A ello se suma la piscicultura intensiva que se realiza en el cuerpo de agua, con una producción anual actual que supera las 30 mil toneladas anuales y que demanda aproximadamente 35 mil toneladas de alimento balanceado.

Teniendo en cuenta que el índice de renovación de las aguas es de 1,79 % —es decir, que el periodo de residencia media del agua en el lago Titicaca es de 55,8 años (Dejoux e Iltis, 1991)—, el tiempo que permanece el agua del lago Titicaca, o de cualquier otro lago o laguna “almacenada”, juega un papel importante en los procesos y en la dinámica de la calidad del agua desde el punto de vista del transporte, acumulación y transformación de los diversos contaminantes (orgánicos e inorgánicos) que llegan al cuerpo de agua tanto a través de sus ríos afluentes como por medio de los generados en el mismo cuerpo de agua por la actividad piscícola. Aquí los contaminantes orgánicos tienen una notable incidencia en el estado trófico del cuerpo de agua, cuya evolución puede darse largos periodos; sin embargo como consecuencia de las actividades antropogénicas en el ámbito de la cuenca, las cuales generan gran cantidad de material orgánico y nutrientes, el periodo de cambio de un nivel trófico a otro puede ser corto; y cuando eso sucede, las aguas eutróficas presentan serias restricciones desde el punto de vista de su utilización y efectos negativos directos en la calidad del ecosistema.

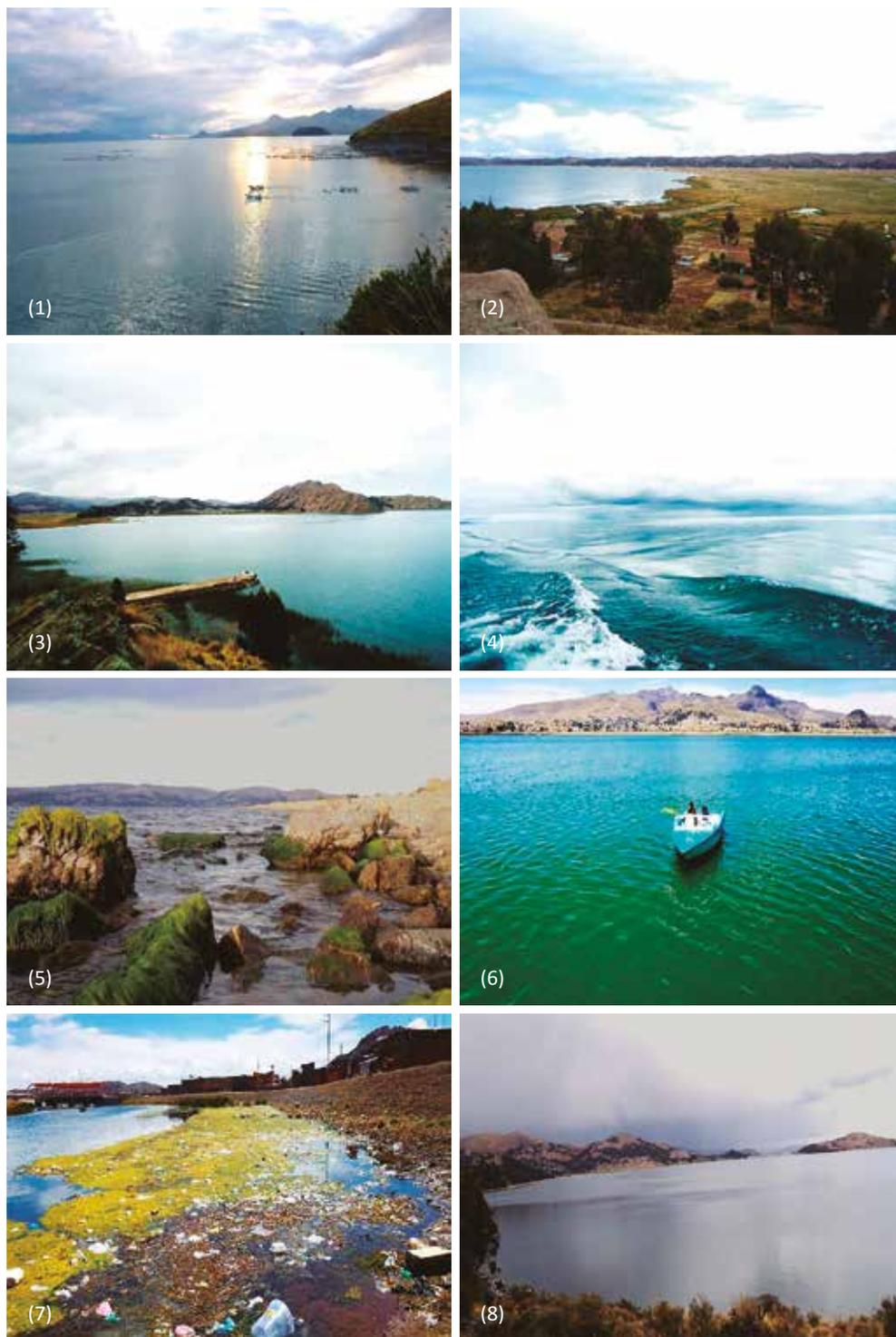


Figura 2.4

- (1) Amanecer en la bahía de Pomata. (2) Totorales al sur de la isla Socca.
- (3) Bahía de Moho.
- (4) Lago Titicaca, frente a la desembocadura del río llave. (5) Zona costera al norte de la isla Soto.
- (6) Panorámica de la bahía de Yunguyo: aguas color verde producto de la eutrofización.
- (7) Río Desaguadero.
- (8) Panorámica del lago Titicaca visto desde la isla Suasi.

2.3.2 Bahía Mayor de Puno

Cuerpo de agua de una superficie aproximada de 540 km², que se encuentra formado por las penínsulas de Capachica y Chucuito y tiene una profundidad media de 35 m. En la zona norte desemboca el río Coata. Alberga 29 150 Ha de totorales que constituyen gran parte de la Reserva Nacional del Titicaca, e incluye las islas de los Uros, cuya población actual bordea los 2500 habitantes.

Entre las zonas oeste y sur, entre las localidades de Chimú y Barco, se desarrolla la crianza intensiva de truchas en jaulas flotantes, a cargo de un poco más de ochenta piscicultores entre empresas y personas naturales que utilizan alimentos balanceados. Constituye la principal fuente de provisión de agua potable para la ciudad de Puno, y su punto de captación se ubica en la zona denominada Chimú, a 400 m del acceso del canal de navegación.

2.3.3 Bahía Interior de Puno

La Bahía Interior de Puno (BIP) es un cuerpo natural de agua de 17,5 km², equivalente al 0,02 % de la superficie total del lago Titicaca (8400 km²). Morfométricamente, es un cuerpo de agua casi cerrado, debido a la presencia de barreras naturales formadas por totorales que la separan de la bahía Mayor de Puno, condición que limita el intercambio de agua con esta última.

En este cuerpo de agua las corrientes superficiales son muy bajas: sus velocidades fluctúan entre 0,54 cm/s y 19,31 cm/s (PELT, 2002), equivalentes a 0,018 km/h y 0,70 km/h (véase la figura 2.5). Este es un factor importante que limita la dispersión de las masas de agua eutrofizadas hacia la bahía Mayor de Puno.

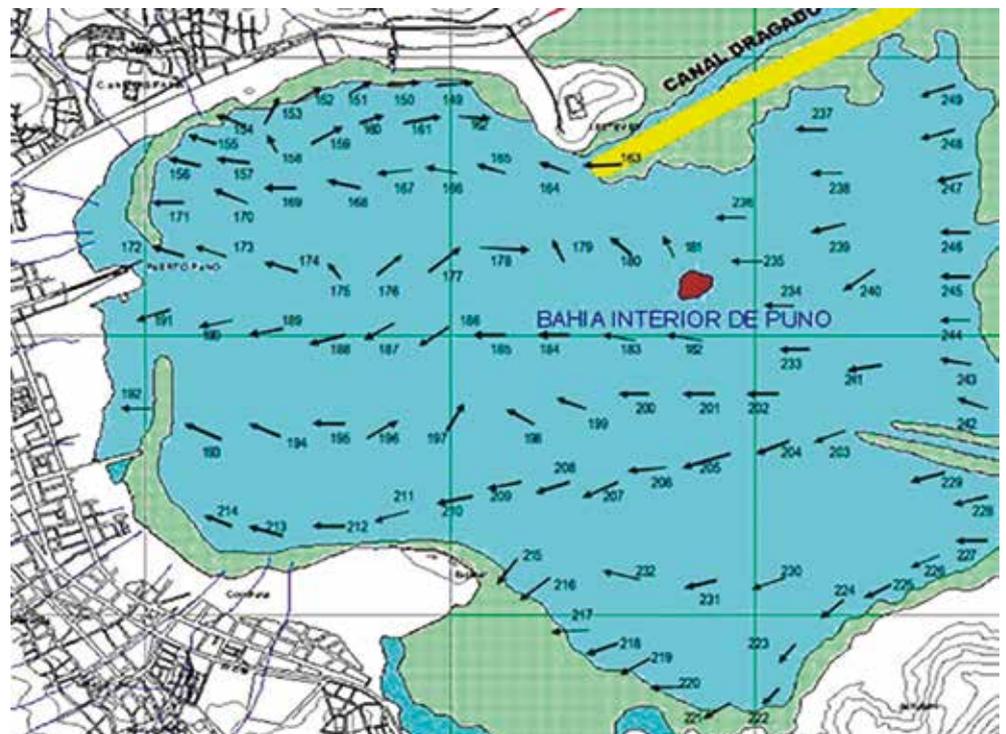


Figura 2.5

Mapa de corrientes superficiales en la bahía Interior de Puno, mayo de 2002 (fuente: PELT 2002).

Nota: los dígitos indican el número de estación de observación, y las flechas, la dirección del movimiento del agua superficial.

La dirección del movimiento de la masa superficial del agua de la bahía Interior de Puno es heterogénea, aunque con cierta predominancia del sur hacia el oeste, comportamiento influenciado por la dirección del viento; similar comportamiento se observó en la masa de agua de fondo, aunque con velocidades más bajas, que fluctuaron entre 0,12 cm/s y 1,93 cm/s (0,003 km/h y 0,07 km/h, respectivamente).

La conexión hidráulica entre la bahía Interior de Puno y la bahía Mayor de Puno es a través de dos canales estrechos: el canal de navegación principal, que permite el tránsito de barcos de gran calado entre el puerto de Puno, Tiquina y Guaqui, en Bolivia, y un canal pequeño que facilita la navegación de embarcaciones turísticas hacia las islas flotantes de los Uros. Tiene una profundidad promedio de 4,5 m, y una máxima de 6,5 m. En el área circunlacustre, entre la isla Esteves, por el noreste, y Chimu, por el sur, se desarrolla la ciudad de Puno, que incluye zonas residenciales e infraestructura hotelera. Al sur de esta ciudad, a menos de 150 m del casco urbano y muy cerca de la BIP, se ubican las lagunas de oxidación de aguas residuales conocidas como “El Espinar”, que han colapsado debido a que el caudal de aguas residuales sobrepasó hace mucho tiempo el caudal de diseño, situación que actualmente genera la liberación de malos olores que afectan el bienestar de los ciudadanos. La dispersión del vertimiento desde el punto de descarga en el interior del cuerpo de agua es influenciada por la predominancia de la dirección suroeste de las corrientes superficiales.

Las barreras naturales que la separan de la bahía Mayor evitan que las aguas contaminadas y eutrofizadas de la bahía Interior de Puno fluyan hacia el exterior, lo que impide la afectación de la calidad del agua en la captación Chimu, desde donde la Empresa Municipal de Saneamiento de Puno bombea agua para consumo poblacional.

2.3.4 El lago Menor o Huiñaymarca

El lago Menor, que se ubica en el extremo sur, tiene una superficie de aproximadamente 1470 km² (16 % de la superficie total del lago Titicaca) y se caracteriza por su baja profundidad, la cual oscila entre 5 m y 9 m. Su profundidad máxima es de 41 metros. La mayor superficie se encuentra en territorio boliviano.

2.4 USO DEL AGUA EN EL ÁMBITO DE LA CUENCA

En el ámbito de la cuenca del lago Titicaca, el agua es utilizada para el abastecimiento poblacional, así como en diversas actividades productivas. De ahí que la conservación y protección de la calidad del agua de cada uno de los cuerpos de agua (ríos y lagos) sea de vital importancia, como lo es para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos (véase la tabla 2.1).

Tabla 2.1. Volúmenes de agua otorgados según tipo de uso del agua en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca

Tipo de uso	Administración Local de Agua				Volumen anual (Hm ³)
	Ramis	Huancané	Juliaca	Ilave	
Agrario	87 243	25 817	7 377	81 269	201 706
Minero	11 749	0,32	1 534	0,134	13 737
Poblacional	10 209	3 822	18 537	18 883	51 451
Acuícola	7 856	1 466	0,974	2 132	12 428
Industrial	0,033	0	0,586	0,081	0,7
Total	117 091	31 425	29 009	102 499	280 023

Fuente: AAA-XIV-Titicaca (2016).

El volumen total de agua otorgado por la Autoridad Nacional del Agua a través de derechos de uso para satisfacer las diferentes necesidades de este recurso en el ámbito de la cuenca es de aproximadamente 280 023 Hm³, de los cuales el 72,03 % es destinado al uso agrario, 18,4 % al abastecimiento poblacional, 4,9 % al uso minero y una mínima cantidad a la producción acuícola, principalmente para laboratorios de producción de alevinos de trucha.

El agua en la cuenca del Titicaca es un recurso clave, pues satisface la demanda individual y colectividad de la población y permite el funcionamiento de las actividades productivas. Los lugareños dependen directa o indirectamente de los servicios que brindan los ríos, las lagunas y el propio lago Titicaca; sin embargo, el agua disponible, principalmente la que discurre por los ríos y algunas zonas localizadas del Titicaca, está expuesta a la contaminación generada por los pobladores, que producen aguas residuales y residuos sólidos, así como por las actividades productivas. No obstante, la sociedad civil aún no ha tomado conciencia plena sobre la situación de la contaminación de los ríos que pasan cerca de los centros urbanos y que están siendo utilizados como receptores de aguas residuales. Mientras ello no ocurra, la exigencia a las autoridades locales, regionales y nacionales siempre será un tema poco prioritario a la hora de exigir financiamiento para la construcción de rellenos sanitarios y plantas de tratamiento de aguas residuales. En los presupuestos, que se discuten y aprueban participativamente, según lo establecido en la Ley 28056, se prioriza la construcción de estadios y coliseos, la renovación de plazas de Armas, pistas y veredas, etcétera. Si bien este tipo de infraestructura puede en algunos casos ser necesaria, debería pasar a un segundo plano (temporalmente) en vista de la urgencia de controlar las fuentes de contaminación de origen urbano que afectan la calidad del agua, recurso indispensable para la vida de los pobladores y para el soporte de los ecosistemas.

2.5 CANTIDAD DE CUERPOS DE AGUA

Según los inventarios realizados por el ex-INRENA y la Autoridad Nacional del Agua entre 2008 y 2014, se han contabilizado alrededor de 10 072 cuerpos de agua (véase la tabla 2.2), distribuidos en cuatro cuencas, de las cuales el 42,1 % son manantiales, el 4,2 % bofedales, el 3,4 % ríos y el 4,2 % lagunas; el restante 46,1 % corresponde a quebradas, represas y glaciares.

Tabla 2.2. Inventario de cuerpos naturales de agua en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca

ALA	Cuenca	Manantiales	Bofedales	Ríos	Quebradas	Lagunas	Represas ⁵	Glaciares ⁶	Total
Ramis ¹	Ramis	792	192	125	1 708	139	14	39	3 009
Huancané ²	Huancané	833	--	49	727	86	--	--	1 695
	Suches	207	38	8	157	65		18	493
Ilave ³	Ilave	1 836	27	67	1 300	14	1	--	3 245
Juliaca ⁴	Coata	564	163	94	687	121	1		1 630
Total		4 232	420	343	4 579	425	16	57	10 072

Fuentes: (1) INRENA (2008). (2) ANA (2010). (3) ANA (2009). (3) INRENA (2008). (5) ANA (2015). (6) ANA (2014).

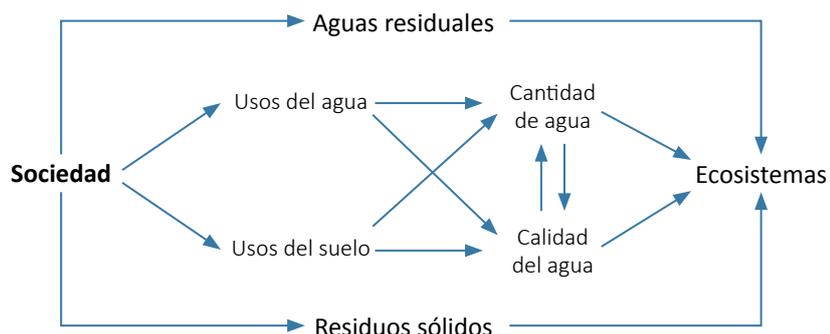
Nota. No se cuenta con información para las unidades hidrográficas del Illpa, Callacame, Mauri Chico y la zona circunlacustre.

Los cuerpos naturales de agua inventariados en las cuatro unidades hidrográficas constituyen parte del patrimonio hídrico del departamento de Puno y de la nación, por lo que estamos llamados a hacer un buen uso de ellos protegiendo⁶ y conservando su calidad, en virtud de que, cuando un cuerpo de agua se contamina, se pone en riesgo la salud de la gente y su calidad para otros usos (agricultura, ganadería, piscicultura, etcétera). Además, se afecta la calidad de los ecosistemas acuáticos, con consecuencias directas para la economía de la población y del país. La contaminación de cualquier cuerpo natural de agua implica un costo social alto e incide en la pérdida de bienestar general, ya que el saneamiento para volverla potable demanda altos costos; por ello, resulta mucho más económico conservar y proteger la calidad del agua de los ríos, lagos y lagunas antes de que sean contaminados.

Hoy en día, la presión sobre la cantidad y calidad del agua es cada vez más intensa: el sector productivo solicita cada vez más agua, el crecimiento poblacional urbano demanda más agua potable, lo que implica el incremento potencial de la producción de aguas residuales municipales; además, se incrementa la generación de residuos sólidos. El conjunto de actividades antropogénicas, como el uso del suelo, la urbanización, la ganadería, la agricultura, la minería y la industria existente en una determinada cuenca influyen drásticamente en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, al punto que pueden constituir una limitación importante para la disponibilidad del agua para los diversos usos.

Figura 2.6

Principales influencias antropogénicas en los cuerpos de agua superficiales (fuente: tomado y adaptado de Aguilar 2010).



El conjunto de actividades poblacionales (urbanas y rurales) y productivas son las principales fuentes generadoras de contaminantes en la cuenca del lago Titicaca. Producen y vierten a los cuerpos de agua caudales importantes de residuos, así como cantidades importantes de residuos sólidos urbanos; ambas son consideradas fuentes específicas de contaminación. Mientras, las actividades agrícolas, ganaderas, entre otras, son consideradas fuentes de contaminación difusa, pero que pueden terminar afectando, directa o indirectamente, en el corto, mediano o largo plazo, la calidad del agua de los cuerpos de agua y sus ecosistemas.

⁶ Protección de la calidad del agua: la protección del agua tiene por finalidad prevenir el deterioro de su calidad; proteger y mejorar el estado de sus fuentes naturales y los ecosistemas acuáticos; establecer medidas específicas para eliminar o reducir progresivamente los factores que generan su contaminación y degradación (artículo 103 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, DS N.° 001-2010-AG).

2.6 GLACIARES Y LAGUNAS

2.6.1 Glaciares

Los glaciares son gruesas masas de hielo y forman parte de la criosfera;⁷ tienen diversas formas y dimensiones. Se forman donde las condiciones climáticas, influenciadas por la altitud (en el caso de las cordilleras del Perú) y por la topografía, permiten que la nieve o el granizo se acumulen a través del tiempo y se transformen en hielo por medio de un proceso de compresión y pérdida de aire.

No solo son masas sólidas de agua, sino que se los considera también ecosistemas importantes y frágiles, cuya permanencia en el tiempo está siendo amenazada por el incremento sostenido de la temperatura global, que está influenciando en el cambio de los patrones de precipitación. Constituyen, pues, sistemas importantes de almacenamiento de agua dulce, los cuales cumplen un papel significativo en la regulación hídrica, al punto que en muchos casos son la única fuente de recarga de los ríos y lagos (principalmente en los periodos de estiaje), así como de las napas freáticas. Son la principal fuente de abastecimiento de agua para el mantenimiento de los ecosistemas altoandinos para la actividad ganadera, agrícola, piscícola (en algunos casos), minera. Son, también, fuentes de recursos hídricos para la generación de energía. Contribuyen inobjetablemente con la seguridad hídrica, además de la belleza paisajística imponente que su presencia genera, por lo que se transforman en recursos naturales para el desarrollo turístico.

El agua sólida contenida en los glaciares es restituida en forma de vapor (por evaporación o sublimación) o en forma líquida (agua escurrida por el torrente emisario) (Comunidad Andina et al., 2007); es decir, el sistema de glaciares desempeña un papel importante en el ciclo hidrológico del agua en una determinada cuenca hidrográfica; aporta constantemente agua que forma lagunas de buena calidad, debido a que, por lo general, en su ámbito de influencia no existen actividades antropogénicas (mineras, poblacionales, agricultura, etcétera) que puedan contaminarlas, debido a la altitud a la que se encuentran, generalmente por encima de los 4 000 msnm (la excepción es el centro poblado La Rinconada, en la cuenca alta del río Ramis). El sistema de lagunas y ríos presenta una determinada calidad natural (prístina), determinada por las características propias de la composición geoquímica de la cuenca, donde la concentración de un compuesto corresponde a la situación original del agua y sus ecosistemas sin intervención antrópica. Es preciso destacar que, a lo largo de la cuenca, esta calidad puede ser alterada como consecuencia del crecimiento demográfico y de las actividades productivas.

La cuenca del lago Titicaca se encuentra rodeada por los flancos occidentales de las cordilleras Oriental y Occidental de los Andes, que albergan 57 glaciares. En el primer caso destaca la cordillera Carabaya, que se extiende entre los departamentos de Cusco y Puno. Sus principales picos son Allincapac, Chichicapac, Japuna, Tococapac y Yuracapac. El meridional Huaynacapac define la separación de esta cordillera con los sistemas de Crucero y Apolobamba por el lado sur; asimismo, la parte oriental del sector sur se prolonga en dirección noroeste, desde el glaciar Jalahuana hasta el Cerceyac, con una longitud aproximada de 146 km, y se confunde con la cordillera Vilcanota. Se encuentra entre las coordenadas 14°16' y 14°26' de latitud sur, y 69°37' y 70°38' de longitud oeste. El glaciar más extenso de la cordillera es el Huamán Lipani, con 1,88 km², y el más alto es el glaciar Allin Ccapa, con 5 804 msnm (ANA, 2014); quince glaciares drenan sus aguas hacia la cuenca del río Azángaro.

7 Criósfera. Comprende la nieve, el hielo fluvial y lacustre, el hielo marino, capas o láminas y plataformas de hielo y terreno congelado. <http://www.can-la.org/images/publicaciones/GlaciaresAndinos84308.pdf>.

Otra cordillera importante en el sector oriental es la cordillera Apolobamba, ubicada en el departamento de Puno, entre las coordenadas 14°25' y 14°44' de latitud sur, y 69°13' y 69°32' de longitud oeste. Su eje estructural se extiende en 81,12 km, aproximadamente, y es la divisoria de aguas entre las vertientes hidrográficas del Atlántico y del lago Titicaca. Por la vertiente noreste, drena hacia el río Huari Huari, que es un tributario del río Inambari. Por el flanco sur, sus aguas fluyen hacia el lago Titicaca por medio de los ríos Carabaya, por una parte, y Trapiche, hacia el sur. El nevado más alto es el Sorapata, con 5950 msnm (ANA, 2014).

En el ámbito de influencia de la cordillera Apolobamba se ha registrado un total de 69 glaciares, cuya superficie total es de 45,25 km²; de ellos, en la cuenca Inambari se concentra la mayor superficie, con 22,64 km², que representan el 50,03 %; le sigue la cuenca Suches, con 19,67 km² (18 glaciares), equivalentes al 43,47 % del total, y la de menor área es la cuenca Azángaro (12 glaciares) (ANA, 2014).

En la cordillera Apolobamba se ha perdido el 45,43 % en relación con los 81,12 km² de la cobertura glaciar de 1970. Según el resultado de este inventario, a 2010 se tenía una superficie de 44,51 km² (ANA, 2014).

Como ya se indicó, las cordilleras que rodean la cuenca del lago Titicaca constituyen las nacientes de muchas lagunas, cuyo número es muy importante, y que dan origen a las nacientes de los ríos, con una buena calidad del agua en ambos casos. Durante su recorrido hacia el lago Titicaca, estas pueden ser afectadas por las actividades antropogénicas que se desarrollan en las inmediaciones de los diversos cuerpos de agua.

En el caso de la cordillera Occidental, actualmente no existen sistemas de glaciares, excepto la acumulación temporal de nieve y granizo en determinadas épocas del año.

2.6.2 Lagunas de origen glaciar

La cantidad y la calidad del agua pueden disminuir drásticamente en los próximos cuarenta años, debido a la influencia del cambio climático, que ha empezado a actuar silenciosamente y cuyo efecto principal es el deshielo de los glaciares a lo largo de las cordilleras del Perú. Se estima que en los últimos treinta años se ha logrado derretir 7 mil millones de metros cúbicos de agua, equivalentes al consumo de agua de la ciudad de Lima de diez años, según datos del Centro Nacional de Planeamiento (CEPLAN) (citado por Hiruelas, 2016). Problema no ajeno a los glaciares de las cordilleras del departamento de Puno.

Ambas —calidad y cantidad— son y seguirán siendo factores decisivos en el desarrollo económico de la región y el bienestar del pueblo puneño; sin embargo, las acciones concretas para proteger y conservar la calidad del agua son muy escasas. No obstante su importancia, el tema no está siendo tratado como corresponde. La contaminación del agua, quizá más que su cantidad, debe ser un tema central.

Cuando se habla del agua en términos de gestión, por lo general se habla de la hidrología de los ríos, de la oferta y la demanda; muy pocas veces se alude a las lagunas, salvo cuando alguna de ellas va a ser regulada, pese a que estas constituyen importantes reservas de agua. En tal virtud, se ha considerado pertinente reportar la cantidad de lagunas existentes en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca.

2.6.2.1 Lagunas en la cordillera Carabaya

En la cordillera Carabaya se han registrado 1 314 lagunas de origen glaciar, de las cuales 129 se ubican en la cuenca del río Azángaro. La superficie total de ellas es 95 698 337,94 m² (95,70 km²). El mayor número y la mayor superficie de lagunas se ubican en la cuenca hidrográfica Inambari, con 68,85 km², que representa el 71,95 % del total (ANA, 2014) (véase la tabla 2.3).

Tabla 2.3. Cantidad y superficie de lagunas por subcuencas en la cordillera Carabaya

Cuenca	Subcuenca	Total			
		Cantidad		Superficie	
		N.º de lagunas	%	m ²	%
Azángaro	Ajotera	2	0,15	133 766,81	0,14
	Ajoyani	18	1,37	1 781 738,73	1,86
	Antauta	12	0,91	373 077,77	0,39
	Añucaya	4	0,30	59 578,23	0,06
	Aricoma	26	1,98	11 227 290,82	11,73
	Cancolli	3	0,23	1 622 339,55	1,70
	Chaquimayo	9	0,68	640 993,99	0,66
	Condoriri	1	0,08	848 050,22	0,89
	Grande	22	1,67	8 607 191,02	8,99
	Jolpatera Mayo	6	0,46	154 339,44	0,16
	Lajacarca Mayo	1	0,08	5 476,78	0,01
	Puncotira	1	0,08	93 344,76	0,10
	Totoracocha	15	1,14	952 848,27	1,00
	Viluyo	3	0,23	42 505,76	0,04
	S/N	6	0,46	303 176,09	0,32
	Subtotal	129	9,82	25 063 979,51	28,05
Inambari	Araza	80	6,09	3 139 514,74	3,28
	Coaza	179	13,61	10 092 031,09	10,55
	Esquilaya	298	22,68	16 882 984,97	17,64
	Huari Huari	15	1,14	237 317,99	0,25
	Limbani	267	20,32	11 345 525,18	11,86
	Pararani	60	4,57	3 795 523,26	3,96
	Patambuco	69	5,25	3 063 168,69	3,20
	Sacomayo	14	1,07	1 013 767,96	1,06
	San Gabán	203	15,45	19 282 785,82	20,15
		Subtotal	1 185	90,18	68 852 619,7
	Total	1 314	100,00	95 698 337,94	100,00

Fuente: ANA (2014).

2.6.2.2 Lagunas en la cordillera Apolobamba

En la cordillera Apolobamba se registraron 110 lagunas de origen glaciar, cuya superficie total es de 33 969 193,94 m² (33,96 km²), distribuidas en cuatro cuencas hidrográficas. La mayor cantidad se encuentra en la cuenca Suches: 22,74 km², es decir, el 66,96 %, seguida de la cuenca Inambari, con 9,22 km², esto es, 27,16 % del total (ANA, 2014) (véase la tabla 2.4).

Tabla 2.4. Cantidad y superficie total de lagunas por subcuencas en la cordillera Apolobamba

Cuenca	Subcuenca	Total			
		N°	%	m ²	%
Tambopata	Tambopata	6	5,45	167 401,16	0,49
Inambari	Huari Huari	55	50,00	1 830 387,44	5,39
Suches	Trapiche	22	20,00	7 056 758,06	20,77
	Suches	10	9,09	15 688 791,58	46,19
Azángaro	Grande	17	15,46	9 225 855,70	27,16
Total		110	100,00	33 969 193,94	100,00

Fuente: ANA (2014).

Toda el agua que existe en el lago Titicaca y sus ríos proviene de la lluvia, del granizo, de la nieve y de los deshielos de sus cordilleras (elementos propios del ciclo hidrológico del agua), así como del drenaje de sus lagunas formadas por las mismas causas. Se estima que, en sus nacientes, el agua es por lo general de buena calidad, limpia; no obstante, los ríos que en su recorrido hacia el lago Titicaca pasan cerca de determinados centros urbanos o de pasivos ambientales mineros, son contaminados por las actividades humanas que generan y vierten constantemente cantidades importantes de contaminantes líquidos y sólidos, así como por el drenaje de aguas ácidas, o por el acarreo de relaves mineros abandonados en zonas donde estos existan. La contaminación del agua en muchas zonas de la cuenca del Titicaca, y en el propio lago, es una realidad preocupante pero, al mismo tiempo, muy poco comprendida por la población, las autoridades municipales las del gobierno regional. De ahí que la posibilidad de gestionar proyectos orientados al control y manejo de las fuentes de contaminación sea mínima, a excepción del proyecto para la construcción de diez plantas de tratamiento de aguas residuales municipales que impulsa el Gobierno central, el que por cierto contribuirá al tratamiento de una determinada cantidad de aguas residuales correspondiente a igual número de ciudades. El problema de la contaminación del agua en el ámbito de la cuenca del Titicaca es mucho más que eso. Los efectos negativos de la contaminación de los cuerpos naturales afectan el bienestar humano y reducen la biodiversidad.

La abundancia de agua y su buen uso señalan el nivel de vida y desarrollo de un pueblo, por lo que resulta indispensable estudiar y resolver el problema del manejo y preservación de este valiosísimo recurso.

CAPÍTULO III

INVENTARIO DE FUENTES CONTAMINANTES EN EL ÁMBITO DE LA CUENCA DEL LAGO TITICACA

3.1 INTRODUCCIÓN

En la cuenca del lago Titicaca, el desarrollo de las actividades humanas, sean estas simples o complejas, ha generado desde hace ya mucho tiempo un proceso de contaminación no muy bien estudiado pero que, sin lugar a dudas, está ocasionando algún tipo de degradación de la calidad del agua de los ríos o del mismo lago. En este contexto, el inventario de cada una de las fuentes de contaminación constituye el primer paso para tipificar, ubicar y estimar la “liberación de contaminantes” desde los botaderos de residuos sólidos, los contenidos en el vertimiento de aguas residuales municipales e industriales, desde los pasivos ambientales mineros, etcétera, ya sea directa o indirectamente. La información provista por este inventario debe permitir, por un lado, tomar conciencia de las implicancias ambientales, y por otro, ayudar a las autoridades pertinentes para que puedan tomar decisiones orientadas a establecer las medidas para controlar o reducir las fuentes contaminantes identificadas.

En ese sentido, la Autoridad Nacional del Agua ha realizado el inventario de fuentes contaminantes en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca con el propósito de brindar información de estas fuentes y sus efectos sobre los diversos cuerpos de agua de la cuenca. El estudio, en su primera etapa, se ha llevado a cabo en los principales centros urbanos de cada una de las unidades hidrográficas que conforman la cuenca del lago Titicaca, las cuales fueron determinadas tomando en cuenta la cantidad de población urbana⁸ reportada por el INEI en 2010.

El inventario se basa en el análisis de la información proporcionada por las Administraciones Locales de Agua en el ámbito de la cuenca, así como en la información de fuentes secundarias relacionadas con los aspectos demográficos, en especial con el de la población urbana, pues esta concentra la mayor producción de residuos líquidos y sólidos. Se ha considerado, también, información del inventario de pasivos ambientales mineros generados por el Ministerio de Energía y Minas y de actividades productivas como la minería y la piscicultura.

8 Población urbana: aquella que vive en aglomeraciones cuyas viviendas, en número mínimo de 100, se hallen ocupadas contiguamente. Por excepción, se considera como población urbana a aquella que habita en todas las capitales de distrito. Las aglomeraciones pueden contener uno o más centros poblados con viviendas contiguas. Población rural: aquella que habita en la parte del territorio del distrito que se extiende desde los linderos de los centros poblados en el área urbana, hasta los límites del mismo distrito.

Una fuente de contaminación del agua⁹ es toda aquella que, al llegar en forma sólida o líquida, directa o indirectamente, a un cuerpo natural de agua superficial o subterráneo, puede alterar las condiciones de calidad natural (físicas, químicas y biológicas), hasta tal punto de poner en riesgo su capacidad de uso y afectar las condiciones del ecosistema acuático, sea en el corto, mediano o largo plazo. Las fuentes son diversas y todas están asociadas a las actividades antropogénicas que se desarrollan en la cuenca, desde las actividades urbanas hasta las productivas, aunque en algunos casos también pueden estar asociadas a la geoquímica de la cuenca.

El crecimiento de la población urbana y el de las actividades productivas como la minería, la industria, la agricultura y la piscicultura constituyen, en menor o mayor grado, los principales factores de presión sobre la calidad del agua de los ríos, lagunas y lagos existentes en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca.

El incremento de las ciudades en cuenca es consecuencia de la migración poblacional de la zona rural hacia los centros urbanos, así como del crecimiento asociado a los factores propios de la población urbana, lo que influye en la demanda de agua potable y en la producción de aguas residuales municipales, que se vierten a los ríos o al lago Titicaca, tratadas o no, debido a la ausencia de sistemas de tratamiento o al colapso de los existentes.

La minería que se practica en la zona alta de la cuenca del río Ramis se ha convertido, en los últimos diez años, en una fuente importante de contaminación de las lagunas aledañas al centro poblado de La Rinconada, entre ellas Lunar de Oro, La Rinconada, Casa Blanca y Sillacunca, así como del río Crucero-Azángaro. A ella se suman la agricultura basada en el cultivo en secano, que utiliza agroquímicos, y la crianza de ganado. Ambas pueden ser consideradas fuentes de contaminación difusa. Con respecto a la actividad industrial propiamente dicha, puede ser considerada incipiente en el ámbito de la cuenca, es decir, no se encuentran allí grandes complejos industriales.

El “parque industrial” se concentra en las ciudades de Puno, Juliaca, Ayaviri, Azángaro e Ilave. Está compuesto, principalmente, por la industria manufacturera, que tenía, a 2011, unas 4500 unidades, de las cuales 826 se dedicaban al rubro de los alimentos y bebidas, 810 a prendas de vestir y teñido de pieles, 896 a productos textiles, 169 al curtido de cueros, 405 al procesamiento y conservación de carne y 94 a la producción de lácteos (Ministerio de la Producción, 2011). Sus efluentes, descargados directamente a los cuerpos de agua o a las redes de alcantarillado, pueden ser considerados fuentes de contaminación, debido a que contienen materia orgánica, aceites y grasas, residuales de hidrocarburos, etcétera.

Otra de las actividades productivas que puede ser considerada una fuente potencial significativa de contaminación y eutrofización es la piscicultura que se lleva a cabo en diferentes zonas del lago Titicaca, en el lago Arapa y en la laguna Lagunillas, pues produce materia orgánica y nutrientes, así como metabolitos propios de la trucha.

La actividad agropecuaria también contamina las aguas superficiales y las subterráneas, debido al aporte de contaminantes patógenos generados por la ganadería y de nutrientes derivados de los residuales de fertilizantes y plaguicidas.

⁹ Contaminación del agua: modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural (Carta del Agua, Consejo de Europa, 1968).

La identificación de fuentes contaminantes en cada una de las cuencas del lago Titicaca es un punto de referencia importante para las autoridades locales, regionales y nacionales, porque permite comprender las consecuencias negativas sobre la calidad del agua y establecer las estrategias y medidas políticas, técnicas y administrativas orientadas a controlar las diversas fuentes de contaminación, única condición para proteger o recuperar la calidad del agua de cada uno de los cuerpos naturales.

3.2 FUENTES CONTAMINANTES POR SUBCUENCAS

Teniendo en consideración que en cada una de las cuencas hidrográficas que conforman la cuenca del lago Titicaca existen diversos centros urbanos, entre pequeños y grandes, así como actividades económico-productivas propias de cada una de ellas, para una mejor comprensión de la situación actual de las fuentes contaminantes, la evaluación se ha realizado independientemente en cada una de ellas.

3.2.1 Crucero-Azángaro

3.2.1.1 Residuos sólidos y aguas residuales municipales

En la subcuenca del río Crucero-Azángaro, entre la naciente y la confluencia con el río Ayaviri-Pucará, existen diez centros urbanos, considerados como tales por su cantidad de población. Según el INEI, a 2015 el número total de habitantes urbanos de la cuenca es de 100 541 habitantes, quienes producen las principales fuentes generadoras de aguas residuales y residuos sólidos que causan directa o indirectamente contaminación de los cuerpos de agua.

Los residuos sólidos¹⁰ municipales (RSM), conocidos comúnmente como basura, están conformados por los residuos domiciliarios, de origen comercial, de limpieza de espacios públicos, de establecimientos de salud, etcétera, constituyen una fuente importante de contaminación directa e indirecta de los cuerpos de agua, sean estos superficiales o subterráneos, por lo que se consideró pertinente estimar la cantidad generada por los diez centros urbanos con mayor población. Para ello se tomó en cuenta los valores de generación per cápita¹¹ (GPC) reportados por el MINAM en 2012, en el Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú, gestión 2012. Para el caso del centro poblado La Rinconada, donde no existe información oficial al respecto, se tomó en cuenta un GPC referencial de 0,700 kg/habitante/día.

En lo que respecta a la producción de aguas residuales municipales¹² en los centros urbanos en mención (véase la tabla 3.1), no existe a la fecha información relacionada con la dotación per cápita de agua potable, más allá de las estimaciones que puedan reportar algunas empresas de saneamiento (EPS), como EMSAPUNO y SEDA-Juliaca, las que no toman en cuenta el aporte de las conexiones clandestinas ni el abastecimiento desde pozos. Por ello, para la estimación de la producción total de aguas residuales municipales de los centros urbanos se consideró, referencialmente, una dotación promedio de 100 L/habitante/día de agua potable, a la cual se le ha asignado un valor de retorno de 80 %, es decir, 80 L/persona/día de aguas residuales.

10 Residuos sólidos: son residuos sólidos aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente (Ley General de Residuos Sólidos, Ley N.º 27314).

11 Generación per cápita: es la generación unitaria de residuos sólidos; normalmente se refiere a la generación de residuos sólidos por persona/día (MINAM, 2012).

12 Agua residual municipal: son aguas residuales domésticas. Se puede incluir bajo esta definición a la mezcla de aguas residuales domésticas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial, siempre que estas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado (Norma Técnica de Edificación S.090, Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales).

Tabla 3.1. Producción estimada de aguas residuales y residuos sólidos

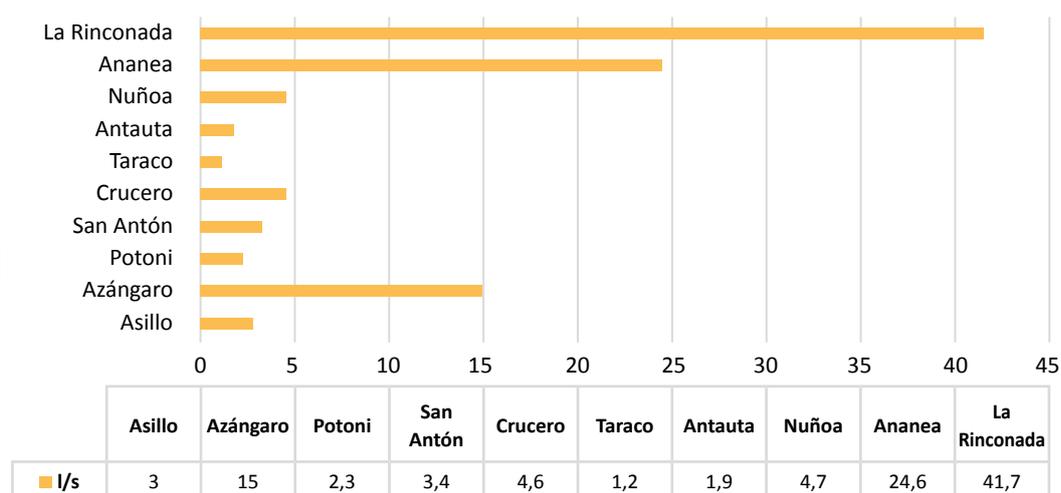
Provincia	Distrito	Población urbana ¹	Generación de aguas residuales ²			Residuos sólidos	
			Q (l/s)	m ³ /año	Cuerpo receptor	GPC (kg/persona/día) ³	(TM/año) ⁴
Azángaro	Asillo	3 262	3,0	95 250	Laguna Asillo	0,474	564,36
	Azángaro	16 249	15,0	474 471	Río Azángaro	0,474	2 811,24
	Potoni	2 489	2,3	72 679	Río Azángaro	0,474	430,62
	San Antón	3 687	3,4	107 660	Río Crucero-Azángaro	0,474	637,89
Carabaya	Crucero	4 966	4,6	145 007	Río Crucero-Azángaro	0,474	859,17
Huancané	Taraco	1 326	1,2	38 719	Río Ramis	0,455	229,41
Melgar	Antauta	2 001	1,9	58 429	Río Antauta	0,474	346,19
	Nuña	5 028	4,7	146 818	Río Nuñoa	0,474	869,89
San Antonio de Putina	Ananea	26 533	24,6	774 764	Río Ananea	0,700	4 327,25
	La Rinconada	45 000	41,7	1 314 000	Calles del centro minero	0,700	14 101,30
Total general		110 541	102	3 227 797			25 177,32

Fuente: (1) Población estimada a 2015 sobre la base de las estimaciones y proyecciones de población total y edades quinquenales, según departamento, provincia y distrito, 2005-2015 del INEI (2010. Boletín especial N.º 21). (2) Elaboración propia. (3) Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú, gestión 2012 (MINAM, 2012). (4) Elaboración propia.

No se conoce exactamente la cantidad de habitantes en el centro poblado La Rinconada, pues no ha sido censada; sin embargo, algunas estimaciones indican que puede sobrepasar los 71 mil habitantes, de los cuales un gran porcentaje es flotante, es decir, no reside permanentemente allí, sino llega temporalmente en busca de oportunidades laborales. Sea como fuere, mientras están allí utilizan agua y generan aguas residuales domésticas y de origen minero, en este caso debido a que en muchos casos realizan la molienda de mineral en sus viviendas.

Figura 3.1

Caudales estimados de aguas residuales según centro urbano cuenca Crucero-Azángaro.



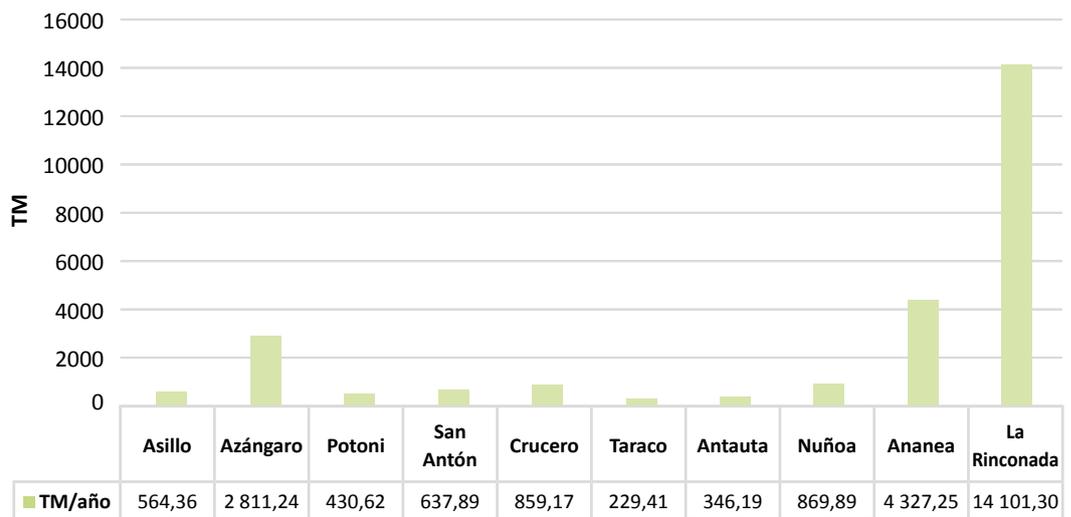
El 83,3 % de la población del centro minero La Rinconada se dedica a la minería, y el restante 16,7 % a actividades comerciales (Goyzueta, 2009). La minería en la mencionada zona se remonta a la década de 1980. El 50,40 % de la población que no tiene acceso a servicios de agua y desagüe se abastece de agua proveniente de los deshielos, 29,51 % a

través de cisternas, 4,97 % consume agua de pozo, 1,8 % de acequia o río, y un 12,91% agua de lluvias (Cuentas, 2012). Es preciso señalar que desde hace aproximadamente cinco años los pobladores realizan con mayor intensidad actividades para acelerar el proceso de deshielo de la parte baja de los glaciares de los nevados Ananea y Riticucho, en la zona denominada Cuatro Amigos, desde donde captan y derivan agua para las operaciones mineras, así como para consumo humano.

Por otro lado, se estima que en el centro poblado Lunar de Oro el consumo de agua per cápita es de aproximadamente 100 L/persona/día, lo que implica una producción de aguas residuales domésticas del orden de los 94,4 L/s, equivalente a 1 314 094 metros cúbicos anuales que, debido a la ausencia de servicios de alcantarillado, son vertidos en las calles y quebradas aledañas, desde donde se infiltran o drenan hacia la laguna La Rinconada, ubicada en la parte baja.

El drenaje superficial generado en las viviendas del centro minero Lunar de Oro, principalmente en el periodo de lluvias, asociado a la presencia de botaderos de basura y el vertimiento de relaves mineros, constituye la principal fuente de contaminación de los cuerpos naturales de agua aledaños —laguna La Rinconada y Lunar de Oro—, ambas ubicadas en la parte baja del poblado La Rinconada, naciente del río Ramis.

Figura 3.2
Generación de residuos sólido en los centros urbanos de la cuenca.



Las aguas residuales y los residuos sólidos en el ámbito de la cuenca son las principales fuentes de contaminación de los cuerpos de agua superficiales, y posiblemente de las aguas subterráneas en algunas zonas. Anualmente se generan y vierten alrededor de 3 227 797 m³ de aguas residuales municipales crudas, y aproximadamente 25 mil TM/año de residuos sólidos, y los centros urbanos que mayor cantidad de residuos sólidos generan son La Rinconada (56,0 %), Ananea (17,2 %) y Azángaro (11,2 %).

En la zona alta de la subcuenca, entre La Rinconada, Pampa Blanca, Ananea y Jancocala, desde hace aproximadamente diez años se lleva a cabo la minería ilegal,¹³ informal¹⁴ y formal de manera intensiva. Esta es una de las principales fuentes de contaminación de los cuerpos de agua en la naciente del río Crucero-Azángaro, debido a las descargas directas de aguas generadas durante el proceso del lavado de mineral en chutes¹⁵ o en tolvas; e indirectamente, por las descargas de aguas residuales que se producen al término del proceso de molienda de mineral aurífero. En ambos casos los efluentes contienen altas concentraciones de material fino sedimentable que, al llegar a los cuerpos naturales, causan la contaminación física del cuerpo de agua, efecto observable en el color entre Crema y lechoso.



Figura 3.3

- (1) Panorámica de centro poblado La Rinconada.
 (2) Vertimiento doméstico en el centro de una calle de La Rinconada. (3) Basural a 1,2 km de La Rinconada.
 (4) Muestras de frascos de mercurio encontrados en los basurales.

- 13 Minería ilegal: actividad minera ejercida por persona natural o jurídica o grupo de personas organizadas para ejercer dicha actividad, usando equipos y maquinarias que no corresponden a las características de la actividad minera que desarrolla (pequeño productor minero o minero artesanal), o sin cumplir con las exigencias de las normas de carácter administrativo, técnico, social y medioambiental que rigen dichas actividades, o que se realiza en zonas en las que esté prohibido su ejercicio (Decreto Legislativo N.º 1105). Tiene como característica principal que no está controlada, ni regulada por el Estado. Los que la promueven y realizan, disponen de medios y formas de organización que actúan al margen de los mecanismos de control del Estado y evaden sistemáticamente las normas legales pertinentes (Instituto de Ingenieros de Minas, 2007).
- 14 Minería informal: actividad minera que es realizada usando equipos y maquinarias que no corresponden a las características de la actividad minera que desarrolla (pequeño productor minero o minero artesanal), o sin cumplir con las exigencias de las normas de carácter administrativo, técnico, social y medioambiental que rigen dichas actividades, en zonas no prohibidas para la actividad minera, y por persona, natural o jurídica, o grupo de personas organizadas para ejercer dicha actividad que hayan iniciado un proceso de formalización conforme se establece en el presente dispositivo (artículo 2, Inciso b, del Decreto Legislativo N.º 1105).
- 15 Chute: "infraestructura básica", similar a una tolva, construida con palos de eucalipto, piedra y agregados, acondicionado con geomembrana, sarandas metálicas y un sistema de riflería, utilizado en el lavado del material aurífero".

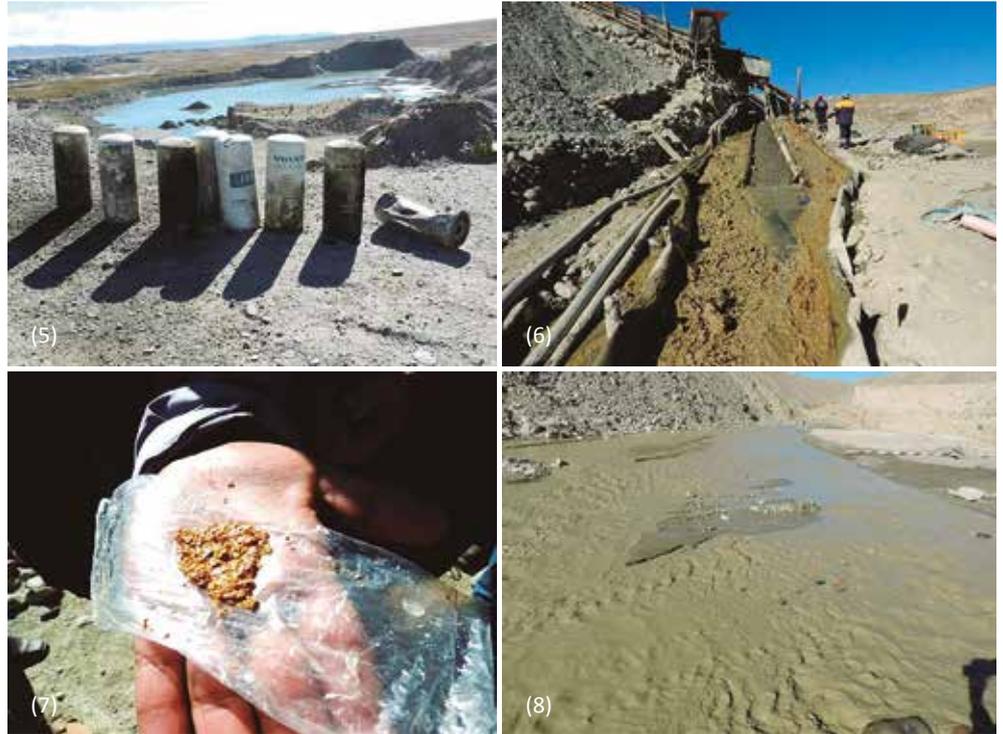


Figura 3.3

- (5) Filtros usados tirados al aire libre.
- (6) Chutes para la recuperación de oro.
- (7) Oro obtenido después del lavado de material aurífero.
- (8) Río Anenea turbio debido al vertimiento procedente de los chutes.

En los últimos años, los centros poblados La Rinconada y Lunar de Oro han crecido notablemente. El primero está constituido por algo más de dieciséis barrios en la naciente de la laguna Sillacunca, y el segundo se ubica entre los flancos del cerro La Rinconada y Lunar de Oro, al pie del nevado La Bella Durmiente, llegando a ocupar toda la quebrada de mismo nombre. Ambos se encuentran a una altitud de entre 4600 msnm y 5200 msnm, donde la temperatura puede oscilar entre $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, factor que incide favorablemente en el control de vectores infecciosos (roedores e insectos) en los botaderos de residuos sólidos de origen doméstico.

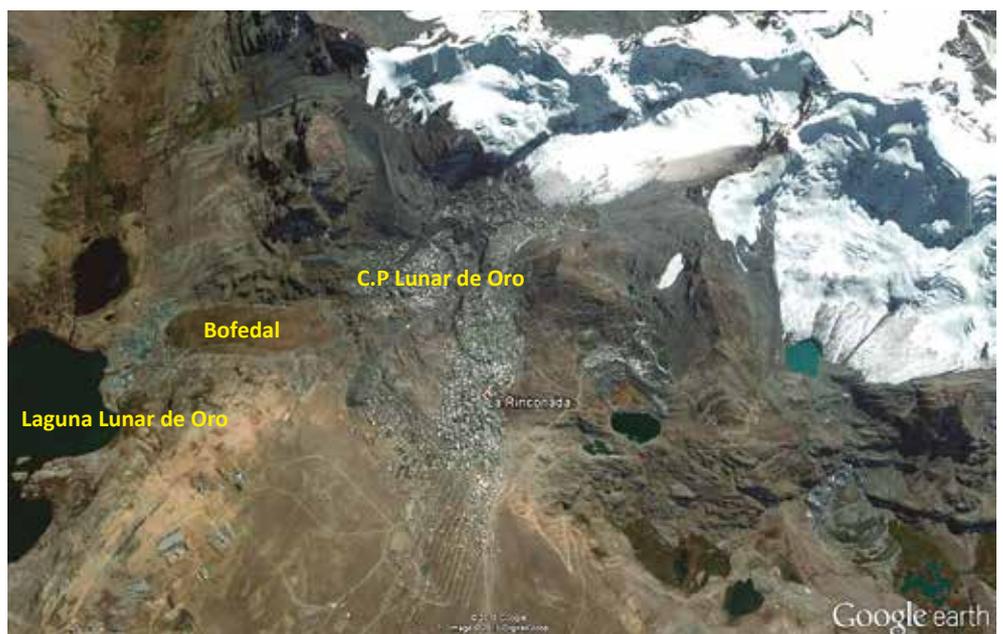


Figura 3.4

Imagen satelital en la que se aprecia la ubicación del centro poblado La Rinconada, en las nacientes del río Ramis.

La Rinconada, Pampa Blanca, Ananea y Jancocala son zonas auríferas ubicadas por encima de los 4400 msnm; por ende, la extracción de oro es la única actividad económico-productiva. El metal es recuperado por el método de amalgamación¹⁶ con mercurio (Hg), aunque en el proceso de molienda también se agrega hipoclorito de sodio (lejía).

No existen datos respecto a la cantidad real de oro producido, ni, mucho menos, de la de mercurio utilizado en estos lugares; no obstante, algunas investigaciones refieren que se utiliza medio kilogramo de mercurio por quimbaleta, en el cual se realiza la molienda del mineral (en el caso del oro filoneano); cuando se trata del oro procedente de chutes (oro de origen aluvial), se agrega directamente al material fino obtenido durante el proceso de lavado. En ambos casos el resultado es una amalgama de oro y mercurio, presentada en forma de una bola sólida de color plateado. Finalmente, la separación de mercurio y oro se lleva a cabo mediante el refogueo o el uso de la retorta. En el primer caso se aplica el soplete directamente sobre la amalgama, logrando que el mercurio se evapore; aquí el mercurio pasa directamente al medio ambiente (aire y, finalmente, al suelo o al agua). Se estima que el 10 % del mercurio agregado se combina con el oro para producir la amalgama; el 90 % restante se recicla o se libera al medio ambiente (PNUD, 2008).

3.2.1.2 Pasivos ambientales mineros

Según la última actualización del inventario de pasivos ambientales mineros¹⁷ (véase la tabla 3.2), publicada en la RM N.º 102-2015-MEM/DM, en el ámbito nacional se han identificado 8 616 pasivos ambientales mineros, agrupados en tres tipos: labor minera, residuos mineros e infraestructura.

Tabla 3.2. Pasivos ambientales a nivel nacional y en el departamento de Puno

Pasivos mineros	Cantidad	%
Total nacional	8 616	100,0
Total departamente de Puno	1 050	12,2
Total cuenca del Titicaca	562	53,52

Fuente: RM N.º 102-2015-MEM/DM.

Del total de pasivos ambientales mineros registrados a nivel nacional, en el departamento de Puno se localiza el 12,19 % (1050); de ellos, 562 se encuentran en el ámbito de la cuenca del Titicaca, y, de estos, el 79,4 % (446) están conformados por relaveras, bocaminas, desmonteras y áreas de plantas de procesamiento, los cuales representan fuentes contaminantes importantes de los cuerpos de agua aledaños.

Del inventario de pasivos ambientales mineros reportados por el Ministerio de Energía y Minas a marzo de 2015 se identificaron 132 existentes en la cuenca del río Crucero-Azángaro (véase la tabla 3.3).

16 Amalgamación: proceso en que el oro es atrapado por el mercurio en una pulpa acuosa para formar una sustancia muy viscosa y de color blanco brillante llamada amalgama.

17 Pasivos ambientales mineros: son considerados pasivos ambientales aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonada o inactiva y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad (Ley N.º 28271).

Tabla 3.3. Pasivos ambientales mineros en el ámbito de la cuenca del río Crucero-Azángaro

N.º	Pasivos ambientales mineros	Subtipo	Cuenca	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM WGS84-ZONA 19		Cuerpo de agua más próximo
						Este	Norte	
1	Marina Uno	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	313 424	8 309 565	Río Bañarccota
2	Mercedes 1	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 530	8 340 827	Río Azángaro
3	Mercedes 1	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 551	8 340 887	Río Azángaro
4	Mercedes 1	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 689	8 340 619	Río Azángaro
5	Ana María N.º 5	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Ananea	453 812	8 384 200	Laguna Cumuni
6	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 095	8 396 927	Río Cecilia
7	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 292	8 396 805	Río Cecilia
8	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 477	8 396 504	Río Cecilia
9	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 492	8 396 506	Río Cecilia
10	Cecilia	Desmante de mina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 124	8 396 824	Río Cecilia
11	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 400	8 396 923	Río Cecilia
12	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 559	8 397 296	Río Cecilia
13	Cecilia	Desmante de mina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 822	8 397 676	Río Cecilia
14	Cecilia	Desmante de mina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 748	8 397 648	Río Cecilia
15	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 945	8 397 792	Río Cecilia
16	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	411 199	8 398 989	Río Cecilia
17	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 820	8 397 962	Río Cecilia
18	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 663	8 398 054	Río Cecilia
19	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 618	8 397 941	Río Cecilia
20	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 698	8 397 654	Río Cecilia
21	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 698	8 397 650	Río Cecilia
22	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 667	8 397 598	Río Cecilia
23	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 671	8 397 600	Río Cecilia
24	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 748	8 397 648	Río Cecilia
25	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 581	8 396 563	Río Cecilia
26	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 574	8 396 564	Río Cecilia
27	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 366	8 397 398	Río Cecilia
28	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 040	8 395 978	Río Cecilia
29	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	408 840	8 397 176	Río Cecilia
30	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 733	8 396 798	Río Cecilia
31	Cecilia	Desmante de mina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 580	8 397 366	Río Cecilia
32	Cecilia	Desmante de mina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 447	8 396 943	Río Cecilia
33	Cecilia	Plantas de procesamiento	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 463	8 396 514	Río Cecilia
34	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 853	8 397 736	Río Cecilia
35	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 053	8 395 840	Río Cecilia
36	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 065	8 395 964	Río Cecilia
37	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 045	8 396 843	Río Cecilia
38	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	408 990	8 396 862	Río Cecilia
39	Cecilia	Bocamina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	408 980	8 396 874	Río Cecilia
40	Cerro Inca Azul	Bocamina	Ramis	Carabaya	Crucero	392 855	8 427 153	Río Cayconi
41	Cerro Inca Azul	Bocamina	Ramis	Carabaya	Crucero	392 948	8 427 068	Río Cayconi
42	Cerro Inca Azul	Bocamina	Ramis	Carabaya	Crucero	392 941	8 427 233	Río Cayconi
43	Cerro Inca Azul	Bocamina	Ramis	Carabaya	Crucero	392 910	8 427 652	Río Cayconi
44	Cecilia	Desmante de mina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 936	8 397 866	Río Cecilia

N.º	Pasivos ambientales mineros	Subtipo	Cuenca	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM WGS84-ZONA 19		Cuerpo de agua más próximo
						Este	Norte	
45	Cecilia	Desmonte de mina	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 970	8 397 002	Río Cecilia
46	Cerro Inca Azul	Bocamina	Ramis	Carabaya	Crucero	392 823	8 427 246	Río Cayconi
47	Cerro Inca Azul	Desmonte de mina	Ramis	Carabaya	Crucero	392 946	8 427 055	Río Cayconi
48	Cerro Inca Azul	Desmonte de mina	Ramis	Carabaya	Crucero	392 964	8 427 651	Río Cayconi
49	Cerro Inca Azul	Desmonte de mina	Ramis	Carabaya	Crucero	392 905	8 427 645	Río Cayconi
50	Cerro Inca Azul	Bocamina	Ramis	Carabaya	Crucero	392 954	8 427 063	Río Cayconi
51	Cerro Inca Azul	Bocamina	Ramis	Carabaya	Crucero	392 835	8 427 194	Río Cayconi
52	Cerro Inca Azul	Bocamina	Ramis	Carabaya	Crucero	392 999	8 427 002	Río Cayconi
53	Cerro Inca Azul	Desmonte de mina	Ramis	Carabaya	Crucero	392 711	8 427 666	Río Cayconi
54	Chaquiminas	Desmonte de mina	Ramis	San Antonio de Putina	Ananea	438 168	8 377 801	Río Inambari
55	Chaquiminas	Desmonte de mina	Ramis	San Antonio de Putina	Ananea	437 904	8 377 908	Río Inambari
56	Chaquiminas	Desmonte de mina	Ramis	San Antonio de Putina	Ananea	437 990	8 377 886	Río Inambari
57	Chaquiminas	Desmonte de mina	Ramis	San Antonio de Putina	Ananea	437 899	8 377 821	Río Inambari
58	Chaquiminas	Desmonte de mina	Ramis	San Antonio de Putina	Ananea	438 158	8 377 786	Río Inambari
59	Chaquiminas	Desmonte de mina	Ramis	San Antonio de Putina	Ananea	437 843	8 377 876	Río Inambari
60	Chaquiminas	Desmonte de mina	Ramis	San Antonio de Putina	Ananea	437 135	8 378 030	Río Inambari
61	Karina 9ª	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	370 031	8 335 890	Río Yanamayo
62	La Ccera	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	369 704	8 335 824	Río Yanamayo
63	La Ccera	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	369 837	8 335 906	Río Yanamayo
64	La Ccera	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	370 072	8 335 841	Río Yanamayo
65	La Ccera	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	370 118	8 335 769	Río Yanamayo
66	La Ccera	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	370 160	8 335 765	Río Yanamayo
67	La Ccera	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	370 173	8 335 773	Río Yanamayo
68	La Ccera	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	369 587	8 336 082	Río Yanamayo
69	La Ccera	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	369 230	8 336 071	Río Yanamayo
70	La Ccera	Desmonte de mina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	369 864	8 335 957	Río Yanamayo
71	Mercedes 1	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 786	8 340 533	Río Azángaro
72	Mercedes 1	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 578	8 340 642	Río Azángaro
73	Mercedes 1	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 657	8 340 643	Río Azángaro
74	Mercedes 1	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 735	8 340 674	Río Azángaro
75	Mercedes 1	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 716	8 340 624	Río Azángaro
76	Mercedes 1	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 774	8 340 508	Río Azángaro
77	Mercedes 1	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 691	8 340 617	Río Azángaro
78	Mercedes 1	Bocamina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 424	8 340 917	Río Azángaro
79	La Ccera	Desmonte de mina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	369 864	8 335 957	Río Azángaro
80	La Ccera	Desmonte de mina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	369 845	8 335 955	Río Azángaro
81	La Ccera	Desmonte de mina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	369 845	8 335 911	Río Azángaro
82	La Ccera	Desmonte de mina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	370 075	8 335 882	Río Azángaro
83	La Ccera	Desmonte de mina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	370 085	8 335 845	Río Azángaro
84	La Ccera	Desmonte de mina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	370 163	8 335 767	Río Azángaro
85	La Ccera	Desmonte de mina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	370 159	8 335 879	Río Azángaro
86	Quenamari / Mine- ra Carabaya S.A.	Bocamina Ramis	Ramis	Carabaya	Ajoyani	359 085	8 429 805	
87	Tambopata	Bocamina Ramis	Ramis	Carabaya	Crucero	393 837	8 425 346	Río Turpani
88	Tambopata	Bocamina Ramis	Ramis	Carabaya	Crucero	393 929	8 424 348	Río Turpani
89	Tambopata	Bocamina	Ramis	Carabaya	Crucero	393 877	8 425 310	Río Turpani

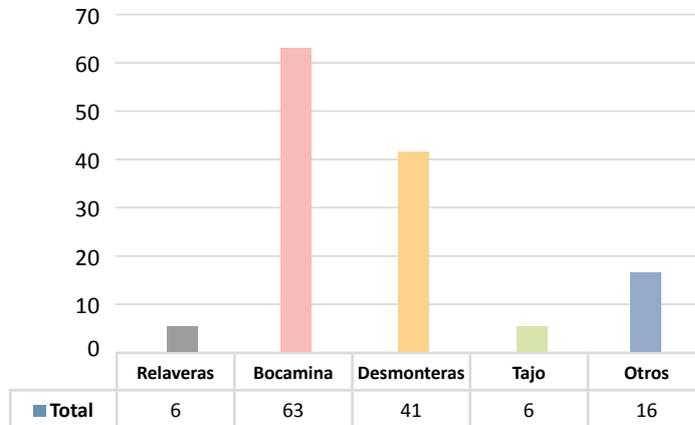
N.º	Pasivos ambientales mineros	Subtipo	Cuenca	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM WGS84-ZONA 19		Cuerpo de agua más próximo
						Este	Norte	
90	Tambopata	Bocamina	Ramis	Carabaya	Crucero	393 958	8 424 099	Río Turpani
91	Tambopata	Bocamina	Ramis	Carabaya	Crucero	393 783	8 424 980	Río Turpani
92	Cecilia	Chimenea	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 617	8 397 944	Río Cecilia
93	Mercedes 1	Desmante de mina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 658	8 340 631	Río Azángaro
94	Mercedes 1	Desmante de mina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 669	8 340 670	Río Azángaro
95	Mercedes 1	Desmante de mina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 703	8 340 685	Río Azángaro
96	Mercedes 1	Chimenea	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 725	8 340 630	Río Azángaro
97	Mercedes 1	Chimenea	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 721	8 340 628	Río Azángaro
98	Mercedes 1	Desmante de mina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 794	8 340 480	Río Azángaro
99	Mercedes 1	Desmante de mina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	368 166	8 340 401	Río Azángaro
100	Mercedes 1	Desmante de mina	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 847	8 340 419	Río Azángaro
101	Relaves cianuración Rinconada	Desmante de mina	Ramis	San Antonio de Putina	Ananea	451 995	8 382 307	Laguna Rinconada
102	Mercedes 1	Media barreta	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 709	8 340 615	Río Azángaro
103	Tambopata	Desmante de mina	Ramis	Carabaya	Crucero	394 007	8 424 030	Río Turpani
104	Tambopata	Desmante de mina	Ramis	Carabaya	Crucero	393 987	8 424 070	Río Turpani
105	Tambopata	Desmante de mina	Ramis	Carabaya	Crucero	393 950	8 424 319	Río Turpani
106	Tambopata	Media barreta	Ramis	Carabaya	Crucero	393 743	8 424 467	Río Turpani
107	Tambopata	Desmante de mina	Ramis	Carabaya	Crucero	393 929	8 424 501	Río Turpani
108	Tambopata	Media barreta	Ramis	Carabaya	Crucero	393 927	8 424 567	Río Turpani
109	Tambopata	Desmante de mina	Ramis	Carabaya	Crucero	393 931	8 424 359	Río Turpani
110	Tambopata	Desmante de mina	Ramis	Carabaya	Crucero	393 928	8 424 557	Río Turpani
111	Tambopata	Pique	Ramis	Carabaya	Crucero	393 929	8 424 343	Río Turpani
112	Mercedes 1	Rampa	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 661	8 340 642	Río Azángaro
113	Cerro Inca Azul	Tajeo comunicado	Ramis	Carabaya	Crucero	392 963	8 427 651	Río Cayconi
114	Cerro Inca Azul	Tajeo comunicado	Ramis	Carabaya	Crucero	392 944	8 427 650	Río Cayconi
115	Tambopata	Tajeo comunicado	Ramis	Carabaya	Crucero	393 867	8 425 320	Río Turpani
116	Tambopata	Tajeo comunicado	Ramis	Carabaya	Crucero	394 357	8 423 848	Río Turpani
117	Tambopata	Tajeo comunicado	Ramis	Carabaya	Crucero	393 926	8 424 434	Río Turpani
118	Tambopata	Tajeo comunicado	Ramis	Carabaya	Crucero	394 178	8 424 370	Río Turpani
119	Tambopata	Tajeo comunicado	Ramis	Carabaya	Crucero	393 919	8 424 510	Río Turpani
120	Cecilia	Relaves	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	410 214	8 398 209	Río Cecilia
121	Cecilia	Tajo	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 577	8 396 458	Río Cecilia
122	Cecilia	Relaves	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	409 870	8 397 738	Río Cecilia
123	Cecilia	Relaves	Ramis	San Antonio de Putina	Putina	410 920	8 398 608	Río Cecilia
124	Chaquiminas	Tajo	Ramis	San Antonio de Putina	Ananea	437 903	8 377 949	Río Grande
125	Chaquiminas	Tajo	Ramis	San Antonio de Putina	Ananea	437 969	8 377 838	Río Grande
126	Chaquiminas	Tajo	Ramis	San Antonio de Putina	Ananea	438 256	8 377 911	Río Grande
127	Deposito aluvial Capilla	Tajo	Ramis	Carabaya	Crucero	420 205	8 400 125	Ala Inambari
128	Lavaderos de oro	Tajo	Ramis	Carabaya	Crucero	418 562	8 400 775	Ala Inambari
129	Mercedes 1	Relaves	Ramis	Azángaro	Santiago de Pupuja	367 743	8 340 514	Río Azángaro
130	Cerro Inca Azul	Trinchera	Ramis	Carabaya	Crucero	393 089	8 427 711	Río Cayconi
131	Planta de lavado Buena Fortuna	Relaves	Ramis	San Antonio de Putina	Ananea	446 684	8 376 478	Río Moromontan
132	Relaves cianuración La Rinconada	Relaves	Ramis	San Antonio de Putina	Ananea	451 811	8 382 557	Laguna Rinconada

Fuente: RM. Nº 102-2015-MEM/DM.

De los 132 pasivos ambientales mineros registrados por el Ministerio de Energía y Minas, 63 (47,7 %) son bocaminas; 41, desmonteras (31,1 %); 6, relaveras (4,5 %), y 22, otro tipo de pasivos ambientales.

Figura 3.5

Cantidad y tipo de pasivos ambientales mineros en la subcuenca Crucero-Azángaro.



Si bien es cierto que no se dispone de información con respecto a la determinación del tipo de pasivo ambiental minero que genera el mayor impacto ambiental, se estima, por su naturaleza, que son las relaveras y los drenajes ácidos de mina, así como los drenajes de desmonteras, los pasivos ambientales que mayor contaminación generan en los cuerpos de agua aledaños, debido a que sus aguas pueden acarrear altas concentraciones de metales pesados.

Figura 3.6

- (1) Drenaje de la Mina Marina 2007
- (2) Panorámica de la Quebrada Chilapampa (naciente de la laguna Chilapampa) que reciben aguas de una escombrera de la mina Marina 2007
- (3) Drenaje ácido de la Acumulación Nuñoa, descargado en la quebrada Ccasahuallata
- (4) Quebrada Chillapampa afectada por los drenajes del pasivo minero Marina 2007



3.2.1.3 Inventarios de otras fuentes contaminantes En el ámbito de la cuenca del río Crucero-Azángaro, es común la presencia de fuentes contaminantes en todos los centros urbanos, destacando los vertimientos de aguas residuales industriales, municipales y botaderos municipales de residuos sólidos (véase la tabla 3.4).

Tabla 3.4: Vertimientos de aguas residuales en el ámbito de la cuenca del río Crucero-Azángaro y la Intercuenca Ramis

N.º	Tipo de vertimiento	Cuerpo receptor	Caudal	Responsable	Coordenadas	
					Este	Norte
VERTIMIENTOS INDUSTRIALES						
V-In-1	Industrial- camal municipal de Nuña	Río Nuña	0,1	M.Distrital de Nuña	324570	8398623
Total (L/s)			0,1			
VERTIMIENTOS GENERADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA						
VMi-1	Minero- bocamina.	Laguna Cerro Lunar de Oro	40	Corp. Minera Ananea S. A.	451650	8383355
VMi-2	Minero- planta de beneficio.	Laguna Cerro Lunar de Oro	2	C. Poblado Cerro Lunar de Oro	451730	8383333
VMi-3	Minero- planta de beneficio.	Laguna Cerro Lunar de Oro	3,0	C. Poblado Cerro Lunar de Oro	451655	8383243
VMi-4	Minero (chute).	Laguna Sillacunca	4,3	Empresa Minera San Juan de Dios de Pampa Blanca-Victoria-A	449376	8376135
VMi-5	Minero (chute).	Laguna Sillacunca	3,25	Empresa Minera Patron San Juan de Dios de Pampa Blanca S. A.- Victoria-A	449475	8376208
VMi-6	Minero (chute).	Laguna Sillacunca	2,5	Corporación minera San Antonio de Poto- Chana- A	449547	8376263
VMi-7	Minero (chute).	Laguna Sillacunca	2,6	Cooperativa Minera el Dorado Ananea limitada- Francisco II	449482	8376291
VMi-8	Minero (chute).	Laguna Sillacunca	2,1	Corporación Minera San Antonio de Poto- Chana- A	449445	8376371
VMi-9	Minero (chute).	Laguna Sillacunca	2,3	Corporación Minera San Antonio de Poto- Chana- A	449383	8376360
VMi-10	Minero (chute).	Laguna Sillacunca	2,3	Dorado	448340	8376811
VMi-11	Minero (chute).	Laguna Sillacunca	2,7	Dorado	448334	8376811
VMi-12	Minero (chute).	Laguna Sillacunca	3,0	Dorado	448334	8376811
VMi-13	Minero (chute).	Laguna Sillacunca	3,0	Central De Cooperativas Mineras San Antonio de Poto de Ananea Ltda. (Gilda-A).	448126	8376987
VMi-14	Minero (chute).	Laguna Sillacunca	2,0	Central De Cooperativas Mineras San Antonio de Poto de Ananea Ltda. (Gilda-A)	448113	8377016
VMi-15	Minero (chute).	Laguna Sillacunca	2,5	Corporación minera San Antonio de Poto S.A. (La Mona-A)	448154	8377227
VMi-16	Minero (chute).	Laguna Sillacunca	2,7	Corporación minera San Antonio de Poto S.A. (La Mona-A)	448060	8377169
VMi-17	Minero-poza de sedimentación (chute).	Laguna Sillacunca	3,0	Cooperativa Minera los Andes AFC – 4.	447264	8376892
VMi-18	Minero-poza de sedimentación (chute).	Laguna Sillacunca	1,0	EMPRESA MINERA VIZCACHANI E.I.R. L.- AFC- 3	446873	8376631
VMi-19	Minero-poza de sedimentación (chute).	Río Ananea	0,13	Coop. Minera Metalúrgica San Francisco de Ananea	446330	8376387
VMi-20	Minero-poza de sedimentación (chute).	Río Ananea	0,15	Coop. Minera San Juan de Dios de Pampa Blanca de Ananea Ltda.- Proyecto Minero Estela	446024	8376189
VMi-21	Minero-poza de sedimentación (chute).	Río Ananea	4	Coop. Minera San Juan de Dios de Pampa Blanca de Ananea Ltda.- Proyecto Minero Estela	445402	8376188
Total (L/s)			88,53			

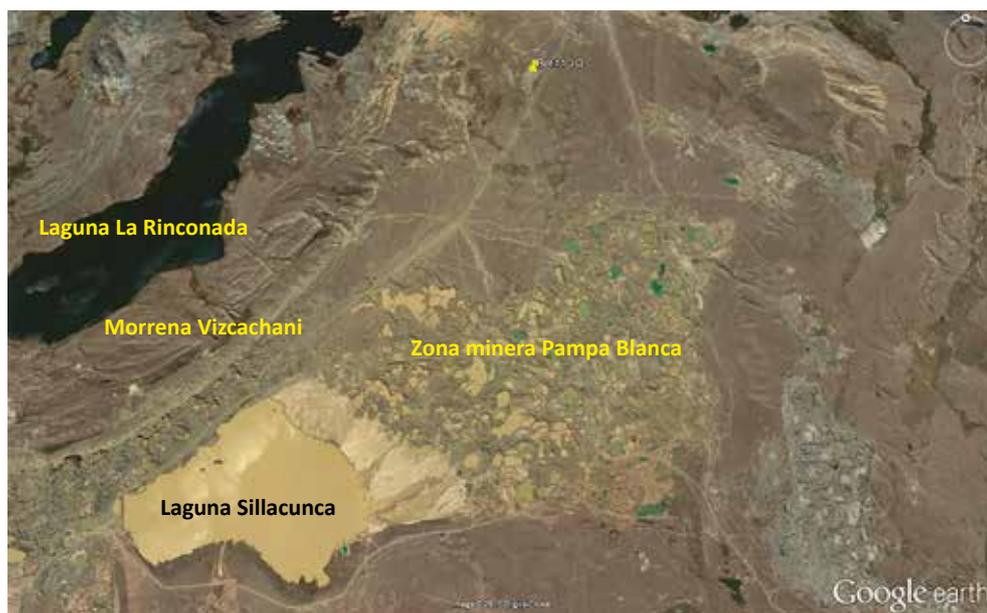
N.º	Tipo de vertimiento	Cuerpo receptor	Caudal	Responsable	Coordenadas	
					Este	Norte
VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES						
VARm-1	A.R.M- laguna facultativa del distrito de Ananea.	Río Inambari	1,3	Municipalidad Distrital de Ananea.	441 790	8 377 844
VARm-2	A.R.M- laguna facultativa del distrito de Crucero.	Río Crucero	2,9	Municipalidad Distrital de Crucero.	389 400	8 411 437
VARm-3	A.R.M- la laguna facultativa de Potoni.	Pantano Potoni	0,1	Municipalidad Distrital de Potoni.	381 007	8 410 196
VARm-4	A.R.M- laguna facultativa del Centro Poblado de Carlos Gutiérrez.	Río Crucero	2,0	Centro Poblado Carlos Gutiérrez de la municipalidad distrital de Potoni.	371 376	8 416 850
VARm-5	A.R.M- laguna facultativa del distrito de Ajoyani.	Río Ajoyani	0,3	Municipalidad Distrital de Ajoyani.	366 861	8 425 468
VARm-6	A.R.M.-laguna facultativa del distrito de Antauta.	Río Antauta	3,1	Municipalidad Distrital de Antauta.	361 305	8 417 733
VARm-7	A.R.M- laguna facultativa distrito de San Antón (margen derecho del río Crucero).	Río Crucero	1,5	Municipalidad Distrital de San Antón.	356 990	8 387 333
VARm-8	A.R.M- laguna facultativa del distrito de Nuña.	Río Nuña	4,0	Municipalidad Distrital de Nuña.	326 024	8 397 687
VARm-9	E.R.M- laguna facultativa del distrito de Asillo (laguna Huancuyo).	Laguna Huancuyo	2,0	M. Distrital de Asillo.	355 672	8 365 510
VARm-10	A.R.M- laguna facultativa de la ciudad de Azángaro.	Río Azangaro	4,0	M. Provincial de Azangaro.	372 494	8 348 613
VARm-11	A.R.M- laguna facultativa del distrito de Orurillo.	Laguna Orurillo	0,5	M. Distrital de Orurillo.	337 734	8 371 684
VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES – INTERCUENCA RAMIS						
VARm-12	A.R.M- laguna facultativa del distrito de Caminaca.	Río Ramis	0,5	M. Distrital de Caminaca.	384 907	8 305 009
VARm-13	A.R.M-laguna facultativa del distrito de Samán.	Río Ramis	0,5	M. Distrital de Samán.	391 032	8 309 648
VARm-14	A.R.M-laguna facultativa del distrito de Taraco.	Río Ramis	0,2	M. Distrital de Taraco.	394 686	8 308 825
VARm-15	A.R.M-laguna facultativa del distrito de Taraco.	Río Ramis	0,4	M. Distrital de Taraco.	395 775	8 308 693
Total generado			23,3			
VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS						
VARd-1	V.D-servicios higiénicos públicos del Centro Poblado Cerro Lunar de Oro.	Laguna Cerro Lunar de Oro	3,0	M. Cetro Poblado Cerro Lunar de Oro	451 687	8 383 266
VARd-2	V.D-servicios higiénicos públicos del Centro Poblado Cerro Lunar de Oro.	Qda. Cerro Lunar de Oro	0,1	M. Cetro Poblado Cerro Lunar de Oro	451 651	8 383 209
VARd-3	V.D-servicios higiénicos públicos del Centro Poblado Cerro Lunar de Oro.	Qda. Cerro Lunar de Oro	0,1	M. Cetro Poblado Cerro Lunar de Oro	451 645	8 383 174
VARd-4	V.D Idel Centro Poblado Cerro Lunar de Oro.	Qda. Cerro Lunar de Oro	0,5	M. Cetro Poblado Cerro Lunar de Oro	451 553	8 383 147
VARd-5	V.D-del Centro Poblado Cerro Lunar de Oro.	Qda. Cerro Lunar de Oro	0,2	M. Cetro Poblado Cerro Lunar de Oro	451 504	8 383 108
VARd-6	V.D-del Centro Poblado Cerro Lunar de Oro.	Qda. Cerro Lunar de Oro	0,01	M. Cetro Poblado Cerro Lunar de Oro	451 429	8 383 067
VARd-7	V.D-del Centro Poblado Cerro Lunar de Oro.	Qda. Cerro Lunar de Oro	0,2	M. Cetro Poblado Cerro Lunar de Oro	451 270	8 383 058
VARd-8	V.D-servicios higiénicos públicos del Centro Poblado Cerro Lunar de Oro.	Qda. Cerro Lunar de Oro	0,3	M. Cetro Poblado Cerro Lunar de Oro	451 209	8 383 052
Total (L/s)			4,41			

Fuente: ALA–Ramis 2015 (Vin = vertimiento industrial; Vmi = vertimiento minero; VARm = vertimiento de aguas residuales municipales; VARd = vertimiento de aguas residuales domésticas; BMrs = botadero municipal de residuos sólidos).

Como se observa en la tabla 3.4, en la cuenca se registraron un total de 45 vertimientos (ver mapa adjunto), de las cuales una corresponde a aguas residuales industriales generadas por el camal municipal de Nuña, con un caudal total de 0,1 L/s (3 154 m³/año); 21 vertimientos mineros con un caudal total puntual de 88,53 L/s, equivalente a 2 791 882 m³/año, de los cuales 1 530 442 m³ son descargados en la laguna Sillacunca. Además, se precisa que los vertimientos procedentes de los chutes pueden ser considerados temporales, es decir, solo se producirán mientras se lleven a cabo las operaciones mineras; 15 vertimientos municipales cuyo caudal total puntual fue de 23,3L/s (734 788m³/año); y, en la zona del centro poblado Lunar de Oro, 8 vertimientos domésticos con un caudal del orden de 4,41 L/s, equivalente a 13 9074 m³/año.

Figura 3.7

Imagen satelital en la que se aprecia la laguna Sillacunca y, aguas arriba, la zona de explotación minera Pampa Blanca. Obsérvese el color “Crema” del agua, producto del vertimiento de aguas con altos contenidos de sedimentos descargados por los chutes.



Las aguas residuales generadas durante el proceso del lavado del material aurífero se caracterizan por la presencia de altas concentraciones de sedimentos finos sedimentables que, al ser descargados en los cuerpos naturales de agua (río o laguna), generan una alta turbiedad, tal como se observa en la laguna Sillacunca, que recibe gran parte de los vertimientos mineros generados en la zona de Pampa Blanca, aguas arriba de la laguna.

La principal evidencia de la contaminación del agua del río Ramis es la alta turbidez del agua provocada por las descargas generadas en el proceso de lavado de mineral en los chutes; sin embargo, esta puede ser eficientemente controlada si cada titular minero tomara la decisión de construir sistemas de pozas de sedimentación que permitirían contener todos los sedimentos, clarificando el agua, de modo que podría ser reusada en las operaciones mineras. Este es un tema que no ha sido tomado en cuenta ni promovido desde el comienzo de la actividad. La información que se requiere para el diseño de los sistemas de sedimentación está dada por el volumen total diario de agua utilizada y la cantidad de sólidos sedimentables,¹⁸ y puede obtenerse con una prueba sencilla de sedimentación, mediante el uso de conos Inhoff.

18 Sólidos sedimentables: el análisis de sólidos sedimentables presentes en una muestra de agua indica la cantidad de sólidos que pueden sedimentarse a partir de un volumen dado de muestra en un tiempo determinado.

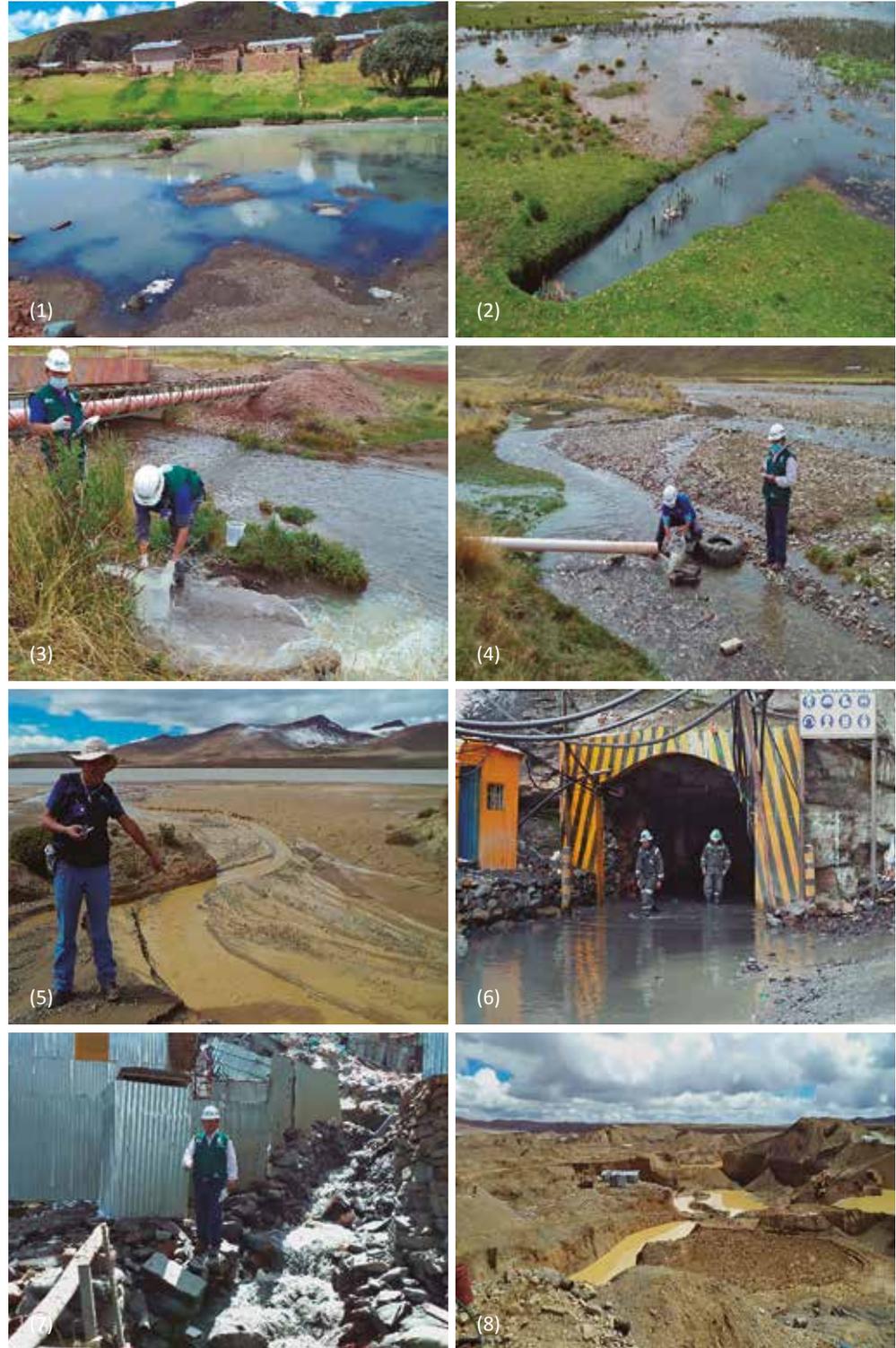


Figura 3.8

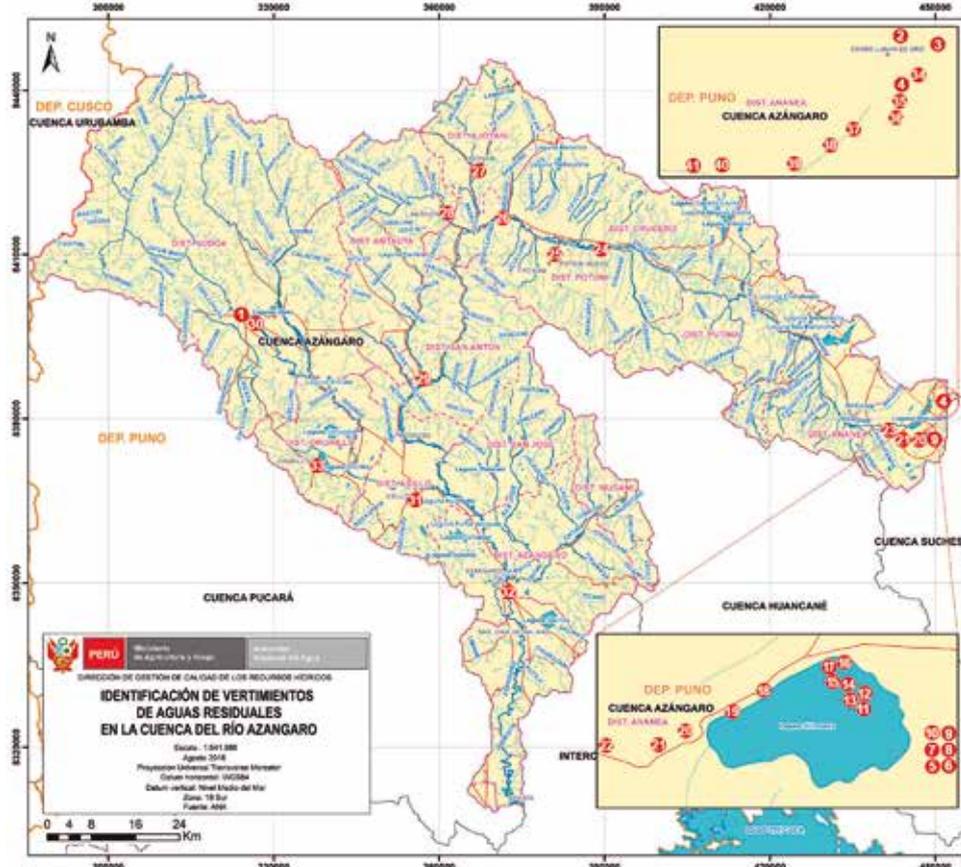
- (1) Vista del vertimiento de aguas residuales municipales al río Umachiri.
- (2) Vertimiento de aguas residuales municipales a la laguna Orurillo.
- (3) Vertimiento de aguas residuales industriales al río Nuña procedente de la planta quesera El Cajamarquino.
- (4) Vertimiento de aguas residuales municipales al río Ajoyani.
- (5) Vertimientos mineros a la laguna Sillacunca.
- (6) Drenaje de mina vertimientos mineros en la quebrada Lunar de Oro, generada por la Corporación Minera Ananea.
- (7) Vertimiento de aguas residuales domésticas a la quebrada Lunar de Oro.
- (8) Panorámica de los tajos ocasionados por la minería informal aguas arriba de la laguna Sillacunca.

En el ámbito de la subcuenca Crucero-Azángaro se han identificado dieciocho botaderos de residuos sólidos (véase la tabla 3.5), generados por igual número de centros poblados de Lunar de Oro, Ananea, Asillo, Crucero, San Antón, Azángaro y Taraco. Ninguno de ellos cuenta con un relleno sanitario (ver mapa adjunto), además de cuatro ubicados en la intercuenca Ramis. En todos los casos son botaderos a cielo abierto, sea sobre el suelo (sin ningún manejo) o en “trincheras”, donde son depositados y luego enterrados.

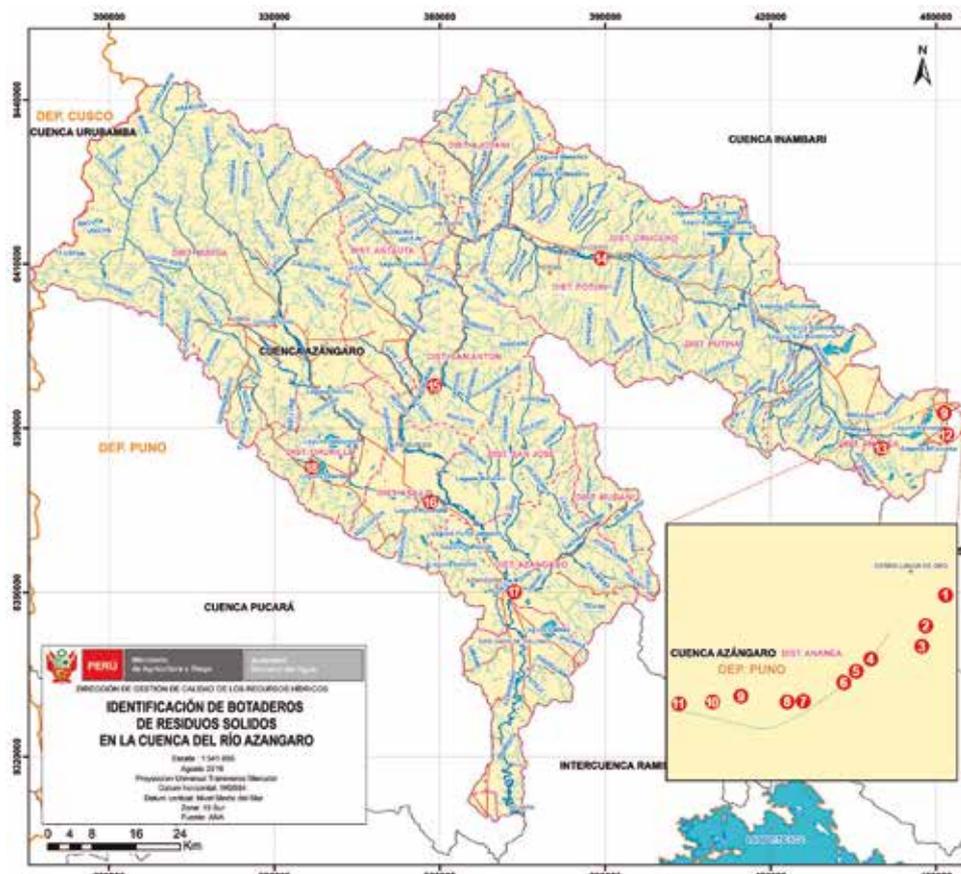
Tabla 3.5. Botaderos de residuos sólidos cuenca Crucero-Azángaro e Intercuenca Ramis

N.º	Tipo de botadero	Zona	Responsable	Coordenadas	
				Este	Norte
BMrs-1	B.M. residuos sólidos	Qda. Lunar de Oro cerca de la laguna Lunar de Oro	Municipalidad del Centro Poblado Lunar de Oro- Ananea	451 687	8 383 266
BMrs-2	B.M. residuos sólidos	Qda. Lunar de Oro	Municipalidad del Centro Poblado Lunar de Oro- Ananea	451 651	8 383 209
BMrs-3	B.M. residuos sólidos	Qda. Lunar de Oro	Municipalidad del Centro Poblado Lunar de Oro- Ananea	451 645	8 383 174
BMrs-4	B.M. residuos sólidos	Qda. Lunar de Oro	Municipalidad del Centro Poblado Lunar de Oro- Ananea	451 553	8 383 147
BMrs-5	B.M. residuos sólidos	Qda. Lunar de Oro	Municipalidad del Centro Poblado Lunar de Oro- Ananea	451 527	8 383 123
BMrs-6	B.M. residuos sólidos	Qda. Lunar de Oro	Municipalidad del Centro Poblado Lunar de Oro- Ananea	451 504	8 383 108
BMrs-7	B.M. residuos sólidos	Qda. Lunar de Oro	Municipalidad del Centro Poblado Lunar de Oro- Ananea	451 429	8 383 067
BMrs-8	B.M. residuos sólidos	Qda. Lunar de Oro	Municipalidad del Centro Poblado Lunar de Oro- Ananea	451 407	8 383 062
BMrs-9	B.M. residuos sólidos	Qda. Lunar de Oro	Municipalidad del Centro Poblado Lunar de Oro- Ananea	451 321	8 383 074
BMrs-10	B.M. residuos sólidos	Qda. Lunar de Oro. Municipalidad del Centro Poblado Lunar de Oro- Ananea	Municipalidad del Centro Poblado Lunar de Oro- Ananea	451 270	8 383 058
BMrs-11	B.M. residuos sólidos	Qda. Lunar de Oro. Municipalidad del Centro Poblado Lunar de Oro- Ananea	Municipalidad del Centro Poblado Lunar de Oro- Ananea	451 209	8 383 052
BMrs-12	B.M. residuos sólidos	A 300 m de la margen derecha del río Sallani	Municipalidad del Centro Poblado Rinconada-Ananea	450 984	8 380 620
BMrs-13	B.M. residuos sólidos	A 300 m de la margen derecha del río Sallani	Municipalidad distrital de Ananea	439 065	8 378 293
BMrs-14	B.M. residuos sólidos	A 800 m de la margen derecha del río Crucero	Municipalidad distrital de Crucero	389 173	8 411 808
BMrs-15	B.M. residuos sólidos	A 300 m de la margen derecha del río Crucero	Municipalidad distrital de San Antón	357 093	8 387 358
BMrs-16	B.M. residuos sólidos	A 200 m de la margen izquierda del río Grande	Municipalidad distrital de Asillo	357 948	8 367 189
BMrs-17	B.M. residuos sólidos	A 1 Km del río Azángaro	Municipalidad distrital de Azángaro	373 311	8 350 235
BMrs-18	B.M. residuos sólidos	Superficie del suelo a 100 m de la laguna Orurillo	Municipalidad distrital de Orurillo	337 047	8 371 654
Botaderos ubicados en la Intercuenca Ramis					
BMrs-19	B.M. residuos sólidos	A 10 m de la margen derecha del río Ramis	Municipalidad distrital de Taraco	394 915	8 308 766
BMrs-20	B.M. residuos sólidos	A 200 m de la margen derecha del río Samán	Municipalidad distrital de Samán	390 457	8 309 053
BMrs-21	B.M. residuos sólidos	Disposición a cielo abierto	Municipalidad distrital de Pusi	400 732	8 293 404
BMrs-22	B.M. residuos sólidos	Disposición a 70 m del río Ramis	Municipalidad distrital de Taraco	396 274	8 308 761

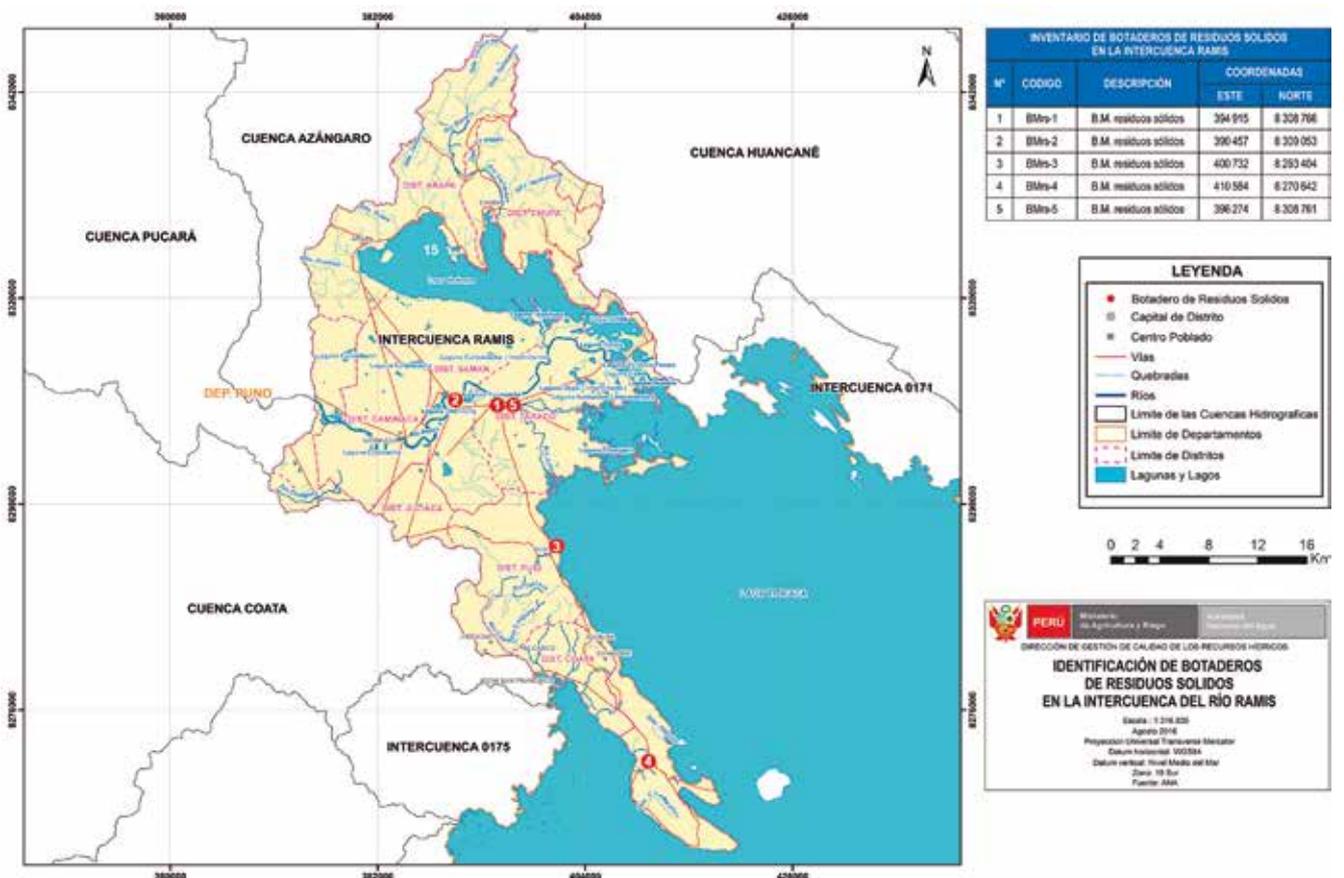
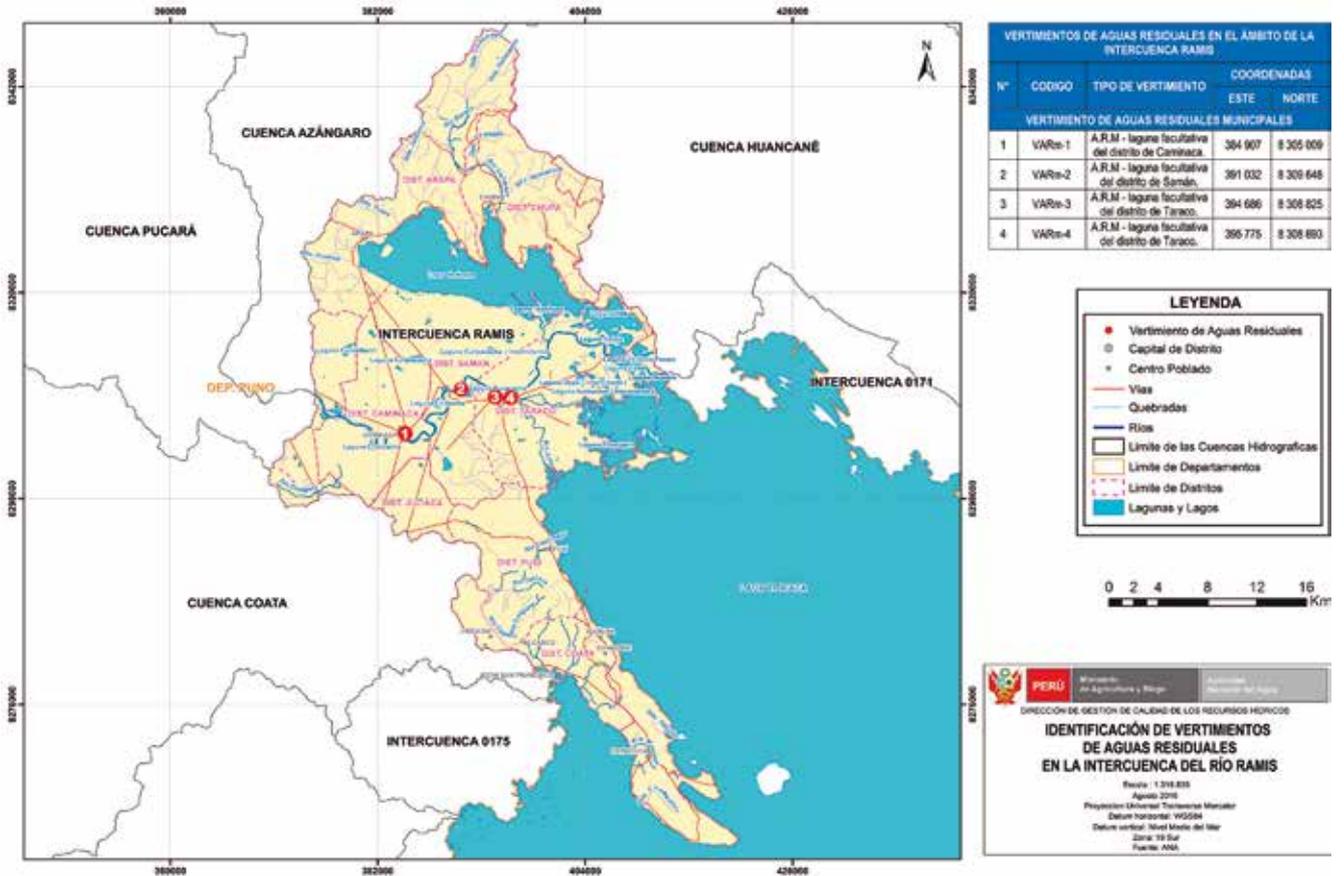
Fuente: ALA Ramis 2015 (BMrs = botadero municipal de residuos sólidos)



INVENTARIO DE AGUAS RESIDUALES EN EL AMBITO DE LA CUENCA AZANGARO			
N°	CODIGO	DESCRIPCION	COORDENADAS ESTE NORTE
VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES			
1	VA-1	Industria - textil municipal de Saca	324 170 8 398 625
2	VA-2	Minera - Saca	401 493 8 353 305
3	VA-3	Minera - planta de beneficiamiento	401 732 8 383 300
4	VA-4	Minera - planta de beneficiamiento	401 650 8 383 300
5	VA-5	Minera - planta	400 235 8 378 150
6	VA-6	Minera - planta	400 475 8 378 200
7	VA-7	Minera - planta	400 521 8 378 200
8	VA-8	Minera - planta	400 402 8 378 200
9	VA-9	Minera - planta	400 445 8 378 271
10	VA-10	Minera - planta	400 363 8 378 360
11	VA-11	Minera - planta	400 324 8 378 360
12	VA-12	Minera - planta	400 324 8 378 360
13	VA-13	Minera - planta	400 324 8 378 360
14	VA-14	Minera - planta	400 130 8 378 667
15	VA-15	Minera - planta	400 110 8 377 048
16	VA-16	Minera - planta	400 112 8 377 200
17	VA-17	Minera - planta	400 000 8 377 188
18	VA-18	Minera - planta de sedimentación (chica)	400 004 8 378 860
19	VA-19	Minera - planta de sedimentación (chica)	400 013 8 378 200
20	VA-20	Minera - planta de sedimentación (chica)	400 015 8 378 200
21	VA-21	Minera - planta de sedimentación (chica)	400 014 8 378 188
22	VA-22	Minera - planta de sedimentación (chica)	400 012 8 378 188
VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS			
23	VA-23	A.R.M. - Laguna Residual del distrito de Ananea	401 400 8 377 800
24	VA-24	A.R.M. - Laguna Residual del distrito de Curato	368 400 8 411 400
25	VA-25	A.R.M. - Laguna Residual de Puno	361 200 8 432 700
26	VA-26	A.R.M. - Laguna Residual del Centro Poblado de Centro Saca	371 000 8 430 000
27	VA-27	A.R.M. - Laguna Residual del distrito de Saca	368 000 8 428 000
28	VA-28	A.R.M. - Laguna Residual del distrito de Ananea	367 300 8 417 700
29	VA-29	A.R.M. - Laguna Residual de San Andrés (según distrito de Saca)	368 000 8 387 300
30	VA-30	A.R.M. - Laguna Residual del distrito de Saca	368 004 8 387 600
31	VA-31	A.R.M. - Laguna Residual del distrito de Saca	368 412 8 386 510
32	VA-32	A.R.M. - Laguna Residual del distrito de Saca (según Puno)	372 004 8 348 810
33	VA-33	A.R.M. - Laguna Residual del distrito de Ananea	377 734 8 371 800
34	VA-34	V.O. - servicios agencies publicas del Centro Poblado Centro Saca de Ojo	401 600 8 383 200
35	VA-35	V.O. - servicios agencies publicas del Centro Poblado Centro Saca de Ojo	401 601 8 383 200
36	VA-36	V.O. - servicios agencies publicas del Centro Poblado Centro Saca de Ojo	401 640 8 383 174
37	VA-37	V.O. del Centro Poblado Centro Saca de Ojo	401 603 8 383 147
38	VA-38	V.O. del Centro Poblado Centro Saca de Ojo	401 604 8 383 108
39	VA-39	V.O. del Centro Poblado Centro Saca de Ojo	401 609 8 383 267
40	VA-40	V.O. - del Centro Poblado Centro Saca de Ojo	401 615 8 383 200
41	VA-41	V.O. - servicios agencies publicas del Centro Poblado Centro Saca de Ojo	401 619 8 383 202



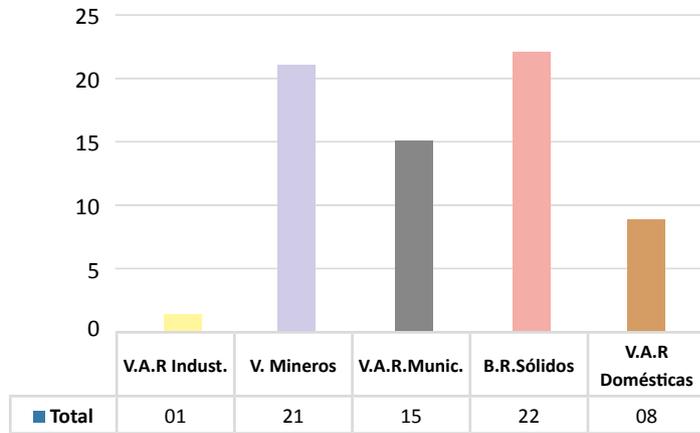
INVENTARIO DE BOTADEROS DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL AMBITO DE LA CUENCA AZANGARO			
N°	CODIGO	DESCRIPCION	COORDENADAS ESTE NORTE
1	BM-1	B.M. residuos sólidos	451 687 8 383 266
2	BM-2	B.M. residuos sólidos	451 651 8 383 209
3	BM-3	B.M. residuos sólidos	451 645 8 383 174
4	BM-4	B.M. residuos sólidos	451 553 8 383 147
5	BM-5	B.M. residuos sólidos	451 527 8 383 123
6	BM-6	B.M. residuos sólidos	451 504 8 383 108
7	BM-7	B.M. residuos sólidos	451 429 8 383 067
8	BM-8	B.M. residuos sólidos	451 407 8 383 062
9	BM-9	B.M. residuos sólidos	451 321 8 383 074
10	BM-10	B.M. residuos sólidos	451 270 8 383 058
11	BM-11	B.M. residuos sólidos	451 220 8 383 052
12	BM-12	B.M. residuos sólidos	430 984 8 380 420
13	BM-13	B.M. residuos sólidos	430 065 8 378 293
14	BM-14	B.M. residuos sólidos	389 173 8 411 808
15	BM-15	B.M. residuos sólidos	357 093 8 387 358
16	BM-16	B.M. residuos sólidos	357 948 8 387 189
17	BM-17	B.M. residuos sólidos	373 311 8 350 225
18	BM-18	B.M. residuos sólidos	337 047 8 371 664



Se han identificado, en total, 67 fuentes contaminantes, de las cuales 01 corresponde a vertimientos de aguas residuales industriales, 21 a vertimientos mineros, 15 a vertimientos de aguas residuales municipales, 08 a vertimientos de tipo doméstico, 22 a botaderos municipales de residuos sólidos y 01 vertimiento industrial.

Figura 3.9

Cantidad y tipo de fuentes contaminantes en la subcuenca Crucero-Azángaro.



Los vertimientos mineros están referidos a las aguas generadas durante el proceso de lavado de mineral en los chutes, por lo que son considerados vertimientos intermitentes y temporales (solo ocurren durante el periodo de explotación del área de trabajo), es decir, solo se generan durante el proceso de lavado, el cual se desarrolla en turnos de seis horas o de tres turnos de ocho horas cada uno, en la etapa de explotación.

Figura 3.10

(1) Panorámica del botadero municipal de residuos sólidos en la margen derecha del río Crucero (2) Botadero de residuos sólidos margen izquierda de la quebrada. Lunar de Oro (Centro Poblado Lunar de Oro) (3) Botadero en la quebrada. Lunar de Oro, en la naciente de la laguna La Rinconada (4) Superficie del suelo en la que se ha desechado aceite usado de motor (Ananea).



En el periodo en el que se desarrolló intensivamente la actividad minera entre las pampas de Ananea y Chaquiminas (2005-2010), el uso de maquinaria pesada, conformada por cargadores frontales, retroexcavadoras y volquetes, además de motobombas, fue abundante. Y aunque no existen datos oficiales con respecto a la cantidad de maquinaria pesada, se estimó que sobrepasó las 2 mil unidades, lo que, en su momento, demandó el servicio de talleres de mecánica donde se realizaba el mantenimiento de esta maquinaria: cambio de aceite, filtros de aceite y de aire, lavado y engrase. Los residuos de este mantenimiento, considerados peligrosos, terminaron en botaderos al aire libre en los alrededores del centro poblado de Ananea.

3.2.1.4 La actividad minera en las nacientes del río Ramis y el impacto en la calidad del agua

El río Ramis, una de las cuatro cuencas importantes del lago Titicaca, nace de los deshielos del flanco occidental de los nevados Riticucho y Ananea, que, en conjunto, tienen una extensión de aproximadamente 8,23 km², un perímetro de 13,73 km y cuya altitud máxima es de 5 650 msnm.

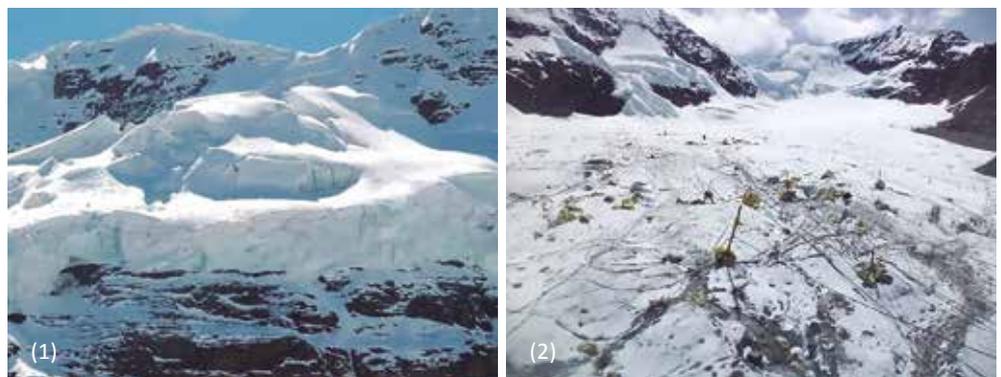
Las aguas que discurren por el cauce principal son el resultado de la unión de pequeñas quebradas cuyos recursos hídricos circulantes provienen del deshielo de los glaciares existentes (ANA, 2015). Sus aguas forman la laguna Lunar de Oro, cuyo efluente da origen al denominado río Inambari, el que, a través de su recorrido hacia la desembocadura en el Titicaca, toma diversos nombres. Se le conoce comúnmente como la cuenca del río Ramis.

La situación ambiental y social en la zona es muy compleja. La primera, porque los mineros, cuyo número total a la fecha se desconoce, utilizan la parte baja del glaciar también como fuente de agua para uso poblacional, mediante prácticas inadecuadas que aceleran el proceso de deshielo. Estas prácticas consisten en la aplicación, sobre la superficie del glaciar, de relave o tierra, material que durante el día eleva la temperatura en la superficie del hielo, facilitando el derretimiento. Así se obtiene agua líquida que es conducida por medio de zanjas a pozas de acumulación para, desde allí, ser llevada mediante mangueras, y en algunos casos con el apoyo de electrobombas, hacia la zona de uso.

El panorama del nevado Riticucho en la zona intervenida es desolador e impactante, no solo por la forma como lo están “derritiendo”, sino porque además la parte baja de la “lengua” del glaciar ha sido rellena con escombros mineros que han alterado el flujo natural de agua que alimentaba el bofedal y la laguna La Rinconada. Además, en los alrededores existen botaderos de basura de todo tipo que, en conjunto, constituyen una fuente importante de contaminación del mencionado cuerpo de agua.

Figura 3.11

- (1) Flanco occidental del glaciar Lunar de Oro.
- (2) Zona baja del frente del glaciar Ananea, desde donde se capta agua para las operaciones mineras.



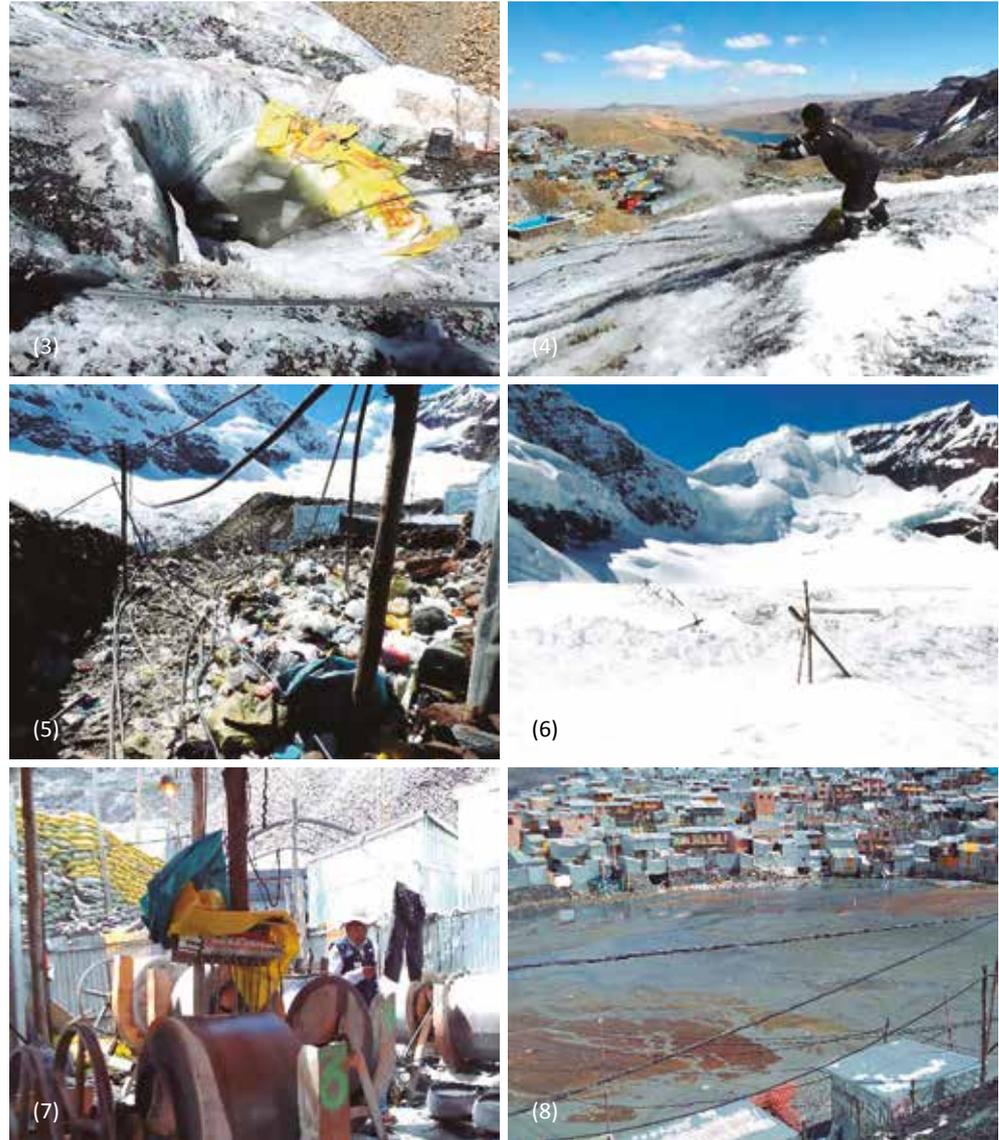


Figura 3.11

- (3) Poza para acumulación de agua del deshielo forzado.
- (4) Mineros esparciendo relave sobre la superficie del glaciar para acelerar el descongelmiento.
- (5) Mangueras con las cuales captan y derivan agua descongelmada del glaciar.
- (6) Delimitación de la zona baja del glaciar destinada al descongelmiento.
- (7) Molinos para la molienda de mineral aurífero.
- (8) Sedimentos finos procedentes del lavado de mineral aurífero en la zona baja del poblado Lunar de Oro.

El origen de La Rinconada se remonta a la época preincaica. Fue explorada y explotada por los españoles, quienes realizaron una explotación tanto de tipo aluvial como filoneano. El mayor número de rastros fueron borrados con el asentamiento actual de la población; sin embargo, quedan aún algunos en este caso: dos socavones, “Rubiola” y “Amor Nuevo”, considerados por los mineros como “bolsonadas de oro o pinta”. La zona es trabajada por mineros artesanales desde 1945 (OIT, 2005).

Hasta 2008 se estimó que había alrededor de 2 500 operadores mineros artesanales que realizaban labores de explotación minera en Ananea y que movilizaban hasta 45 000 m³/día de material morrénico aurífero (INGEMMET, 2008); no obstante, no se cuenta a la fecha con cifras oficiales, pero la disminución del número de mineros en las zonas de Pampa Blanca, Chaquiminas y Ananea es notoria.

Las áreas explotadas por los mineros “artesanales” se encontraban dentro de las antiguas concesiones de Minero Perú (Proyecto San Antonio de Poto), en la zona de Pampa Blanca y Vizcachani, con 7 120 Ha y reservas de 89,38 millones de m³, una ley de 0,33 g/m³ y

profundidades de hasta 30 m; mientras que en la zona de Chaquiminas había 2 000 Ha, con reservas de 14,68 MM m³, una ley de 0,31 g/m³ y una profundidad de 15 m (FRNU, 1990).

Las reservas geológicas de grava aurífera en las zonas de Chaquiminas, Vizcachani y Pampa Blanca, correspondientes al distrito de Ananea, reportadas por INGEMMET con base en las estimaciones de Naciones Unidas, han sido considerables (véase la tabla 3.6). Hoy se explota un gran porcentaje.

Tabla 3.6. Reservas geológicas de grava aurífera Pampa Blanca y Chaquiminas (Ananea)

Ley de corte	100 mg/m ³				150 mg/m ³				200 mg/m ³				
	Zona	Pot. (m)	Vol. x 1000 m ³	Tenor (mg Au/m ³)	Oro (kg)	Pot. (m)	Vol. x 1000 m ³	Tenor (mg Au/m ³)	Oro (kg)	Pot. (m)	Vol. x 1000 m ³	Tenor (mg Au/m ³)	Oro (kg)
Chaquiminas	6,47	25 094	241	6 053	3,62	14 682	310	4 546	1,99	8 162	392	3 200	
Vizcachani	15,46	64 623	236	15 276	8,93	37 203	299	11 117	5,55	23 189	354	8 209	
Pampa Blanca N	2,72	3 835	216	828	1,05	1 472	348	512	0,87	1 230	378	464	
Pampa Blanca E	10,6	8 989	275	2 470	4,86	4 124	430	1 771	1,86	1 575	788	1 242	
Pampa Blanca	16,13	115 203	278	32 072	11,7	83 782	328	27 446	7,04	50 306	402	20 224	
Total				56 699					45 392				

Fuente: Tomado de INGEMMET (2008). Fondo Rotatorio de las Naciones Unidas para la Explotación de los Recursos Naturales (FRNU).

Las Naciones Unidas estimaron que las reservas de oro en el ámbito de influencia de Pampa Blanca, Vizcachani y Chaquiminas llegaban a los 135 430 kg de oro, razón por la cual en los últimos diez años se ha intensificado la actividad minera ilegal, informal y formal, siendo esta la principal causa de contaminación del agua por la gran cantidad de sedimentos finos que afectan la calidad del agua de los ríos afluentes del río Ramis.

Figura 3.12

- (1) Panorámica del frente de lo que fue la morrena Vizcachani
- (2) Vista en la que se aprecia un chute en operación
- (3) Sedimentos finos generados por el lavado de mineral aurífero
- (4) Laguna Sillacunca fuente de agua para las operaciones mineras en Vizcachani y Pampa Blanca y receptora de vertimientos mineros.



Actualmente se estima que se ha explotado cerca del 80 % de la zona de Chaquiminas, 70 % de Pampa Blanca y 30 % de la morrena Vizcachani, lo que significa que en adelante la actividad minera continuará llevándose a cabo hasta terminar con las reservas auríferas.

3.2.2 Ayaviri-Pucará

3.2.2.1 Residuos sólidos y aguas residuales

En el ámbito de la cuenca del río Ayaviri-Pucará existen ocho centros urbanos (véase la tabla 3.8), que albergan la mayor cantidad de población y están ubicados todos a lo largo de la cuenca entre el río Santa Rosa hasta antes de la confluencia con el río Azángaro, y que pasan durante su recorrido cerca de Pucará y José Domingo Choquehuanca. La población urbana bordea los 32 606 habitantes.

Para el cálculo de los residuos sólidos se han tomado en cuenta los valores de generación per cápita (véase la tabla 3.7) reportados por el MINAM en 2012, los cuales fluctúan entre 0,455 kg/hab./día y 0,474 kg/hab./día; y para el caso del agua potable, un per cápita estimado de entre 100 L/persona/día y 120 L/persona/día (valores discrecionales), cifra considerada conservadora.

Tabla 3.7. Producción estimada de aguas residuales y residuos sólidos

Provincia	Distrito	Pob. urbana ¹	Generación de aguas residuales ²			Residuos sólidos	
			Q (L/s)	m ³ /año	Cuerpo receptor	GPC (kg/persona/día) ³	(TM/año) ⁴
Azángaro	JD Choquehuanca	3 505	3,2	102 346	Infiltración	0,474	606,40
Lampa	Chupa	1 865	1,7	10 804	Río Ayaviri-Pucará	0,455	61,45
	Pucará	1 874	1,7	54 721		0,474	324,22
Melgar	Ayaviri	18 656	20,7	653 706	Río Ayaviri-Pucará	0,260	3 227,67
	Llalli	2 423	2,2	70 752	Río Llallimayo	0,474	419,20
	Macarí	2 565	2,4	74 898	Río Macarimayo	0,474	443,77
	Santa Rosa	3 020	2,8	88 184	Río Santa Rosa	0,474	522,49
	Umachiri	677	0,6	19 768		0,455	112,43
Total general		33 090	34	1 075 179			5 717,64

Fuente: (1) Población estimada a 2015, con base en las estimaciones y proyecciones de población total y edades quinquenales, según departamento, provincia y distrito, 2005-2015 del INEI (2010. Boletín especial N.º 21). (2) Elaboración propia. (3) Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú, gestión 2012 (MINAM, 2012). (4) Elaboración propia.

Se estima que el volumen total de aguas residuales municipales que se genera anualmente en los centros urbanos de la cuenca, y que se vierte a los cuerpos naturales de agua, es de 1,1 Hm³/año, equivalente a un total de 34 L/s.

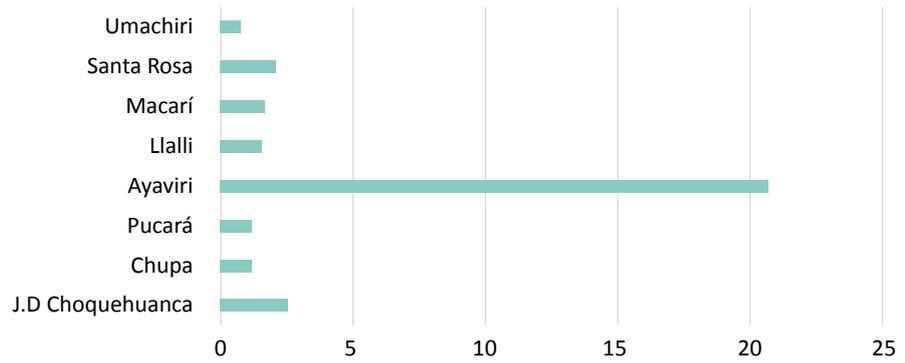


Figura 3.13

Caudales estimados de aguas residuales según centro urbano cuenca Ayaviri-Pucará.

	J.D Choquehuanca	Chupa	Pucará	Ayaviri	Llalli	Macarí	Santa Rosa	Umachiri
■ l/s	3,2	1,7	1,7	20,7	2,2	2,4	2,8	0,6

En cuanto a la cantidad total estimada de residuos sólidos, esta bordea las 5 717 TM/año, que son evacuadas en los botaderos municipales de cada centro urbano. La ciudad de Ayaviri, con una población de 18 656 habitantes, genera el 56,45 % del total.

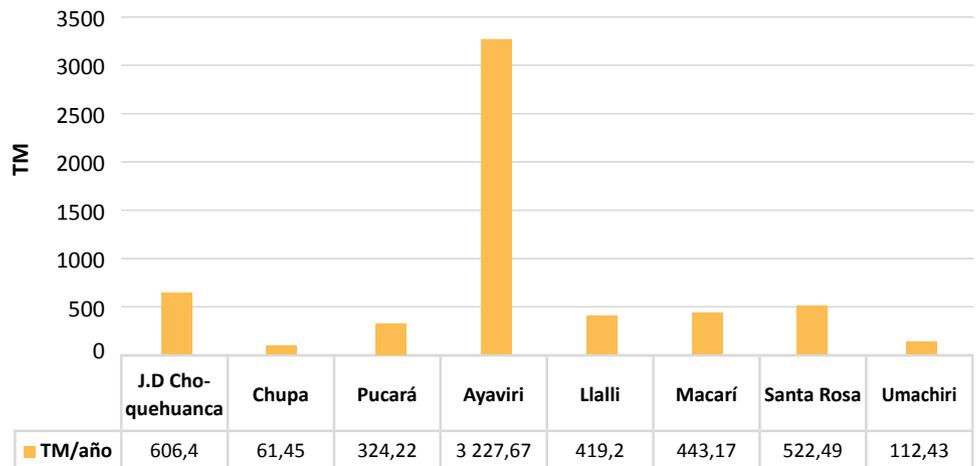


Figura 3.14

Generación de residuos sólido en los centros urbanos de la cuenca.

Durante varios años, los residuos sólidos de la ciudad de Ayaviri fueron arrojados en la zona suroeste de la ciudad, en un botadero a cielo abierto que ocupaba una superficie aproximada de 9000 m². Recientemente este ha sido cubierto (enterrado) con material suelto tipo grava (poroso), lo que en periodo lluvioso dará lugar a la infiltración del agua de lluvia a través del cuerpo de agua del botadero. Esta agua infiltrada, a su vez, llegará al río Ayaviri, ya que a menos de 30 m se encuentra una quebrada que nace aguas arriba que drena las aguas provenientes de la piscina de aguas termales de Ayaviri.

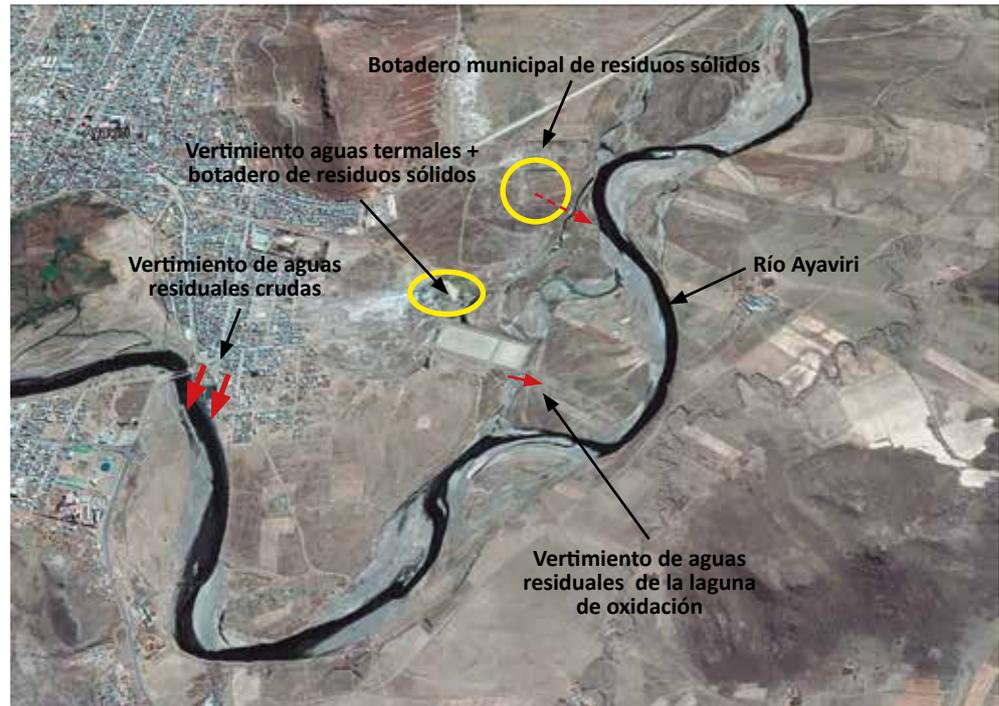


Figura 3.15

Imagen en la que se aprecian las fuentes contaminantes que afectan la calidad del agua del río Ayaviri.

Las aguas residuales municipales que se descargan a la altura del puente Ayaviri han causado un impacto severo en la calidad del agua, por lo menos en un tramo de aproximadamente 4 km aguas abajo. En los primeros 400 m, el agua del río toma en el periodo de estiaje un color pardo-marrón y contiene gran cantidad de lodos negros y basura; aguas abajo de este, como consecuencia de la contaminación orgánica, se observa el crecimiento atípico de macrofitos¹⁹ sumergidos (plantas acuáticas), entre ellas gran cantidad de la *Myriophyllum elatinoides* (hinojo llachu), *Elodea potamogeton* (yana llachu), *Zannichellia palustris* (siji llachu), *Spyrogira sp.* y *Oedogonium sp.*, conocidas con el nombre común de lacko, biomasa que al término de su ciclo biológico se convierte en materia orgánica que entra en el ciclo de descomposición anaeróbica y que en el periodo de lluvia es transportada aguas abajo a lo largo del cauce, formando parte de la carga de materia orgánica hacia el Titicaca. Esta situación pasa inadvertida por la población y las autoridades de Ayaviri.

19 **Macrófitos:** su definición literal es: “plantas que se ven a simple vista. Los macrófitos acuáticos designan un grupo funcional de vegetales muy heterogéneo desde el punto de vista sistemático y evolutivo, que es considerado elemento clave en las cadenas tróficas de los ecosistemas acuáticos. Abarca grupos tan distintos como plantas vasculares acuáticas, briófitos, carófitos y algas filamentosas. Se consideran buenos referentes de la calidad del agua, y proporcionan un valor indicador a mediano y largo plazo. Son sensibles a variaciones físico-químicas e hidromorfológicas en las masas de agua, como por ejemplo la concentración salina, la eutrofización, el régimen de inundación, etcétera.

Pueden clasificarse en diversas categorías atendiendo a la relación de la especie con el medio en el que vive y a su forma de crecimiento, en: **hidrófitos o macrófitos acuáticos en sentido estricto:** aquellas plantas que tienen todas sus estructuras vegetativas sumergidas o flotantes. Se incluye en este grupo a plantas vasculares, algunos géneros de briófitos y a las algas carófitas y filamentosas. Se encuentran enraizadas al sustrato o flotan libremente en el agua. Son los mejores indicadores del estado de su hábitat. **Helófitos:** plantas acuáticas de lugares encharcados con la mayor parte de su aparato vegetativo (hojas, tallos y flores) emergente. Se localizan en los bordes de las lagunas, charcas y zonas inundables no muy profundas. Suelen presentar un sistema de rizomas que permite la expansión subterránea de los individuos, que pueden colonizar rápidamente las áreas donde viven. Poseen un menor valor como indicadores de calidad del ecosistema que los hidrófitos. Ejemplos: carrizo (*Phragmites australis*), enea (*Typha domingensis*), junco de laguna (*Schoenoplectus lacustris*), castañuela (*Bolboschoenus maritimus*), junco florido (*Butomus umbellatus*), etcétera. **Higrófitos o plantas de borde:** plantas que se sitúan sobre suelos húmedos en los bordes de los humedales, y que suelen acompañar a los helófitos. Ejemplos: apio borde (*Apium nodiflorum*), berro (*Rorippa nasturtium-aquaticum*), etcétera (Cirujano, Meco y Cezón, 2010).

3.2.2.2 Pasivos ambientales mineros En la subcuenca del río Ayaviri-Pucará, el Ministerio de Energía y Minas ha reportado la presencia de veintisiete pasivos ambientales mineros (véase la tabla 3.8).

Tabla 3.8. Pasivos ambientales mineros en el ámbito de la cuenca Ayaviri-Pucará

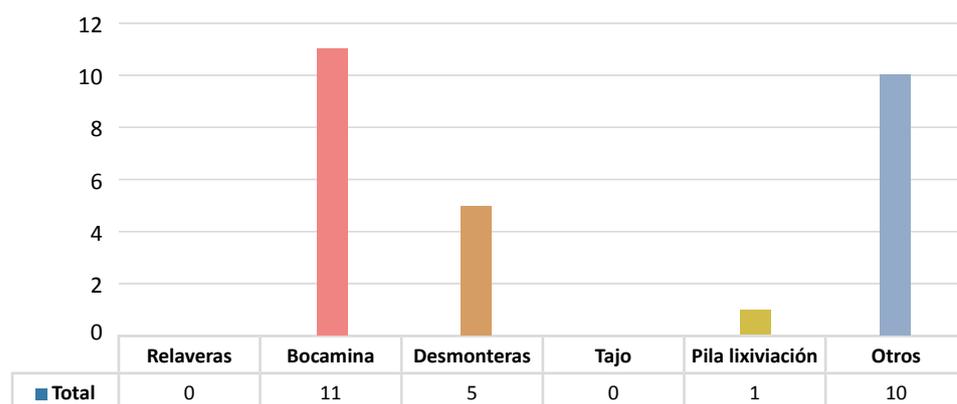
N.º	Nombre del pasivo ambiental	Subtipo	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM WGS84 – ZONA 19		Cuerpo de agua superficial cercano*
					Este	Norte	
1	El Carmen	Bocamina	Lampa	Pucara	353 593	8 332 121	Río Pucara
2	El Carmen	Bocamina	Lampa	Pucara	353 465	8 331 987	Río Pucara
3	El Carmen	Bocamina	Lampa	Pucara	353 441	8 332 023	Río Pucara
4	El Carmen	Bocamina	Lampa	Pucara	353 413	8 331 953	Río Pucara
5	El Carmen	Bocamina	Lampa	Pucara	353 479	8 332 100	Río Pucara
6	El Carmen	Bocamina	Lampa	Pucara	353 408	8 331 975	Río Pucara
7	El Carmen	Desmonte de mina	Lampa	Pucara	353 479	8 332 100	Río Pucara
8	El Carmen	Desmonte de mina	Lampa	Pucara	353 467	8 331 987	Río Pucara
9	Marina Zinco	Bocamina	Lampa	Palca	310 957	8 308 296	Río Vilcamarca
10	Marina Zinco	Bocamina	Lampa	Palca	310 804	8 308 835	Río Vilcamarca
11	Marina Zinco	Bocamina	Lampa	Palca	310 919	8 308 901	Río Vilcamarca
12	Marina Zinco	Bocamina	Lampa	Palca	310 710	8 308 520	Río Vilcamarca
13	Marina Zinco	Bocamina	Lampa	Palca	310 742	8 308 837	Río Vilcamarca
14	Marina Zinco	Desmonte de mina	Lampa	Palca	310 939	8 308 292	Río Vilcamarca
15	Marina Zinco	Desmonte de mina	Lampa	Palca	310 696	8 308 826	Río Vilcamarca
16	Marina Zinco	Desmonte de mina	Lampa	Palca	310 903	8 308 936	Río Vilcamarca
17	Marina Zinco	Chimenea	Lampa	Palca	310 773	8 308 828	Río Vilcamarca
18	Marina Zinco	Chimenea	Lampa	Palca	310 724	8 308 890	Río Vilcamarca
19	Marina Zinco	Chimenea	Lampa	Palca	310 788	8 308 827	Río Vilcamarca
20	Marina Zinco	Chimenea	Lampa	Palca	310 924	8 308 880	Río Vilcamarca
21	Marina Zinco	Chimenea	Lampa	Palca	310 715	8 308 874	Río Vilcamarca
22	Marina Zinco	Chimenea	Lampa	Palca	310 913	8 308 899	Río Vilcamarca
23	Marina Zinco	Media barreta	Lampa	Palca	310 984	8 308 137	Río Vilcamarca
24	Marina Zinco	Pique	Lampa	Palca	310 703	8 308 806	Río Vilcamarca
25	Marina Zinco	Pique	Lampa	Palca	310 707	8 308 830	Río Vilcamarca
26	Marina Zinco	Tajeo comunicado	Lampa	Palca	310 708	8 308 816	Río Vilcamarca
27	Pilas de lixiviación Cojela	Pila de lixiviación	San Roman	Juliaca	387 805	8 295 257	Río CCacamarca

Fuente: RM N.º 102-2015-MEM/DM.

Del total de pasivos existentes en la cuenca, ocho son bocaminas; cinco, desmonteras; una corresponde a una pila de lixiviación, y quince a otro tipo de pasivos ambientales. No se ha reportado presencia de relaveras y tajos.

Figura 3.16

Cantidad y tipo de pasivos ambientales mineros en la subcuenca Ayaviri-Pucará.



3.2.2.3 Inventario de fuentes contaminantes

Las fuentes contaminantes identificadas por la Administración Local del Agua de Ramis están representadas por vertimientos de aguas residuales industriales, vertimientos de aguas residuales municipales y botaderos municipales de residuos sólidos (véase la tabla 3.9).

Tabla 3.9. Vertimientos de aguas residuales en el ámbito de la cuenca del río Ayaviri-Pucará

N.º	Tipo de vertimiento	Cuerpo receptor	Caudal (L/s)	Responsable	Coordenadas	
					Este	Norte
Vertimientos industriales						
V-In1	VI – Planta quesera “El Cajamarquino”	Río Macari	0,3	Planta quesera “El Cajamarquino”	311 226	8 362 909
V-In2	VI – Centro de Investigación Chuquibambilla	Río Santa Rosa	0,5	Universidad Nacional del Altiplano, Puno	314 099	8 363 941
V-In3	VI – Camal Municipal de Ayaviri	Río Ayaviri	2,0	MD de Melgar	328 512	8 353 058
V-In4	VI – Planta quesera	Río Santa Rosa	0,3	Fundo Queque Norte	297 183	8 390 777
V-In5	VI – Planta de producción “La Raya”	Río Aco Ñusa	1	Universidad Nacional del Altiplano, Puno	291 028	8 396 257
V-In6	VI – Planta quesera	Río Macari	0,3	No identificado	310 798	8 362 814
Total (L/s)			4,4			
Vertimientos de aguas residuales municipales						
VARm-1	ARM – Poza séptica del CP de Kunurana Alto-Santa Rosa	Río Santa Rosa	0,2	CP de Kunurana Alto	296 901	8 391 806
VARm-2	ARM – Distrito de Santa Rosa	Río Santa Rosa	9,0	MD de Santa Rosa	308 161	8 383 845
VARm-3	ARM – Distrito de Macarí	Río Macari	0,3	MD de Macari	296 148	8 366 426
VARm-4	ARM – Laguna facultativa del distrito de Cupi	Río Cupimayo	0,8	MD de Cupi	300 475	8 352 160
VARm-5	ARM – PTAR del distrito de Ocuvi.	Río Ocuvi	0,6	MD de Ocuvi	295 460	8 328 042
VARm-6	ARM – Laguna facultativa del distrito de Melgar	Río Ayaviri	20,0	EPS Aguas del Altiplano-Ayaviri	329 490	8 352 889
VARm-7	ARM – PTAR del distrito de José Domingo Choquehuanca	Río Pucara	0,2	MD de José Domingo Choquehuanca	355 400	8 337 788
VARm-8	ARM – PTAR del distrito de José Domingo Choquehuanca	Río Pucara	0,2	MDI de José Domingo Choquehuanca	355 403	8 337 674
VARm-9	ARM – PTAR del distrito de José Domingo Choquehuanca	Río Pucara	0,4	MD de José Domingo Choquehuanca	354 247	8 336 882
VARm-10	ARM – PTAR del distrito de José Domingo Choquehuanca	Río Pucara	1,0	MD de José Domingo Choquehuanca	354 533	8 336 684
VARm-11	ARM – Laguna facultativa del distrito de Pucara	Río Pucara	2,5	MD de Pucara	354 077	8 336 144
VARm-12	ARM – Laguna facultativa del distrito de Calapuja	Río Pucara	0,5	MD de Calapuja	369 272	8 307 366
Total generado			36,20			

Fuente: ALA–Ramis 2015 (V-in = vertimiento de agua residual industrial. VARm = vertimiento de agua residual municipal).

Nota: los vertimientos de aguas residuales industriales procedentes de plantas queseras son de tipo intermitente y sus descargas se realizan entre las 7 horas y las 10 horas.

En la subcuenca del río Ayaviri-Pucará se han registrado 6 vertimientos industriales (véase la tabla 3.10), con un caudal total de 4,4 L/s (138 758 m³/año) y 12 vertimientos de aguas residuales municipales que se vierten a diversos cursos de agua. El caudal total de 36,20 L/s, equivalente a 1 141 603 m³. Es una fuente importante de aporte de contaminantes orgánicos, nutrientes y biológicos.

Tabla 3.10. Inventario de botaderos de residuos sólidos en la subcuenca Ayaviri-Pucará

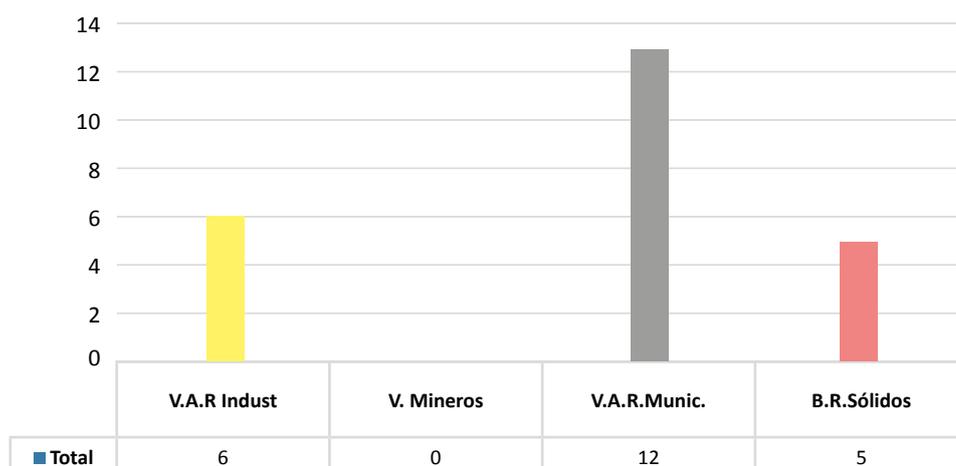
Cód.	Tipo	Zona	Responsable	Coordenadas	
				Este	Norte
BMrs-1	BM residuos sólidos	Margen izquierda del río Llallimayo, a 300 m del cauce	MD de Llalli	296 114	8 344 810
BMrs-2	BM residuos sólidos	Margen izquierda del río S. Rosa, a 200 m del cauce.	MD de Santa Rosa	304 737	8 384 892
BMrs-3	BM residuos sólidos	Margen izquierda del río Ayaviri	MP de Melgar	330 555	8 333 317
BMrs-4	BM residuos sólidos	A 190 m del cauce del río Pucará, margen derecha	MD de Pucará	353 101	8 337 429
BMrs-5	BM residuos sólidos	En trinchera	MD de José Domingo Choquehuanca	357 098	8 338 341

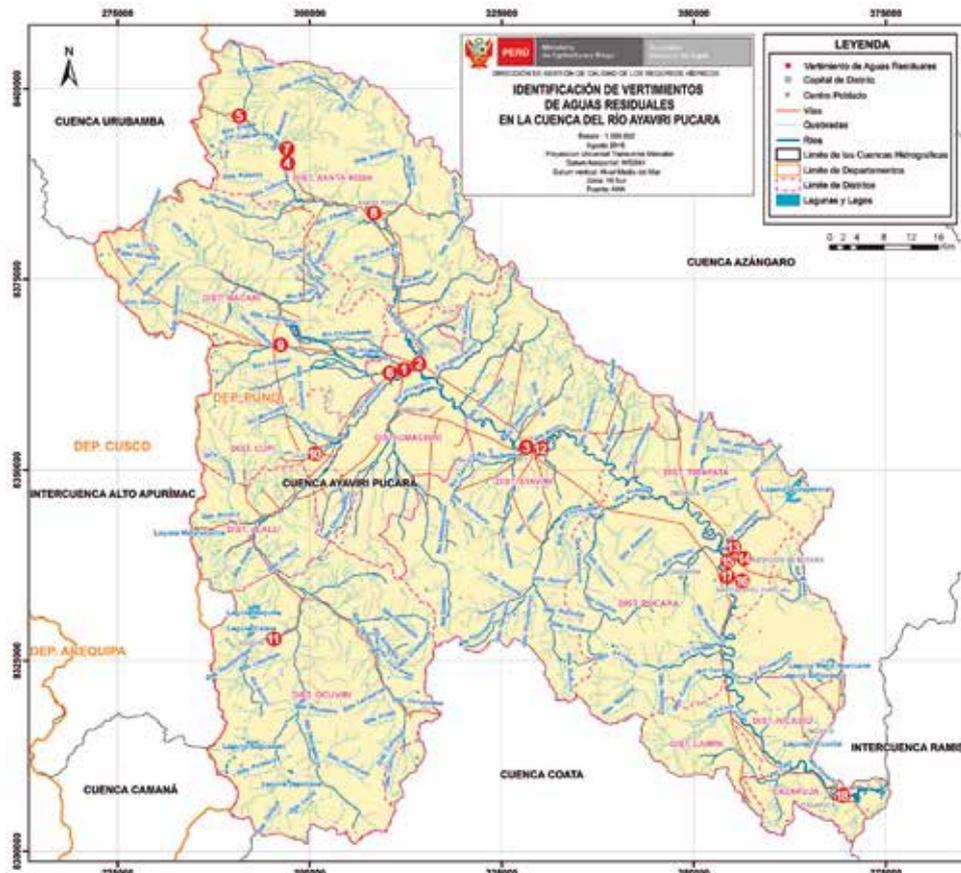
Fuente: ALA-Ramis 2015 (BMrs = botadero municipal de residuos sólidos. BMrs= botadero municipal de residuos sólidos).

Con respecto a la presencia de botaderos municipales de residuos sólidos, se registraron 5 (véase la tabla 3.10), la mayoría de ellos muy cercanos a cuerpos de agua, como el botadero municipal de Ayaviri, que se ubica a 70 m de un brazo del río Ayaviri, en la margen izquierda, y que 400 metros más abajo confluye con el río Ayaviri; y el botadero de Pucará, en la margen derecha, a 190 m del cauce del río Pucará (véase mapas adjuntos).

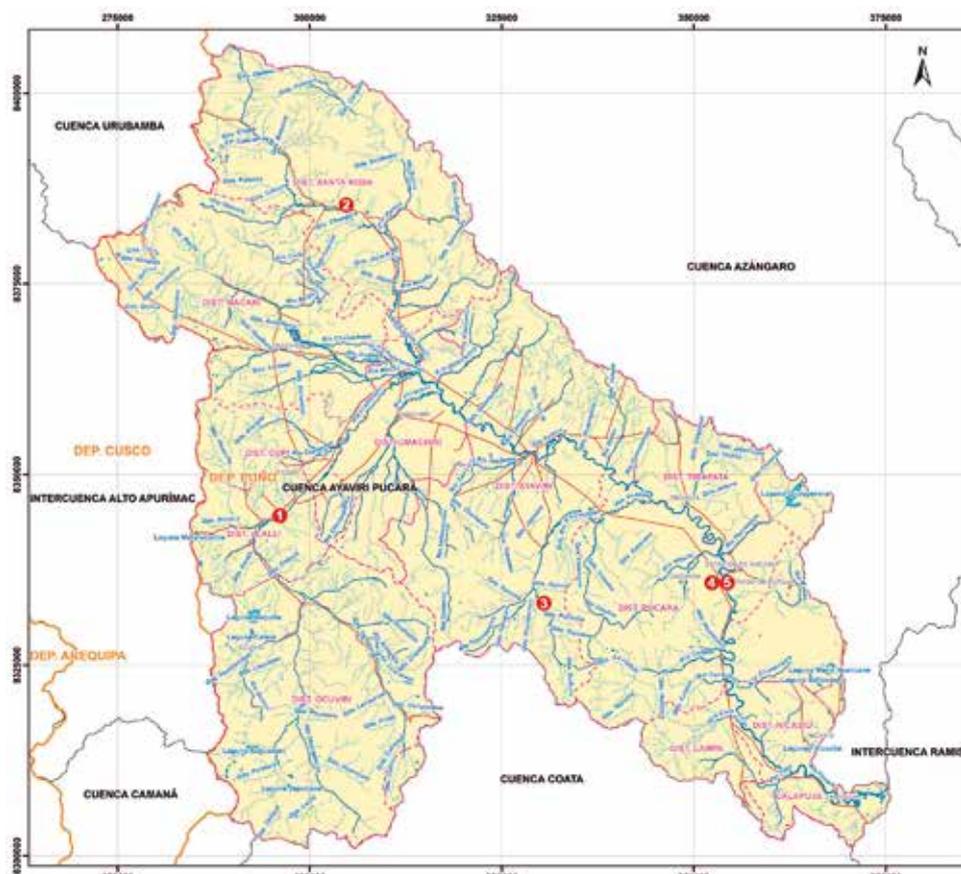
Figura 3.17

Cantidad y tipo de fuentes contaminantes en la subcuenca Ayaviri-Pucará.

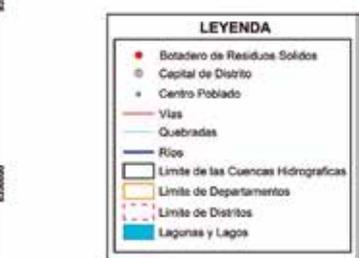




VERTIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN EL AMBITO DE LA CUENCA AYAVIRI PUCARA				
N°	CODIGO	TIPO DE VERTIMIENTO	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
VERTIENTOS DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES				
1	V-I-1	V.I - planta quesera "El Casamarcino"	311 228	8 362 509
2	V-I-2	V.I - centro de Investigación Chuchubambilla	314 029	8 363 941
3	V-I-3	V.I - canal municipal de Ayaviri	328 512	8 353 058
4	V-I-4	V.I - planta quesera	297 153	8 390 777
5	V-I-5	V.I - planta de producción "La Raya"	291 028	8 396 257
6	V-I-6	V.I - planta quesera	310 708	8 362 814
VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES				
7	VARm-1	A.R.M - poza séptica del Centro Poblado de Kurusana Alto-Santa Rosa	296 901	8 391 806
8	VARm-2	A.R.M - distrito de Santa Rosa	308 101	8 383 845
9	VARm-3	A.R.M - distrito de Macari	296 148	8 366 426
10	VARm-4	A.R.M - laguna facultativa del distrito de Cuzil	300 475	8 352 180
11	VARm-5	A.R.M - PTAR del distrito de Ocaviri	295 480	8 328 042
12	VARm-6	A.R.M - laguna facultativa del distrito de Provincial de Melgar	329 430	8 352 889
13	VARm-7	A.R.M - PTAR del distrito de José Domingo Choquehuanca	355 400	8 337 758
14	VARm-8	A.R.M - PTAR del distrito de José Domingo Choquehuanca	355 403	8 337 874
15	VARm-9	A.R.M - PTAR del distrito de José Domingo Choquehuanca	354 247	8 338 982
16	VARm-10	A.R.M - PTAR del distrito de José Domingo Choquehuanca	354 533	8 336 694
17	VARm-11	A.R.M - laguna facultativa del distrito de Pucará	354 077	8 335 144
18	VARm-12	A.R.M - la laguna facultativa del distrito de Cillapea	369 272	8 307 365



INVENTARIO DE BOTADEROS DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL AMBITO DE LA CUENCA AYAVIRI PUCARA				
N°	CODIGO	DESCRIPCION	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
1	BIm-1	B.M. residuos sólidos	296 114	8 344 810
2	BIm-2	B.M. residuos sólidos	304 737	8 364 892
3	BIm-3	B.M. residuos sólidos	330 555	8 333 317
4	BIm-4	B.M. residuos sólidos	353 101	8 337 420
5	BIm-5	B.M. residuos sólidos	357 098	8 338 341



0 2 4 8 12 16 Km

PERU Ministerio de Agricultura e Irrigación | Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos

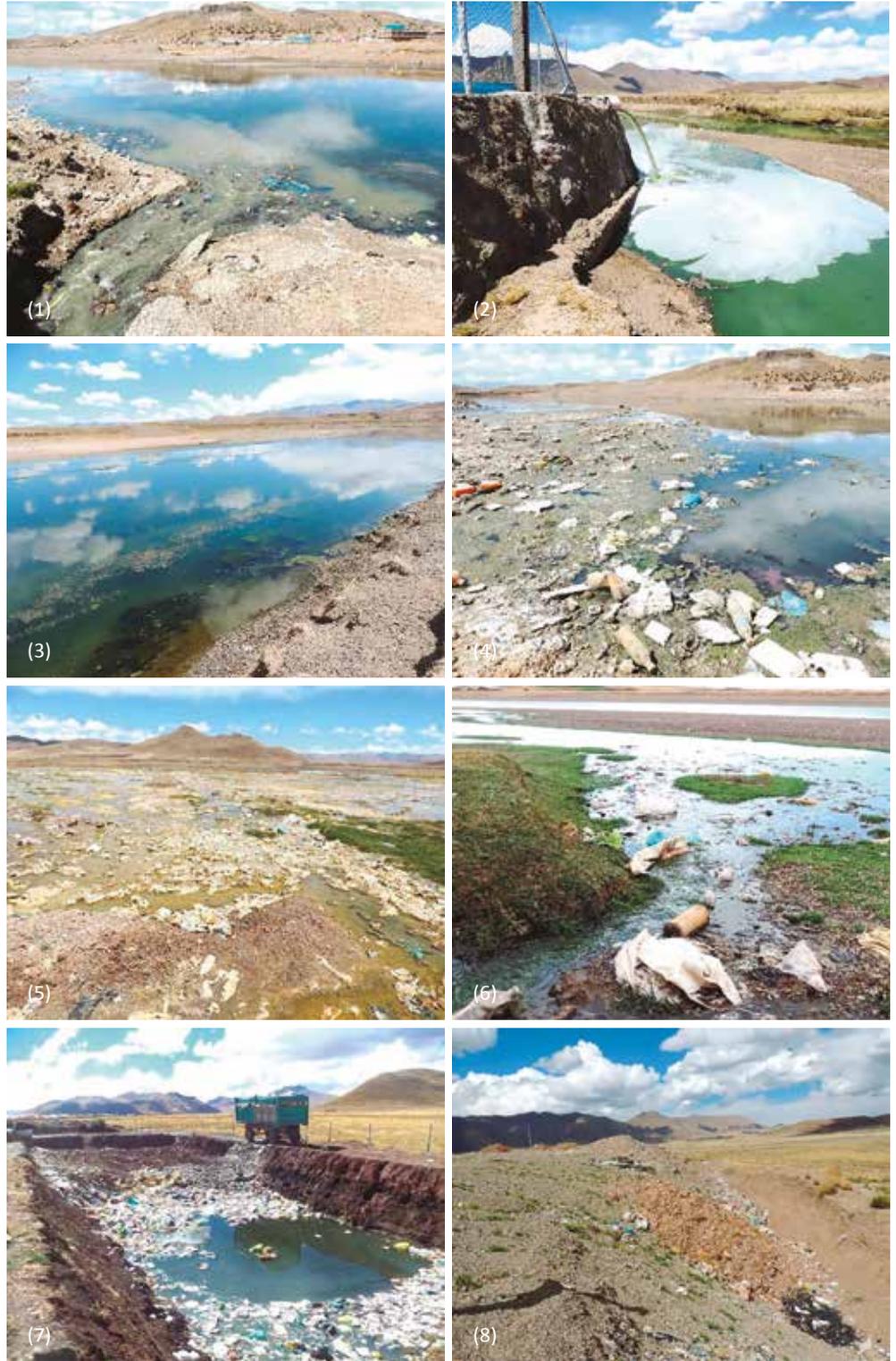
DIRECCION DE GESTION DE CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS

IDENTIFICACION DE BOTADEROS DE RESIDUOS SOLIDOS EN LA CUENCA DEL RIO AYAVIRI PUCARA

Escala: 1:300 000
 Agosto 2018
 Proyección Universal Transversal Mercator
 Datum Nacional 1920B
 Datum vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 18 Sur
 Fuente: INIA

Figura 3.18

- (1) Vertimiento de aguas residuales municipales al río Ayaviri procedente de la ciudad de Ayaviri.
- (2) Vertimiento de aguas residuales municipales de la laguna de oxidación de Ayaviri al río Pucará.
- (3) Río Ayaviri; a 2 km del puente Ayaviri se observó abundante presencia de macrofitos indicadores de eutrofización.
- (4) Cauce del río Ayaviri contaminado con aguas residuales y basura.
- (5) Botadero de basura mezclada con aguas termales.
- (6) Vertimiento de aguas residuales municipales procedentes de las lagunas de oxidación de Pucará.
- (7) Botadero municipal del poblado J. D. Choquehuanca.
- (8) Botadero municipal de residuos sólidos de Ayaviri, "tapado" con material gravoso, que facilita la infiltración y generación de lixiviados que drenarán hacia el cauce del río.



3.2.2.4 Fuentes de contaminación difusa²⁰

Otras actividades económicas importantes de las cuales no se tiene información pero que, debido a los desechos producto del metabolismo, generan gran cantidad de excretas líquidas y sólidas, son la ganadería y la agricultura. En el caso de la primera, está conformada por la crianza de ganado vacuno, ovino, camélido, etcétera. Todos los animales de sangre caliente son fuente importante de microorganismos patógenos, razón por la cual se los puede considerar fuente de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Pero también tienen la posibilidad de contribuir con los procesos de eutrofización de las aguas superficiales, debido al aporte de materia orgánica, y nutrientes. Además, pueden provocar la contaminación de las masas de agua subterránea, debido a la infiltración de los compuestos orgánicos y nutrientes, incrementando la concentración de nitratos y nitritos.

Los residuos sólidos de origen ganadero son muy heterogéneos; están formados por las deyecciones sólidas y líquidas, las camas y restos de alimentos, fitosanitarios y antibióticos. Las deyecciones se pueden dividir en dos grandes grupos: estiércoles y purines (orina), cuya cantidad diaria por animal es equivalente al 7 % de su peso vivo. Este tipo de desecho se caracteriza por su alta concentración de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y metales pesados (Rodríguez, 2002).

En el caso de la agricultura, puede ser una fuente de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, en menor o mayor grado, debido a la tendencia al uso intensivo de agroquímicos (fertilizantes sintéticos y plaguicidas).

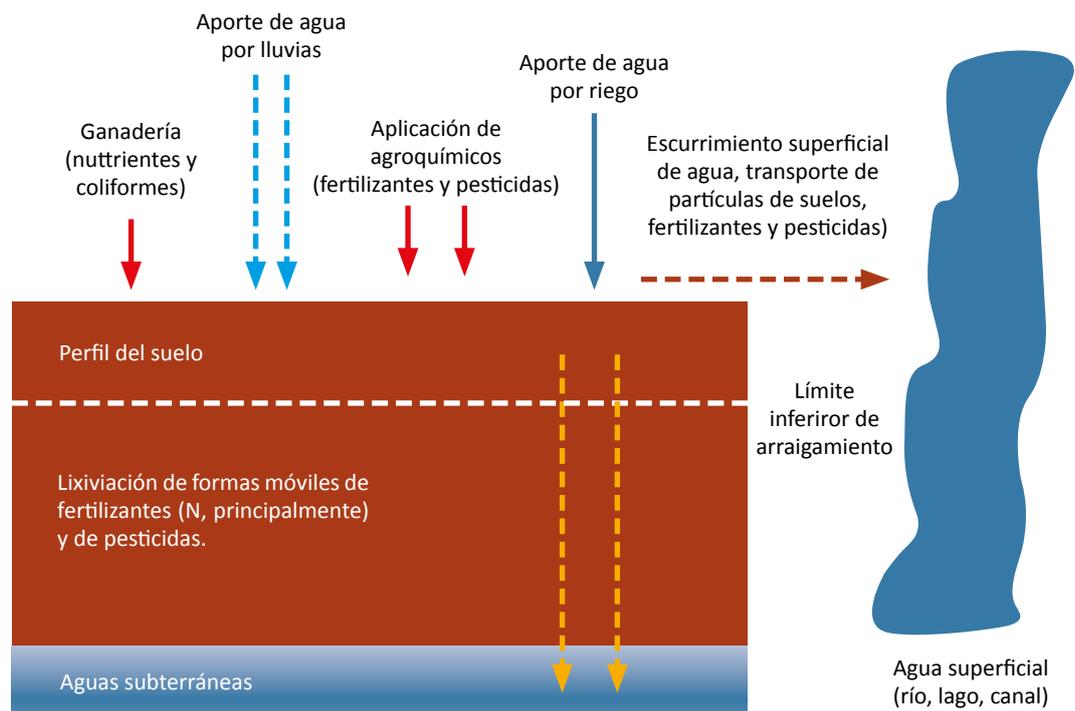


Figura 3.19

Esquema simplificado del proceso de contaminación difusa de aguas continentales (tomado y adaptado de González, 2007).

20 Contaminación difusa: la contaminación difusa se genera por la sumatoria de pequeños aportes individuales desde sitios diversos —cada uno con un aporte imperceptible— y que se repiten periódicamente por periodos largos de tiempo, generando efectos acumulativos. Una característica básica de esta contaminación es que sus impactos no son locales sino que tienden a afectar toda una cuenca hidrográfica, incluyendo el área marina asociada (González, 2007).

La contaminación de las aguas subterráneas por las actividades agropecuarias puede afectar directamente su uso con fines poblacionales en el ámbito rural. Su utilización se ve afectada por el alto costo que implica su tratamiento.

En el ámbito de estudio existen zonas de alta presión agropecuaria, como la irrigación Cabana-Mañazo, la zona baja de la cuenca del río Coata y el área circunlacustre de la bahía Mayor de Puno, Taraco, Ramis, Pilcuyo, entre otras, cuyos cuerpos de agua aledaños pueden ser afectados por la eutrofización, debido a la mayor disponibilidad de nutrientes.

El principal efecto es la eutrofización, caso particular de polución, que se produce por aumento de disponibilidad de nutrientes, especialmente aquellos que constituyen factores limitantes para el desarrollo de organismos fotosintéticos como algas y macrófitas. Una masa de agua pasa de un estado oligotrófico (de baja productividad) a otro eutrófico (de elevada productividad) si se ve favorecida principalmente por estos nutrientes (fósforo y nitrógeno) y por acción de la temperatura del medio. El N y el P, que se encuentran en proporciones considerables en los residuos ganaderos, provocan los daños aludidos, puesto que la materia orgánica, salvo vertido directo, no produce problemas de contaminación.

3.2.3 Cuenca del río Coata

3.2.3.1 Aguas residuales y residuos sólidos

En la cuenca del río Coata existen nueve ciudades (véase la tabla 3.11), que cuentan con una población urbana total de 280 523 habitantes, según proyecciones del INEI (2013). La ciudad de Juliaca es el centro urbano más habitado, pues allí viven un poco más de 268 mil habitantes; y es también, por eso mismo, la urbe de la cuenca del Titicaca que genera la mayor cantidad de aguas residuales municipales y de residuos sólidos. Las primeras son derivadas a las lagunas de oxidación (actualmente colapsadas), y los segundos al botadero municipal Chilla, que ocupa una superficie aproximada de 6 hectáreas, colindantes con las lagunas de oxidación. Para el cálculo de la cantidad de aguas residuales se ha tomado como referencia una dotación per cápita del orden de los 140 L/persona/día, y una tasa de retorno en aguas residuales del 80 %; y para el resto de centros urbanos se ha considerado un per cápita de 100 L/persona/día y la misma tasa de retorno.

Tabla 3.11. Producción estimada de aguas residuales y residuos sólidos

Provincia	Distrito	Pob. urbana ¹	Generación de aguas residuales ²			Residuos sólidos	
			Q (L/s)	m ³ /año	Cuerpo receptor	GPC (kg/persona/día) ³	(TM/año) ⁴
Lampa	Lampa	4 552	4,2	132 451,2	Río Lampa	0,474	787,5
	Ocuviri	948	0,9	27 682,0	Río Ocuviri	0,455	157,4
	Palca	981	0,9	28 645,0	Río Palca	0,455	163,2
	Vila Vila	1 716	1,6	50 107,0	Río Vila Vila	0,455	285,0
	Santa Lucía	4 909	5,0	143 343,0	Río Santa Lucía	0,474	849,3
Puno	Coata	2 542	2,0	74 226,0	Río Coata	0,474	439,8
San Román	Cabana	792	1,0	23 126,0	Río Cabanillas	0,455	131,5
	Paratía	1 888	2,0	55 130,0	Río Paratía	0,455	314,1
	Cabanillas	2 374	2,0	69 321,0	Río Cabanillas	0,474	394,3
	Juliaca	268 018	322,6	10 173 963	Río Coata/R. Torococha	0,523	51 163,3
Total general		280 523	341,2	10 754 868,5			54 553,9

Fuente: (1) Población estimada a 2015 con base en las estimaciones y proyecciones de población total y edades quinquenales, según departamento, provincia y distrito, 2005-2015 (INEI, 2010. Boletín especial N.º 21). (2) Elaboración propia. (3) Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú, gestión 2012 (MINAM, 2012). (4) Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 3.11, se estima que los nueve centros urbanos del ámbito de la cuenca del río Coata vierten anualmente a los diversos afluentes del río Coata un volumen de 10,7 Hm³ de aguas residuales crudas (341,2 L/s); mientras que la generación total de residuos sólidos se ha estimado en un poco más de 54 mil toneladas anuales, de las cuales el 93,56 % (51 163 TM) es producido por la ciudad de Juliaca y equivale a una producción per cápita de 0,523 kg/persona/día (MINAM, 2012). En los nueve centros urbanos restantes estas cifras fluctúan entre 0,455 kg/persona/día y 0,474 kg/persona/día.

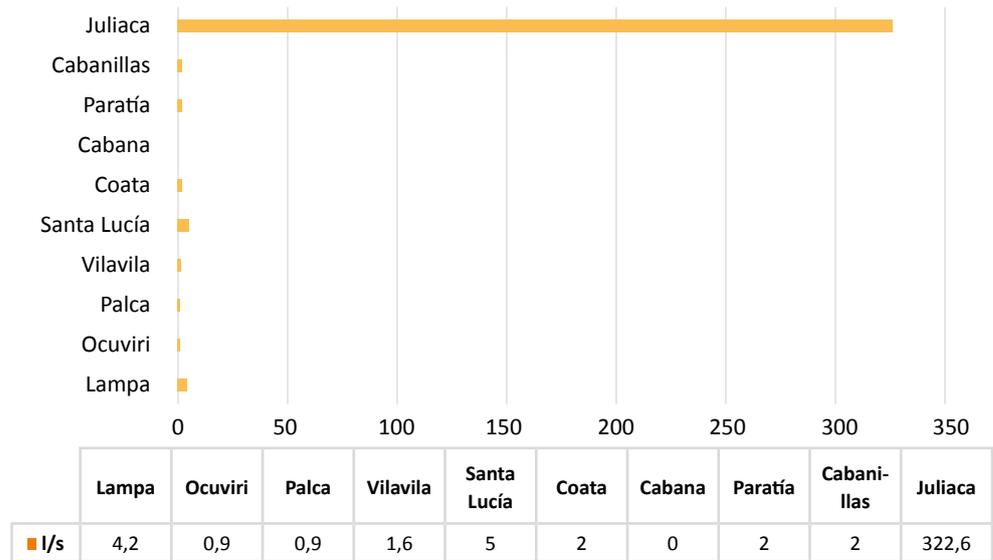


Figura 3.20

Caudales estimados de aguas residuales según centro urbano cuenca del río Coata.

Gran parte de la basura que genera la ciudad de Juliaca es llevada al botadero municipal de Chilla, ubicado a menos de 150 m del área urbana. Este botadero tiene una superficie aproximada de 7,9 Ha y se inunda en el periodo de lluvias, lo que genera lixiviados; una parte de ellos drena directamente hacia el río Torococha, y la otra se infiltra en el terreno.

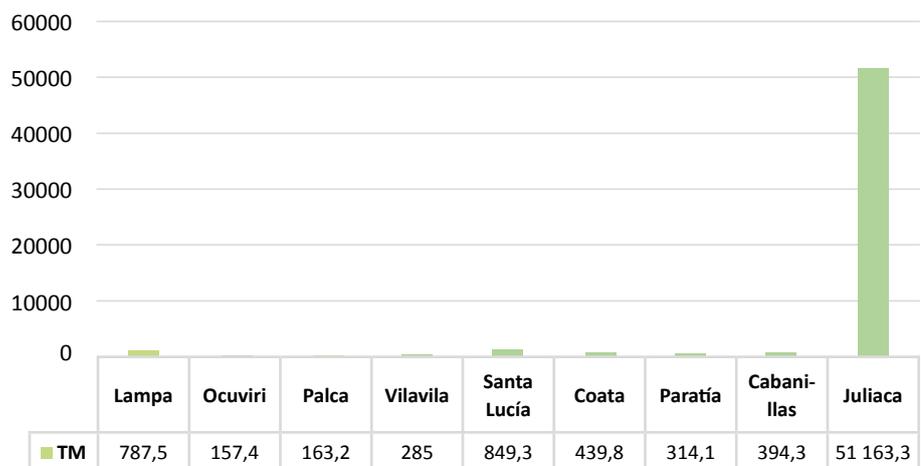


Figura 3.21

Generación de residuos sólido en los centros urbanos de la cuenca del río Coata.

En agosto de 2014, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) realizó el monitoreo ambiental de los espacios ubicados en las inmediaciones del botadero municipal, actividad que incluyó la evaluación de la calidad del suelo (7 puntos), aire (2 puntos) y agua subterránea (2 puntos). El OEFA precisó que el nivel freático se encontraba a 2,5 m de profundidad. En las tablas 3.12 y 3.13 se presentan, a manera de referencia, los resultados de los análisis de muestras de suelos y aguas subterráneas, respectivamente.

Tabla 3.12. Calidad del agua subterránea en el ámbito de influencia del botadero municipal Chilla

Parámetro	Unidad	ECA-Suelo	Código de referencia de la muestra						
			S-14/22404	S-14/22405	S-14/22406	S-14/22407	S-14/22408	S-14/22409	S-14/22410
CN libre	mg/kg	0,9	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
As total	mg/kg	50	38,00	7,59	5,33	1,97	37,20	6,49	6,65
Ba total	mg/kg	750	140	220	229	171	391	131	130
Cd total	mg/kg	1,4	0,3	0,4	0,3	0,2	0,4	0,2	0,3
Cr VI	mg/kg	0,4	21,3	18,8	25,1	30,3	24,5	14,9	22,0
Hg total	mg/kg	6,6	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
Pb total	mg/kg	70	19,5	21,6	24,3	19,9	23,3	19,8	23,3

Fuente: Informe N.°0065 2015-OEFA/DS-SEP, sobre la base de los resultados del Laboratorio AGQ Perú S.A.C., 2014.

Nota: si se comparan referencialmente los resultados reportados, se observa que el CN libre y el Cromo VI transgreden el ECA-Agua categoría 3.

Tabla 3.13. Parámetros inorgánicos para la calidad ambiental del suelo – Botadero de Chilla-Juliaca

Parámetro	Unidad	ECA-agua Cat. 3*	Código			
			M-1		M-2	
			Coordenadas UTM (WGS 84)			
			Este	Norte	Este	Norte
			381 699	8 286 036	381 599	8 286 066
Demanda química de oxígeno	mg/L	40	945,7		9,6	
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15	230		2	
Aceites y grasas	mg/L	1	11,5		4,5	
Fenoles	mg/L	0,001	0,001		0,001	
Inorgánicos						
Aluminio	mg/L	5	0,0221		0,0295	
Arsénico	mg/L	0,05	0,0254		0,1134	
Bario total	mg/L	0,7	0,0696		0,7701	
Boro	mg/L	0,5-6	0,3226		0,885	
Cadmio	mg/L	0,005	0,0012		0,0002	
Cobalto	mg/L	0,05	0,0003		0,0014	
Cobre	mg/L	0,2	0,0024		0,0137	
Cromo VI	mg/L	0,1	--		--	
Hierro	mg/L	1	0,0282		0,1848	
Litio	mg/L	2,5	0,0504		0,2096	
Magnesio	mg/L	150	45,8695		91,5715	
Manganeso	mg/L	0,2	0,0065		8,494 9	
Mercurio	mg/L	0,001	0,0001		0,0001	
Níquel	mg/L	0,2	0,0013		0,0073	
Plata	mg/L	0,05	0,0002		0,0002	
Plomo	mg/L	0,05	0,0131		0,0043	
Selenio	mg/L	0,05	0,0002		0,0002	
Zinc	mg/L	2	0,0147		0,0102	
Detergentes y plaguicidas						
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	1	0,06		0,02	
Aldrin (CAS 309-00-2)	µg/L	0,004	0,01		0,01	
Clordano (CAS 57-74-9)	µg/L	0,3	0,01		0,01	
DDT	µg/L	0,001	0,01		0,01	
Dieldrin (CAS 72-20-8)	µg/L	0,7	0,01		0,01	
Endosulfan	µg/L	0,02	0,01		0,01	
Endrin	µg/L	0,004	0,01		0,01	
Heptacloro (CAS 76-44-8) y Heptacloripoxido	µg/L	0,1	0,01		0,01	
Lindano	µg/L	4	0,01		0,01	
Paration	µg/L	7,5	0,01		0,01	

Fuente: Informe N.º0065 2015-OEFA/DS-SEP, sobre la base de los resultados del Laboratorio AGQ Perú S.A.C., 2014.

Parámetros que transgreden el ECA-Agua Categoría 3: (Evaluación referencial)

Notas:

M-1 = pozo ubicado en el interior del vivero municipal, muy cerca de la zona oeste del botadero municipal.

M-2 = pozo ubicado al ingreso del botadero, a 120 m.

Como se observa en la tabla 3.12, los análisis realizados por el OEFA en siete muestras de suelo indican que contiene altas concentraciones de CN libre,²¹ con 1,6 mg/kg en todas las muestras, cantidad que excede el valor del ECA suelo (0,9 mg/kg), y Cr VI,²² cuyas concentraciones fluctúan entre 14,9 mg/kg y 30,3 mg/kg. Si bien es cierto que la información presentada es específica, los resultados demuestran claramente que los botaderos de residuos sólidos municipales son una importante fuente de contaminación no solo del suelo sino también del agua.



Figura 3.22

Imagen satelital en la que se aprecian los puntos de monitoreo de calidad de aguas subterráneas en zonas aledañas al botadero municipal Chilla.

Los resultados de los análisis de aguas subterráneas correspondientes a dos pozos (M-1 y M-2) aledaños al botadero municipal revelan una alta contaminación del agua, a juzgar por las elevadas concentraciones de DQO (945,7 mg/L), DBO₅ (230 mg/L), aceites y grasas, fenoles, arsénico, bario, boro, manganeso, así como la presencia de plaguicidas. Si se extrapolan las condiciones de la calidad ambiental de este botadero a los del resto de municipalidades del ámbito de la cuenca del lago Titicaca, el problema de la contaminación ambiental, y en particular del agua subterránea y superficial, puede ser similar, aunque posiblemente de menor magnitud.

3.2.3.2 Lavado de vehículos y ropa en el cauce del río Coata

Otra de las fuentes contaminantes directas que pasa inadvertida es el lavado de ropa y de vehículos en el río Coata, actividad que realizan de manera cotidiana los pobladores de la zona, tanto aguas arriba como aguas abajo de los puentes Independencia y Cacachi. Esta es una actividad que aporta detergentes, aceites y grasas, entre otros compuestos químicos ajenos a la naturaleza química del agua.

21 Cianuro libre: los cianuros libres se definen como formas de cianuro molecular y iónico liberadas en disolución acuosa por la disolución y disociación (o ionización) de compuestos cianurados simples y complejos. Por consiguiente, el término cianuro libre se limita a dos especies, el ión cianuro (CN⁻) y el ácido cianhídrico o cianuro de hidrógeno (HCN). La proporción relativa de estas dos formas depende del pH del sistema. La reacción entre el ión cianuro y el agua se expresa con la siguiente ecuación: $CN^- + HOH = HCN + OH^-$ (Mamani, 2007).

22 Cromo VI: el cromo es un elemento natural que se encuentra en las rocas, los animales, las plantas, el suelo y en polvo y gases volcánicos. Está presente en el ambiente en varias formas. Las más comunes son el cromo metálico (0), el cromo trivalente (III) y el cromo hexavalente (VI). El cromo (III) ocurre naturalmente en el ambiente y es un elemento nutritivo esencial que el cuerpo requiere para promover la acción de la insulina, de manera que los azúcares, las proteínas y las grasas puedan ser utilizadas por el organismo. El cromo (VI) y el cromo (0) son producidos generalmente por procesos industriales (ATDSR, 2000).

El 25 de septiembre de 2015 se verificó la presencia de grandes cantidades de basura en el cauce del río Coata, en un tramo de aproximadamente 1,4 km entre el puente Independencia y aguas debajo de la captación de agua de SEDA-Juliaca, basura arrojada por la población de los barrios aledaños. Más allá de que se carezca de un sistema de recolección de basura, esta situación demuestra claramente la escasa conciencia de los ciudadanos respecto a la importancia del cuidado de la calidad del agua del río Coata, así como la desidia de la autoridad municipal.



Figura 3.23

- (1) Pobladores lavando ropa en la margen derecha del río Coata a la altura del puente Independencia
- (2) Pobladores lavando vehículos en la margen derecha del río Coata a la altura del puente Independencia
- (3) Basura en el río Coata a 1.4 km aguas abajo del puente Independencia
- (4) Panorámica del botadero municipal de residuos sólidos de Juliaca (botadero Chilla)
- (5) Basura en el cauce del río Coata aguas abajo del puente Maravillas, donde se observa presencia de lámpara fluorescente
- (6) Descarga de aguas contaminadas del río Torococha en el río Coata
- (7) Ganado en la orillas de la bahía Mayor de Puno – lago Titicaca.
- (8) Lenteja de agua (indicador de eutrofización) en la bahía Mayor de Puno.

Frente a la contaminación del río Coata con basura, la Autoridad Nacional del Agua, en el marco del cumplimiento de sus funciones, extendió la correspondiente notificación con el fin de que la autoridad edil realice la limpieza del tramo afectado, acción que se concretó el 16 de octubre de 2015. No obstante, el problema no ha quedado definitivamente resuelto, porque que si no existe una adecuada y sostenida sensibilización de la población de Juliaca en general, y en particular de la aledaña al cauce del río Coata, asociada a un buen sistema de recolección de residuos sólidos, el problema del lavado de vehículos y arrojado de basura será recurrente.



Figura 3.24

(1) Panorámica de la ciudad de Juliaca, la más poblada del departamento de Puno. (2, 3 y 4) Panorámicas de las acciones de limpieza de basura del río Coata (16 de octubre de 2015).

Una de las medidas complementarias orientadas a controlar el arrojado de basura en los cauces de los ríos por la población es que las municipalidades, en el marco de sus competencias, emitan ordenanzas municipales al respecto, y que coloquen la señaletería respectiva.

3.2.3.3 El río Torococha

El río Torococha es un pequeño cauce natural de agua que nace en la parte alta de la microcuenca Chullunquiani, al noroeste de la ciudad Juliaca. Tiene una longitud aproximada de 18 km y durante su recorrido cruza por debajo de la ciudad de Juliaca, en un tramo de aproximadamente 3 km de canal cubierto, hasta el puente de la avenida Circunvalación, desde donde recorre a cauce abierto hasta la confluencia con el río Coata.

Este curso de agua es utilizado desde hace muchos años por los pobladores de la ciudad de Juliaca que habitan cerca del cauce como cuerpo receptor tanto de aguas residuales domésticas, descargadas a través de conexiones clandestinas, como de residuos sólidos y del vertimiento de aguas residuales inadecuadamente tratadas procedentes de las lagunas de oxidación de Juliaca. Con el paso del tiempo estos residuos se han convertido en un cuerpo de agua muy contaminado que representa un riesgo para la salud de la población aledaña, así como en la principal fuente de contaminación del río Coata, sobre

todo por el aporte de nitrógeno y fósforo, además de otros contaminantes que son transportados por el río Coata hasta el lago Titicaca.



Figura 3.25

(1) Imagen satelital en la que se aprecian las lagunas de oxidación de Juliaca, el río Torococha y la confluencia con el río Coata. (2) Río Torococha aguas abajo del puente Circunvalación. (3) Río Torococha al ingreso en el totoral. (4) Panorámica del río Torococha aguas abajo de las descargas del efluente de las lagunas de oxidación de Juliaca.

(5) Cauce del río Torococha antes de la confluencia con el río Coata. (6) Río Coata, aguas abajo de la confluencia con el río Torococha.

La Administración Local del Agua de Juliaca determinó en junio de 2015 que el caudal medio del río Torococha fue de 482 L/s, equivalente a 15,2 Hm³/año, volumen que desde aguas abajo del puente Circunvalación hasta la confluencia con el río Coata pasa por un área de aproximadamente 35 mil metros cuadrados de densos totorales (*Scheonoplectus tatora*) que cumplen el papel de “filtro biológico” y contribuyen así en parte con el tratamiento de las aguas residuales que transporta el río Torococha; sin embargo, no remueven nutrientes (nitrógeno y fósforo), de modo que generan la eutrofización de las aguas del río Coata, principalmente en el periodo de estiaje, afectando a las diversas poblaciones de Huata, Cota y las comunidades campesinas que utilizan las aguas del río como fuente de agua para consumo humano y de los animales.

3.2.3.4 Pasivos ambientales mineros

De la lista de pasivos ambientales inventariados por el Ministerio de Energía y Minas a 2015 (MEM, 2015), se han identificado en la cuenca del río Coata 247 pasivos ambientales mineros (véase la tabla 3.14).

Tabla 3.14. Pasivos ambientales mineros en el ámbito de la cuenca Coata

N.º	Pasivos ambientales mineros	Subtipo	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM WGS84		Cuerpo de agua superficial cercano
					Este	Norte	
1	Berenguela	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	332 121	8 268 859	--
2	Berenguela	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	332 103	8 268 763	--
3	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	332 173	8 268 843	Río Chacalaya
4	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	332 129	8 268 854	Río Chacalaya
5	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	332 105	8 268 766	Río Chacalaya
6	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	332 134	8 268 663	Río Chacalaya
7	Berenguela	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	331 915	8 268 779	Río Chacalaya
8	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	331 914	8 268 672	Río Chacalaya
9	Berenguela	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	332 237	8 268 740	Río Chacalaya
10	Berenguela	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	332 192	8 268 827	Río Chacalaya
11	Berenguela	Pta. de procesamiento	Lampa	Santa Lucia	331 879	8 268 777	Río Chacalaya
12	Berenguela	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	332 064	8 268 510	Río Chacalaya
13	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	332 083	8 268 523	Río Chacalaya
14	Berenguela	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	332 126	8 268 424	Río Chacalaya
15	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	332 079	8 268 490	Río Chacalaya
16	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	331 651	8 268 699	Río Chacalaya
17	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	331 724	8 268 799	Río Chacalaya
18	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	331 695	8 268 769	Río Chacalaya
19	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	331 697	8 268 757	Río Chacalaya
20	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	331 687	8 268 738	Río Chacalaya
21	Berenguela	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	332 093	8 268 445	Río Chacalaya
22	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	332 148	8 268 653	Río Chacalaya
23	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	331 640	8 268 664	Río Chacalaya
24	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	331 696	8 268 677	Río Chacalaya
25	Berenguela	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	332 151	8 268 660	Río Chacalaya
26	Berenguela	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	331 724	8 268 820	Río Chacalaya
27	Berenguela	Pta. de procesamiento	Lampa	Santa Lucia	331 557	8 268 792	Río Chacalaya
28	Berenguela	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	332 472	8 268 804	Río Chacalaya
29	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	331 705	8 268 679	Río Chacalaya
30	Berenguela	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	332 154	8 268 860	Río Chacalaya
31	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	331 740	8 268 657	Río Chacalaya
32	Ccello Ccello	Desmonte de mina	San Román	Cabanillas	336 463	8 258 276	Río Chacalaya
33	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	331 837	8 268 608	Río Chacalaya
34	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	331 700	8 268 567	Río Chacalaya
35	Berenguela	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	332 453	8 268 791	Río Chacalaya
36	Ccello Ccello	Bocamina	San Román	Cabanillas	336 470	8 258 374	Río Coataña
37	Ccello Ccello	Bocamina	San Román	Cabanillas	336 406	8 258 056	Río Coataña
38	Ccello Ccello	Bocamina	San Román	Cabanillas	336 498	8 257 991	Río Coataña
39	Ccello Ccello	Bocamina	San Román	Cabanillas	336 494	8 257 979	Río Coataña
40	Ccello Ccello	Bocamina	San Román	Cabanillas	336 431	8 258 227	Río Coataña
41	Ccello Ccello	Bocamina	San Román	Cabanillas	336 427	8 258 309	Río Coataña
42	Ccello Ccello	Desmonte de mina	San Román	Cabanillas	336 434	8 258 392	Río Coataña
43	Ccello Ccello	Desmonte de mina	San Román	Cabanillas	336 455	8 258 378	Río Coataña
44	Cromar o Huascar	Bocamina	San Román	Cabanillas	326 542	8 257 971	Laguna Lagunillas

N.º	Pasivos ambientales mineros	Subtipo	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM WGS84		Cuerpo de agua superficial cercano
					Este	Norte	
45	Fundición Limón Verde	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	328 736	8 265 953	Río Cerrillos
46	Fundición Limón Verde	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	328 793	8 265 889	Río Cerrillos
47	Fundición Limón Verde	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	328 792	8 265 888	Río Cerrillos
48	Fundición Limón Verde	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	328 736	8 265 953	Río Cerrillos
49	Ichocollo	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	303 458	8 272 617	Río Ichucollo
50	Chullunquiani	Desmonte de mina	Lampa	Lampa	343 200	8 310 125	Río Lampa
51	Condorhuma	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	302 564	8 270 587	Río Ichuc
52	Cromar o Huáscar	Desmonte de mina	San Román	Cabanillas	326 541	8 257 982	Laguna Lagunillas
53	Cromar o Huáscar	Desmonte de mina	San Román	Cabanillas	326 078	8 257 907	Laguna Lagunillas
54	Condorhuma	Pta. de procesamiento	Lampa	Santa Lucia	302 588	8 270 652	Laguna Lagunillas
55	Fundición Limón Verde	Pta. de procesamiento	Lampa	Santa Lucia	328 765	8 265 806	Río Cerrillos
56	Lagunillas o Santa Rosa	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	311 532	8 256 684	Laguna Lagunillas
57	Lagunillas o Santa Rosa	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	311 858	8 256 720	Laguna Lagunillas
58	Lampa Mining	Bocamina	Cabanillas	Cabanillas	338 224	8 255 514	Quebrada Angostura/ río Cotaña
59	Lampa Mining	San Román	San Román	Cabanillas	338 214	8 255 506	Quebrada Angostura/ río Cotaña
60	Lampa Mining	Bocamina	San Román	Cabanillas	338 621	8 255 088	Quebrada Angostura/ río Cotaña
61	Lampa Mining	Bocamina	San Román	Cabanillas	338 471	8 255 278	Quebrada Angostura/ río Cotaña
62	Lampa Mining	Bocamina	San Román	Cabanillas	338 387	8 255 364	Quebrada Angostura/ río Cotaña
63	Lampa Mining	Bocamina	San Román	Cabanillas	338 376	8 256 134	Quebrada Angostura/ río Cotaña
64	Lampa Mining	Bocamina	San Román	Cabanillas	338 354	8 256 223	Quebrada Angostura/ río Cotaña
65	Lampa Mining	Bocamina	San Román	Cabanillas	338 346	8 256 210	Quebrada Angostura/ río Cotaña
66	Lampa Mining	Bocamina	San Román	Cabanillas	338 361	8 256 213	Quebrada Angostura/ río Cotaña
67	Lampa Mining	Bocamina	San Román	Cabanillas	338 436	8 256 190	Quebrada Angostura/ río Cotaña
68	Lampa Mining	Bocamina	San Román	Cabanillas	338 510	8 255 167	Quebrada Angostura/ río Cotaña
69	Lampa Mining	Bocamina	San Román	Cabanillas	338 467	8 255 226	Quebrada Angostura/ río Cotaña
70	Lampa Mining	Bocamina	San Román	Cabanillas	338 463	8 255 236	Quebrada Angostura/ río Cotaña
71	Lampa Mining	Bocamina	San Román	Cabanillas	338 450	8 255 250	Quebrada Angostura/ río Cotaña
72	Lampa Mining	Bocamina	San Román	Cabanillas	338 435	8 255 292	Quebrada Angostura/ río Cotaña
73	Limon verde	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	328 493	8 266 506	Río Limón Verde
74	Marina Dos	Bocamina	Lampa		314 043	8 307 640	Río Suatia
75	Marina Dos	Bocamina	Lampa		314 108	8 307 709	Río Suatia
76	Marina Dos	Bocamina	Lampa		314 801	8 306 319	Río Suatia
77	Marina Dos	Bocamina	Lampa		314 495	8 305 500	Río Suatia
78	Marina Dos	Bocamina	Lampa		314 430	8 305 375	Río Suatia
79	Marina Dos	Bocamina	Lampa		314 059	8 307 665	Río Suatia

N.º	Pasivos ambientales mineros	Subtipo	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM WGS84		Cuerpo de agua superficial cercano
					Este	Norte	
80	Marina Dos	Bocamina	Lampa		314 158	8 307 748	Río Suatia
81	Marina Dos	Bocamina	Lampa		314 479	8 305 517	Río Suatia
82	Marina Dos	Bocamina	Lampa		314 425	8 305 375	Río Suatia
83	Marina Dos	Bocamina	Lampa		314 467	8 305 532	Río Suatia
84	Marina Dos	Bocamina	Lampa		314 426	8 305 378	Río Suatia
85	Marina Dos	Bocamina	Lampa		314 644	8 306 268	Río Suatia
86	Marina Dos	Bocamina	Lampa		314 153	8 307 774	Río Suatia
87	Marina Uno	Bocamina	Lampa	Palca	313 412	8 309 332	Río Chilapampa
88	Marina Uno	Bocamina	Lampa	Palca	312 185	8 310 343	Río Chilapampa
89	Marina Uno	Bocamina	Lampa	Palca	313 352	8 309 237	Río Chilapampa
90	Marina Uno	Bocamina	Lampa	Palca	313 429	8 309 568	Río Chilapampa
91	Marina Uno	Bocamina	Lampa	Palca	313 495	8 309 683	Río Chilapampa
92	Marina Uno	Bocamina	Lampa	Palca	313 357	8 309 114	Río Chilapampa
93	Marina Uno	Bocamina	Lampa	Palca	313 424	8 309 565	Río Chilapampa
94	Minas de Pomasi S.A	Bocamina	Lampa	Palca	319 229	8 301 619	Río Puma Huasi
95	Minas de Pomasi	Bocamina	Lampa	Palca	318 633	8 302 055	Río Puma Huasi
96	Minas de Pomasi S.A	Bocamina	Lampa	Palca	318 767	8 302 272	Río Puma Huasi
97	Muqui	Bocamina	San Román	Cabanillas	339 369	8 254 363	Quebrada Angostura
98	Muqui	Bocamina	San Román	Cabanillas	339 144	8 254 275	Quebrada Angostura
99	Muqui	Bocamina	San Román	Cabanillas	339 134	8 254 322	Quebrada Angostura
100	Muqui	Bocamina	San Román	Cabanillas	339 164	8 254 237	Quebrada Angostura
101	Porvenir 2	Bocamina	Puno	Cabanilla	350 576	8 274 656	Río Chaquimayo
102	Porvenir 2	Bocamina	Puno	Cabanilla	350 576	8 274 656	Río Chaquimayo
103	Porvenir 2	Bocamina	Puno	Cabanilla	330 608	8 274 688	Río Chaquimayo
104	Porvenir 2	Bocamina	Puno	Cabanilla	350 606	8 274 169	Río Chaquimayo
105	Porvenir 2	Bocamina	Puno	Cabanilla	350 577	8 274 191	Río Chaquimayo
106	Porvenir 2	Bocamina	Puno	Cabanilla	350 539	8 274 215	Río Chaquimayo
107	Porvenir 2	Bocamina	Puno	Cabanilla	350 590	8 274 374	Río Chaquimayo
108	Porvenir 2	Bocamina	Puno	Cabanilla	350 592	8 274 369	Río Chaquimayo
109	Porvenir 2	Bocamina	Puno	Cabanilla	350 587	8 274 461	Río Chaquimayo
110	Porvenir 2	Bocamina	Puno	Cabanilla	350 633	8 274 694	Río Chaquimayo
111	Lagunillas o Santa Rosa	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	311 507	8 256 703	Laguna Lagunillas
112	Lagunillas o Santa Rosa	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	311 483	8 256 620	Laguna Lagunillas
113	Lagunillas o Santa Rosa	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	311 853	8 256 796	Laguna Lagunillas
114	Porvenir 2	Bocamina	Puno	Cabanilla	350 648	8 274 689	Río Chaquimayo
115	Lagunillas o Santa Rosa	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	311 795	8 256 784	Laguna Lagunillas
116	Lampa Mining	Desmonte de mina	San Román	Cabanillas	338 729	8 255 026	Quebrada Angostura/ río Cotaña
117	Lampa Mining	Desmonte de mina	San Román	Cabanillas	338 623	8 255 212	Quebrada Angostura/ río Cotaña
118	Lampa Mining	Desmonte de mina	San Román	Cabanillas	338 470	8 255 309	Quebrada Angostura/ río Cotaña
119	Lampa Mining	Desmonte de mina	San Román	Cabanillas	338 222	8 255 531	Quebrada Angostura/ río Cotaña
120	Lampa Mining	Desmonte de mina	San Román	Cabanillas	338 388	8 256 127	Quebrada Angostura/ río Cotaña

N.º	Pasivos ambientales mineros	Subtipo	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM WGS84		Cuerpo de agua superficial cercano
					Este	Norte	
121	Lampa Mining	Desmonte de mina	San Román	Cabanillas	338 444	8 256 194	Quebrada Angostura/río Cotaña
122	Santa Bárbara 2	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	322 500	8 267 350	Quebrada Angostura/río Cotaña
123	Lampa Mining	Desmonte de mina	San Román	Cabanillas	338 516	8 255 162	Quebrada Angostura/río Cotaña
124	Santa Bárbara 2	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	322 500	8 267 726	Quebrada Yapoco
125	Santa Bárbara 2	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	323 592	8 266 944	Quebrada Yapoco
126	Lamparaquen	Desmonte de mina	Lampa	Lampa	345 134	8 307 164	Río Lampa
127	Santa Bárbara 2	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	322 653	8 267 108	Quebrada Angostura/río Cotaña
128	Santa Bárbara 2	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	323 021	8 267 001	Quebrada Angostura/río Cotaña
129	Santa Bárbara 2	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	322 616	8 267 619	Quebrada Angostura/río Cotaña
130	Tacaza	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	315 021	8 272 385	Río Paratía
131	Tacaza	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	315 044	8 271 626	Río Paratía
132	Tacaza	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	315 045	8 271 858	Río Paratía
133	Tacaza	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	315 070	8 271 843	Río Paratía
134	Tacaza	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	315 070	8 271 844	Río Paratía
135	Tacaza	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	315 033	8 271 950	Río Paratía
136	Tacaza	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	315 023	8 272 209	Río Paratía
137	Tacaza	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	315 013	8 272 287	Río Paratía
138	Tacaza	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	315 023	8 271 932	Río Paratía
139	Tacaza	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	315 031	8 271 958	Río Paratía
140	Tacaza	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	315 066	8 271 541	Río Paratía
141	Tacaza	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	314 933	8 271 928	Río Paratía
142	Tacaza	Bocamina	Lampa	Santa Lucia	315 102	8 271 303	Río Paratía
143	Berenguela	Chimenea	Lampa	Santa Lucia	332 463	8 268 790	Río Limón Verde
144	Berenguela	Chimenea	Lampa	Santa Lucia	332 172	8 268 787	Río Limón Verde
145	Berenguela	Chimenea	Lampa	Santa Lucia	332 108	8 268 646	Río Limón Verde
146	Marina Dos	Desmonte de mina	Lampa		314 071	8 307 766	Río Suatía
147	Berenguela	Chimenea	Lampa	Santa Lucia	332 072	8 268 704	Río Limón Verde
148	Berenguela	Chimenea	Lampa	Santa Lucia	332 122	8 268 498	Río Limón Verde
149	Marina Dos	Desmonte de mina	Lampa		314 115	8 307 704	Río Suatía
150	Berenguela	Chimenea	Lampa	Santa Lucia	331 606	8 268 577	Río Limón Verde
151	Ccello Ccello	Chimenea	San Román	Cabanillas	336 427	8 258 174	Río Coataña
152	Marina Dos	Desmonte de mina	Lampa		314 807	8 306 314	Río Suatía
153	Ccello Ccello	Chimenea	San Román	Cabanillas	336 494	8 258 124	Río Coataña
154	Marina Dos	Desmonte de mina	Lampa		314 796	8 306 244	Río Suatía
155	Marina Dos	Desmonte de mina	Lampa		314 859	8 306 289	Río Suatía
156	Ccello Ccello	Chimenea	San Román	Cabanillas	336 434	8 258 092	Río Coataña
157	Marina Dos	Desmonte de mina	Lampa		314 328	8 307 610	Río Suatía
158	Marina Dos	Desmonte de mina	Lampa		314 631	8 306 281	Río Suatía
159	Cromar o Huáscar	Chimenea	San Román	Cabanillas	326 680	8 257 694	Laguna Lagunillas
160	Marina Dos	Desmonte de mina	Lampa		314 713	8 306 255	Río Suatía
161	Marina Dos	Desmonte de mina	Lampa		314 159	8 307 779	Río Suatía
162	Marina Dos	Desmonte de mina	Lampa	Palca	313 550	8 309 240	Río Suatía
163	Marina Dos	Desmonte de mina	Lampa	Palca	313 421	8 309 563	Río Suatía
164	Marina Dos	Desmonte de mina	Lampa	Palca	313 490	8 309 671	Río Suatía
165	Marina Dos	Desmonte de mina	Lampa	Palca	313 363	8 309 113	Río Suatía

N.º	Pasivos ambientales mineros	Subtipo	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM WGS84		Cuerpo de agua superficial cercano
					Este	Norte	
166	Marina Uno	Desmonte de mina	Lampa	Palca	313 428	8 309 322	Río Suatia
167	Marina Uno	Desmonte de mina	Lampa	Palca	313 405	8 309 275	Río Suatia
168	Marina Uno	Desmonte de mina	Lampa	Palca	313 424	8 309 268	Río Suatia
169	Lagunillas o Santa Rosa	Chimenea	Lampa	Santa Lucia	312 077	8 256 943	Laguna Lagunillas
170	Lagunillas o Santa Rosa	Chimenea	Lampa	Santa Lucia	312 031	8 256 883	Laguna Lagunillas
171	Lagunillas o Santa Rosa	Chimenea	Lampa	Santa Lucia	311 832	8 256 800	Laguna Lagunillas
172	Lagunillas o Santa Rosa	Chimenea	Lampa	Santa Lucia	311 822	8 256 797	Laguna Lagunillas
173	Lagunillas o Santa Rosa	Chimenea	Lampa	Santa Lucia	312 060	8 256 907	Laguna Lagunillas
174	Lagunillas o Santa Rosa	Chimenea	Lampa	Santa Lucia	311 505	8 256 710	Laguna Lagunillas
175	Marina Uno	Desmonte de mina	Lampa	Palca	313 311	8 309 234	Río Chilapampa
176	Lampa Mining	Chimenea	San Román	Cabanillas	338 287	8 255 448	Quebrada Angostura/ río Cotaña
177	Lampa Mining	Chimenea	San Román	Cabanillas	338 300	8 255 448	Quebrada Angostura/ río Cotaña
178	Lampa Mining	Chimenea	San Román	Cabanillas	338 388	8 255 354	Quebrada Angostura/ río Cotaña
179	Marina Uno	Desmonte de mina	Lampa	Palca	313 417	8 309 344	Río Suatia
180	Marina Uno	Desmonte de mina	Lampa	Palca	313 411	8 309 286	Río Suatia
181	Marina Uno	Desmonte de mina	Lampa	Palca	313 426	8 309 276	Río Suatia
182	Marina Uno	Desmonte de mina	Lampa	Palca	313 417	8 309 560	Río Suatia
183	Marina Dos	Chimenea	Lampa		314 044	8 307 626	Río Chilapampa
184	Marina Dos	Chimenea	Lampa		314 587	8 306 143	Río Chilapampa
185	Marina Uno	Chimenea	Lampa	Palca	313 406	8 309 323	Río Chilapampa
186	Minas de Pomasi S.A. / Pomasi	Chimenea	Lampa	Palca	319 215	8 301 613	Río Puma Huasi
187	Minas de Pomasi S.A. / Pomasi	Desmonte de mina	Lampa	Palca	319 273	8 301 532	Río Puma Huasi
188	Minas de Pomasi S.A. / Pomasi	Desmonte de mina	Lampa	Palca	318 626	8 302 077	Río Puma Huasi
189	Muqui	Desmonte de mina	San Román	Cabanillas	339 128	8 254 291	Quebrada Angostura
190	Muqui	Desmonte de mina	San Román	Cabanillas	339 483	8 253 960	Quebrada Angostura
191	Muqui	Desmonte de mina	San Román	Cabanillas	339 162	8 254 424	Quebrada Angostura
192	Muqui	Desmonte de mina	San Román	Cabanillas	339 593	8 253 911	Quebrada Angostura
193	Marina Uno	Plantas de procesamiento	Lampa	Palca	313 440	8 309 372	Río Suatia
194	Porvenir 2	Desmonte de mina	Puno	Cabanilla	350 567	8 274 375	Río Chaquimayo
195	Porvenir 2	Desmonte de mina	Puno	Cabanilla	350 646	8 274 294	Río Chaquimayo
196	Porvenir 2	Desmonte de mina	Puno	Cabanilla	350 533	8 274 216	Río Chaquimayo
197	Porvenir 2	Desmonte de mina	Puno	Cabanilla	350 711	8 274 445	Río Chaquimayo
198	Porvenir 2	Desmonte de mina	Puno	Cabanilla	350 585	8 274 462	Río Chaquimayo
199	Porvenir 2	Desmonte de mina	Puno	Cabanilla	350 574	8 274 544	Río Chaquimayo
200	Minas de Pomasi S.A. / Pomasi	Plantas de procesamiento	Lampa	Palca	319 724	8 302 604	Río Puma Huasi
201	Santa Barbara 2	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	322 528	8 267 742	Río Limón Verde
202	Santa Barbara 2	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	322 635	8 267 617	Río Limón Verde
203	Santa Barbara 2	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	323 585	8 266 919	Río Limón Verde
204	Tacaza	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	315 080	8 271 649	Río Paratía

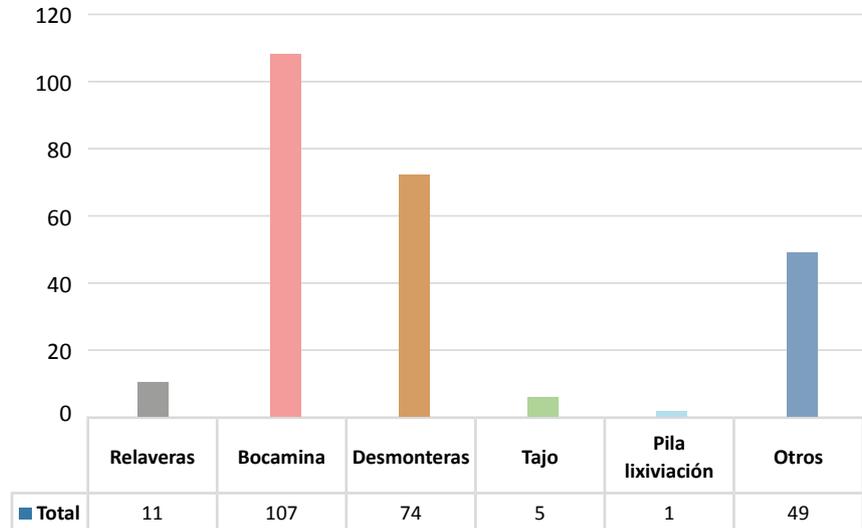
N.º	Pasivos ambientales mineros	Subtipo	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM WGS84		Cuerpo de agua superficial cercano
					Este	Norte	
205	Tacaza	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	315 056	8 271 857	Río Paratía
206	Tacaza	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	315 068	8 271 854	Río Paratía
207	Tacaza	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	315 035	8 272 250	Río Paratía
208	Tacaza	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	315 075	8 271 600	Río Paratía
209	Tacaza	Desmonte de mina	Lampa	Santa Lucia	315 070	8 272 250	Río Paratía
210	Trapiche	Desmonte de mina	Lampa	Palca	323 138	8 305 956	Río Pumahuasi
211	Porvenir 2	Plantas de procesamiento	Puno	Cabanilla	350 622	8 274 446	Río Chaquimayo
212	Lagunillas o Santa Rosa	Pique	Lampa	Santa Lucia	311 792	8 256 791	Laguna Lagunillas
213	Lampa Mining	Pique	San Román	Cabanillas	338 225	8 255 560	Quebrada Angostura/río Cotaña
214	Santa Lucia	Pique	San Román	Cabanillas	336 466	8 257 993	Río Cotaña
215	Berenguela	Rampa	Lampa	Santa Lucia	331 578	8 268 589	Río Limón Verde
216	Ccello Ccello	Rampa	San Román	Cabanillas	336 443	8 258 118	Río Coataña
217	Lagunillas o Santa Rosa	Rampa	Lampa	Santa Lucia	311 915	8 256 837	Laguna Lagunillas
218	Marina Dos	Rampa	Lampa		314 056	8 307 659	Río Chilapampa
219	Berenguela	Tajeo comunicado	Lampa	Santa Lucia	331 954	8 268 655	Río Limón Verde
220	Berenguela	Tajeo comunicado	Lampa	Santa Lucia	332 156	8 268 472	Río Limón Verde
221	Muqui	Pila de lixiviación	San Román	Cabanillas	339 173	8 254 425	Quebrada Angostura
222	Lampa Mining	Tajeo comunicado	San Román	Cabanillas	338 406	8 255 313	Quebrada Angostura/río Cotaña
223	Lampa Mining	Tajeo comunicado	San Román	Cabanillas	338 404	8 255 324	Quebrada Angostura/río Cotaña
224	Marina Dos	Tajeo comunicado	Lampa		314 044	8 307 641	Río Chilapampa
225	Berenguela	Relaves	Lampa	Santa Lucia	331 557	8 268 782	Río Limón Verde
226	Ccello Ccello	Tajo	San Román	Cabanillas	336 436	8 258 044	Río Coataña
227	Trapiche	Plantas de procesamiento	Lampa	Palca	323 088	8 305 871	Río Pumahuasi
228	Condorhuma	Relaves	Lampa	Santa Lucia	302 644	8 270 612	--
229	Fundición Limón verde	Relaves	Lampa	Santa Lucia	328 811	8 265 909	Río Limón verde
230	Lampa Mining	Relaves	San Román	Cabanillas	338 456	8 255 936	Quebrada Angostura/río Cotaña
231	Lampa Mining	Relaves	San Román	Cabanillas	338 839	8 256 605	Quebrada Angostura/río Cotaña
232	Condorhuma	Tajo	Lampa	Santa Lucia	302 520	8 270 650	--
233	Marina Dos	Tajo	Lampa		314 036	8 307 607	Río Chilapampa
234	Marina Uno	Tajo	Lampa	Palca	313 125	8 309 550	Río Suatia
235	Muqui	Tajo	San Román	Cabanillas	339 429	8 253 896	Quebrada Angostura
236	Marina Uno	Relaves	Lampa	Palca	313 635	8 309 521	Río Suatia
237	Marina Uno	Relaves	Lampa	Palca	313 365	8 309 412	Río Suatia
238	Minas de Pomasi S.A	Relaves	Lampa	Palca	320 017	8 302 560	Río Puma Huasi
239	Lagunillas o Santa Rosa	Trinchera	Lampa	Santa Lucía	311 840	8 256 757	Laguna Lagunillas
240	Marina Dos	Trinchera	Lampa		314 065	8 307 671	Río Chilapampa
241	Marina Dos	Trinchera	Lampa		314 604	8 306 175	Río Chilapampa
242	Porvenir 2	Relaves	Puno	Cabanilla	350 563	8 274 572	Quebrada Cayachira
243	Marina Dos	Trinchera	Lampa		314 422	8 305 542	Río Chilapampa
244	Marina Dos	Trinchera	Lampa	Palca	312 860	8 308 990	Río Suatia
245	Muqui	Trinchera	San Román	Cabanillas	338 979	8 254 504	Quebrada Angostura
246	Tacaza	Relaves	Lampa	Santa Lucia	315 140	8 271 775	Río Paratia
247	Trapiche	Relaves	Lampa	Palca	323 179	8 305 956	Río Pumahuasi

Fuente: RM N.º 102-2015-MEM/DM.

Del total de pasivos ambientales mineros en el ámbito de la cuenca del río Coata, el 4,5 % son relaveras; el 43,3 %, bocaminas; el 30 %, desmonteras; el 2 %, tajos abiertos, y el 20,2 %, otro tipo de pasivos como “trincheras”, plantas de procesamiento, etcétera.

Figura 3.26

Cantidad y tipo de pasivos ambientales mineros en la cuenca Coata.



En cuanto a los pasivos ambientales mineros reportados, 174 están ubicados próximos a ríos, 20 a lagunas (principalmente Lagunillas), y 48 cercanos a quebradas.

3.2.3.5 Inventario de fuentes contaminantes

La ALA-Juliaca realizó en abril de 2015 el inventario de fuentes contaminantes existentes en el ámbito de la cuenca del río Coata. El resultado se presenta en la tabla 3.15.

Tabla 3.15. Vertimientos de aguas residuales en el ámbito de la cuenca Coata

N.º	Tipo de vertimiento	Cuerpo receptor	Caudal (L/s)	Responsable	Coordenadas	
					Este	Norte
Vertimientos de aguas residuales industriales						
V-In-1	ARI provenientes de camal	Río Torococha	0,7	Asociación de Carniceros de los Mercados Unidos de la Provincia de San Román Juliaca-Chilla	381 858	8 287 191
V-In-2	ARI provenientes de lavaderos de carros	Río Torococha	0,1	Lavadero de carros clandestino situado en área pública, sin razón social	381 107	8 287 631
V-In-3	Aguas residuales provenientes de camal	Río Torococha	0,5	Asociación de Carniceros de los Mercados Unidos de la Provincia de San Román Juliaca-Urbanización Clara Victoria	381 421	8 287 431
Total			1,3			
Vertimientos de aguas residuales municipales						
VARm-1	ARM ciudad de Lampa	Río Lampa	15,2	Municipalidad Provincial de Lampa	353 729	8 299 205
VARm-2	ARM centro urbano de Palca	Río Palca	2,7	MD de Palca	328 944	8 314 811
VARm-3	ARM centro urbano San Cirilo de Chullunquiani	Río Palca	0,7	MD de Palca	334 070	8 313 595
VARm-4	ARM pueblo Vila Vila	Río Vila Vila	2,6	MD de Vila Vila	322 209	8 320 207
VARm-5	ARM centro urbano Paratía	Río Paratía	3,2	MD de Paratía	327 891	8 291 211
VARm-6	ARM ciudad de Cabanillas	Río Cabanillas	4,77	MD de Cabanillas	356 178	8 271 224
VARm-7	ARM centro urbano Cabanilla	Río Cabanillas	5,8	MD de Cabanilla	356 980	8 272 401
VARm-8	Aguas residuales de la EPS SEDA-Juliaca	Río Torococha	255	EPS SEDA-Juliaca	382 918	8 286 769
Total			289,97			
Vertimientos de aguas de mina provenientes de pasivos ambientales mineros						
VPAm-1	VP ambiental-Mina Palca	Ríos Chilapampa-Vila Vila	10	Minas Palca	313 305	8 309 044
VPAm-2	VP ambiental-Mina Pomasi	Río Palca	15	Minas Pomasi	319 152	8 301 350
Total			25			

Fuente: ALA-Juliaca 2015. V-In = vertimiento de agua residual industrial. VAMm = vertimiento de aguas residuales municipales; VPAm = vertimiento proveniente de pasivos ambientales mineros.

En el ámbito de la cuenca del río Coata se registraron tres vertimientos de origen industrial con un caudal total aforado de 1,3 L/s (40 997m³/año), 289 L/s (equivalentes a 9,1 Hm³) de aguas residuales municipales correspondientes a ocho vertimientos y dos vertimientos provenientes de pasivos ambientales mineros con un caudal de 25 L/s, equivalente a 788 400 m³/año.

Del caudal total de vertimientos de aguas residuales municipales, el mayor corresponde al efluente de las lagunas de oxidación de Juliaca, con 255 L/s, que representa el 87 % del total aforado. Estas aguas son derivadas al sistema de lagunas de oxidación, construidas en el año 1982 (hace 34 años) en un área de terreno de 33 hectáreas con una capacidad de diseño de 100 L/s a 120 L/s, que ha sido sobrepasado largamente y cuya eficiencia actual no supera el 50 % en la remoción de DBO₅, por lo que constituye la principal fuente de contaminación del río Coata (véase la tabla 3.16)

Tabla 3.16. Inventario de botaderos de residuos sólidos en la subcuenca Coata y cuenca aledañas

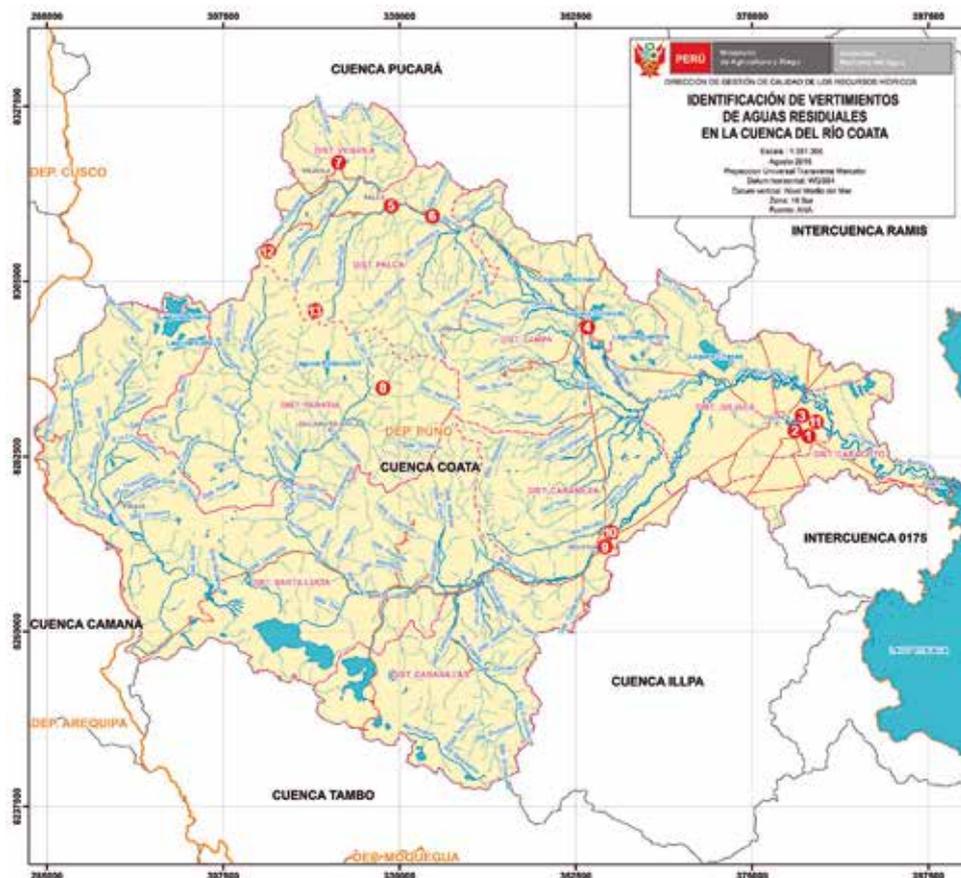
N.º	Descripción	Zona	Responsables	Coordenadas	
				Este	Norte
BMrs-1	B.M. residuos sólidos	A 30 m del río Palca	Municipalidad Distrital de Palca	328 625	8 314 893
BMrs-2	B.M. residuos sólidos	A 250 m del río Vila Vila	Municipalidad distrital de Vila Vila	321 270	8 320 374
BMrs-3	B.M. residuos sólidos	Disposición a cielo abierto, parte posterior de la ciudad.	Municipalidad provincial de Lampa	353 598	8 301 858
BMrs-4	B.M. residuos sólidos	A 300 m del río Cabanillas	Municipalidad distrital de Santa Lucia	329 184	8 264 937
BMrs-5	B.M. residuos sólidos	Disposición a cielo abierto	Municipalidad distrital de Cabanilla	356 230	8 275 200
BMrs-6	B.M. residuos sólidos	A 30 m del río Cabanillas	Municipalidad distrital de Cabanillas	354 449	8 269 696
BMrs-7	B.M. residuos sólidos	Disposición a cielo abierto	Municipalidad distrital de Caracoto	380 855	8 278 689
BMrs-8	B.M. residuos sólidos	A 500m del río Torococha	Municipalidad provincial de Juliaca	381 770	8 286 136
BMrs-9	B.M. residuos sólidos	Disposición a cielo abierto	Municipalidad distrital de Coata	397 995	8 278 145
BMrs-10	B.M. residuos sólidos	Río Torococha puente San Isidro	Población de la ciudad de Juliaca	379 847	8 286 584
BMrs-11	B.M. residuos sólidos	Puente río Torococha 1	Población de la ciudad de Juliaca	380 037	8 286 828
BMrs-12	B.M. residuos sólidos	Puente río Torococha 2	Población de la ciudad de Juliaca	380 229	8 287 085
BMrs-13	B.M. residuos sólidos	Río Coata puente Maravillas	Población de la ciudad de Juliaca	377 746	8 293 070
BMrs-14	B.M. residuos sólidos	Río Coata puente Independencia	Población de la ciudad de Juliaca	381 244	8 290 048
BMrs-15	B.M. residuos sólidos	Río Coata puente Independencia	Población de la ciudad de Juliaca	381 355	8 289 956
BMrs-16	B.M. residuos sólidos	Puente Independencia	Población de la ciudad de Juliaca	381 261	8 289 990
BMrs-17	B.M. residuos sólidos	Río Coata puente Unocolla	Población de la ciudad de Juliaca	372 185	8 291 316
BMrs-18	B.M. residuos sólidos	Río Coata puente Ccacachi	Población de la ciudad de Juliaca	381 831	8 290 735
Intercuencas aledañas					
BMrs-19	B.M. residuos sólidos	Disposición a cielo abierto	Municipalidad distrital de Huata*	395 937	8 273 538
BMrs-20	B.M. residuos sólidos	Disposición a cielo abierto	Municipalidad distrital de Capachica**	410 584	8 270 642

Fuente: ALA-Juliaca 2015 (BM = botadero municipal de residuos sólidos. BMrs= botadero municipal de residuos sólidos).

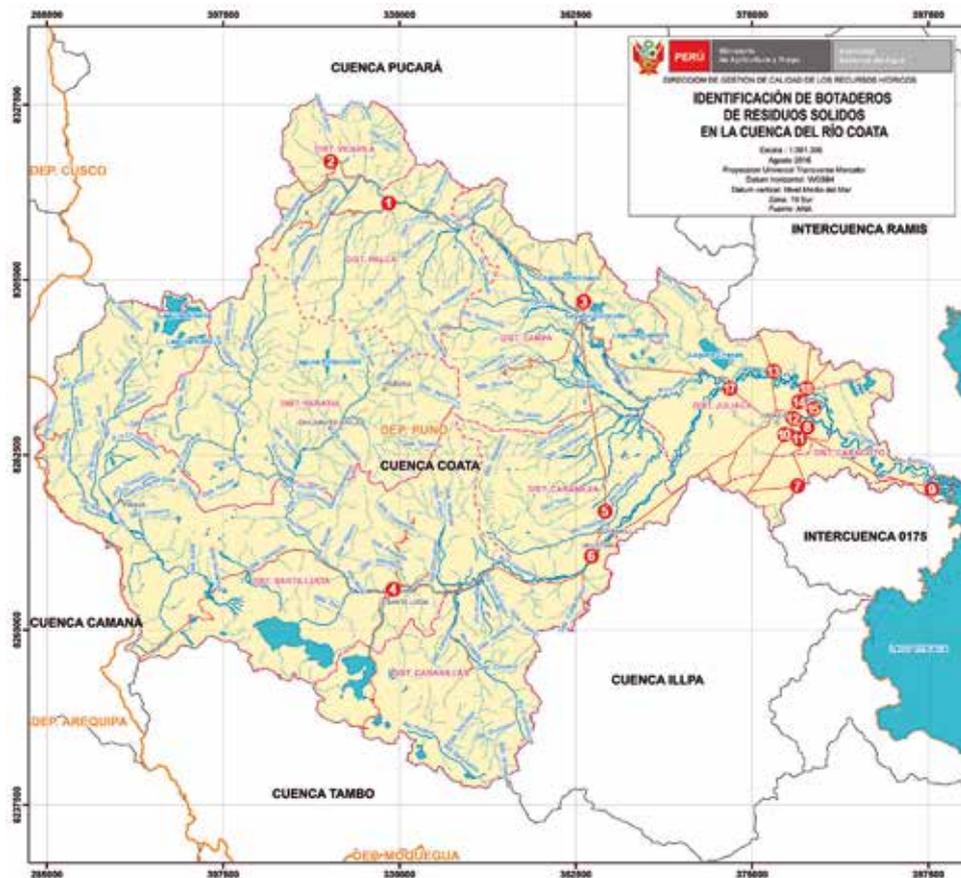
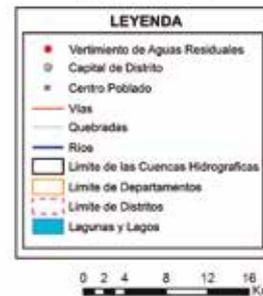
Dónde:

* = Intercuenca Ramis

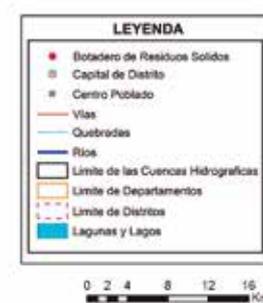
** = Intercuenca 0175



VERTIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN EL AMBITO DE LA CUENCA COATA				
N°	CODIGO	TIPO DE VERTIMIENTO	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
VERTIENTOS DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES				
1	V-In-1	A.R.I. Provenientes de canal	381 858	8 287 191
2	V-In-2	A.R.I. Provenientes de lavadero de cartos	381 837	8 287 821
3	V-In-3	Aguas residuales provenientes de canal	381 421	8 287 431
VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES				
4	VARe-1	A.R.M. Ciudad de Lampa	353 729	8 299 205
5	VARe-2	A.R.M. Centro urbano de Paica	328 944	8 314 911
6	VARe-3	A.R.M. Centro urbano San Cirilo de Challuabambas	334 070	8 313 505
7	VARe-4	A.R.M. Pueblo Villa Vila	322 209	8 320 207
8	VARe-5	A.R.M. Centro urbano Parafita	327 891	8 291 211
9	VARe-6	A.R.M. Ciudad de Cabanillas	356 178	8 271 224
10	VARe-7	A.R.M. Centro urbano Cabanillas	356 980	8 272 401
11	VARe-8	Aguas residuales de la EPS- SEDA Juliaca	382 918	8 286 769
VERTIENTOS DE AGUAS DE MINA PROVENIENTES DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS				
12	VPAm-1	V.P. Ambiental- mina Paica	313 305	8 309 044
13	VPAm-2	V.P. Ambiental mina Pomata	319 152	8 301 350



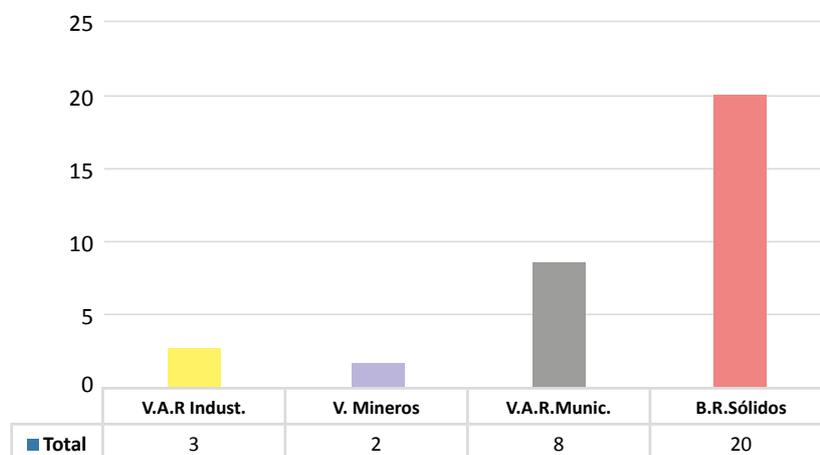
INVENTARIO DE BOTADEROS DE RESIDUOS SOLIDOS EN LA CUENCA COATA				
N°	CODIGO	DESCRIPCION	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
1	BIn-1	B.M. residuos sólidos	328 625	8 314 893
2	BIn-2	B.M. residuos sólidos	321 270	8 320 374
3	BIn-3	B.M. residuos sólidos	353 598	8 301 658
4	BIn-4	B.M. residuos sólidos	329 184	8 294 937
5	BIn-5	B.M. residuos sólidos	356 230	8 275 200
6	BIn-6	B.M. residuos sólidos	354 440	8 289 696
7	BIn-7	B.M. residuos sólidos	380 855	8 278 689
8	BIn-8	B.M. residuos sólidos	381 770	8 286 136
9	BIn-9	B.M. residuos sólidos	387 995	8 278 145
10	BIn-10	B.M. residuos sólidos	379 847	8 296 584
11	BIn-11	B.M. residuos sólidos	380 037	8 296 828
12	BIn-12	B.M. residuos sólidos	380 229	8 287 085
13	BIn-13	B.M. residuos sólidos	377 746	8 253 079
14	BIn-14	B.M. residuos sólidos	381 244	8 290 048
15	BIn-15	B.M. residuos sólidos	381 305	8 289 996
16	BIn-16	B.M. residuos sólidos	381 201	8 289 990
17	BIn-17	B.M. residuos sólidos	372 185	8 291 316
18	BIn-18	B.M. residuos sólidos	381 831	8 290 735



En todo el ámbito de la cuenca del río Coata se han registrado 20 botaderos municipales de residuos sólidos entre pequeños, medianos y grandes, todos a cielo abierto, siendo el de mayor magnitud el de Chilla, en el cual se han depositado durante muchos años los residuos sólidos de la ciudad de Juliaca.

Figura 3.27

Cantidad y tipo de fuentes contaminantes en la cuenca del río Coata.



El botadero de Chilla, por la cantidad de basura acumulada y el tiempo transcurrido, no solo es una fuente de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales, sino también de contaminación atmosférica, debido a que durante el proceso de descomposición genera metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), gases considerados de efecto invernadero.

3.2.3.6 Carga contaminante y capacidad de autodepuración del río Coata

En el año 2011, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), a través de Proyecto PNUMA-Titicaca, realizó el estudio “Impacto de la ciudad de Juliaca y el efluente de las lagunas de SEDA-Juliaca en los ríos Torococha-Coata”, elaborado con la Empresa de Saneamiento de Juliaca-SEDA-Juliaca. El estudio tenía como objetivo estimar las cargas contaminantes aportadas por aguas servidas que llegan a los ríos Torococha y Coata, así como determinar el impacto en la calidad de las aguas del río Coata aguas abajo de la confluencia con el Torococha. Se proponía, también, estimar el aporte de carga de DBO_5 de la bahía Mayor de Puno del lago Titicaca a través del río Coata. Para ello se realizaron tres monitoreos: dos en 2010, en los meses de abril y agosto, y uno en 2011, en mayo. Para el análisis se tomaron en cuenta los datos del abril de 2010, y los resultados se presentan en la tabla 3.17.

Tabla 3.17. Cálculo de las cargas de DBO_5 desde la confluencia entre los ríos Torococha y Coata, abril de 2010

Puntos de monitoreo	Q (m^3/s)	DBO_5 (mg/l)	Kg DBO_5/d
1. Coata antes Torococha	18	3,20	4 977
Subtotal (A)	18	3,20	4 977
2. Ciudad de Juliaca, entrada al Torococha	0,032	74	205
3. Efluente sistemas de lagunas de oxidación de SEDA-Juliaca	0,250	120	2 592
Subtotal (B)	0,282	194	2 797
Total (A+B)			7 774
4. Entrada al Coata	0,232	70	1 403
5. Puente Canchis Chico	18	4,00	6 220
6. Puente Coata (a 27 km de la desembocadura en el Titicaca) (C)	19	3,50	5 755
Remoción total (kg) (A + B – C)			2 019
% de autodepuración			26

Fuente: Tomado y adaptado de PNUD (2011).

En el mes de abril, el caudal del río Coata fluctuó entre los 18 m³/s y los 19 m³/s; hasta antes de la confluencia con el río Torococha acarreaba alrededor de 4 977 kg de DBO₅/d, mientras que este río aportaba al río Coata aproximadamente 2 797 kg de DBO₅/d, de los cuales 2 592 (92,7 %) correspondían al efluente de las lagunas de oxidación de Juliaca; en consecuencia, la carga total de materia orgánica fue de 7 774 kg de DBO₅/d. Durante el recorrido de 27 km entre aguas abajo de la confluencia del Coata con el Torococha y el puente Coata, tramo caracterizado por una baja pendiente, el agua discurre a una velocidad de entre 0,20 m/s y 0,25 m/s y disminuye a 5 755 kg de DBO₅/d, es decir, se registra una remoción de 2019 kg/d, equivalente al 26 % de autodepuración natural. La diferencia (3 736 kg/d) equivale a una descarga de 1363,6 TM de DBO₅ en la bahía Mayor de Puno.

3.2.4 Cuenca del río Illpa

3.2.4.1 Aguas residuales y residuos sólidos

El río Illpa nace del efluente de la laguna Umayo, formada por el drenaje de los ríos Vilque y Quipacho (también conocido como río Mañazo). Allí, en la parte media de la cuenca se lleva a cabo la actividad agropecuaria intensiva, crianza de ganado y cultivos de panllevar.

El mayor número de pobladores se localiza en los centros urbanos de Mañazo y Vilque, aguas arriba de la laguna Umayo, y en la parte media, en la ciudad de Atuncolla, que cuenta con una población urbana total de 3697 habitantes (véase la tabla 3.18).

Tabla 3.18. Producción estimada de aguas residuales y residuos sólidos

Provincia	Distrito	Pob. urbana ¹	Generación de aguas residuales ²			Residuos sólidos	
			Q (L/s)	m ³ /año	Cuerpo receptor	GPC (kg/persona/día) ³	(TM/año) ⁴
Puno	Atuncolla	340	0,31	9 928	Laguna de oxidación-río Atuncolla	0,455	56,47
	Mañazo	2 625	2,43	76 650	Río Mañazo	0,474	454,15
	Cabana	792	1,0	23 126,0	Río Cabana	0,455	131,5
	Vilque	732	0,68	21 374	Ríos Vilque	0,455	121,57
Total general		4 489	4,42	131 078			763,7

Fuentes: (1) Población estimada a 2015 con base en las estimaciones y proyecciones de población total y edades quinquenales, según departamento, provincia y distrito, 2005-2015, del INEI (2010. Boletín especial N.º 21). (2) Elaboración propia. (3) Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú, gestión 2012 (MINAM, 2012). (4) Elaboración propia.

La generación total estimada de aguas residuales municipales en el ámbito de la cuenca es de 131 078 m³/año.

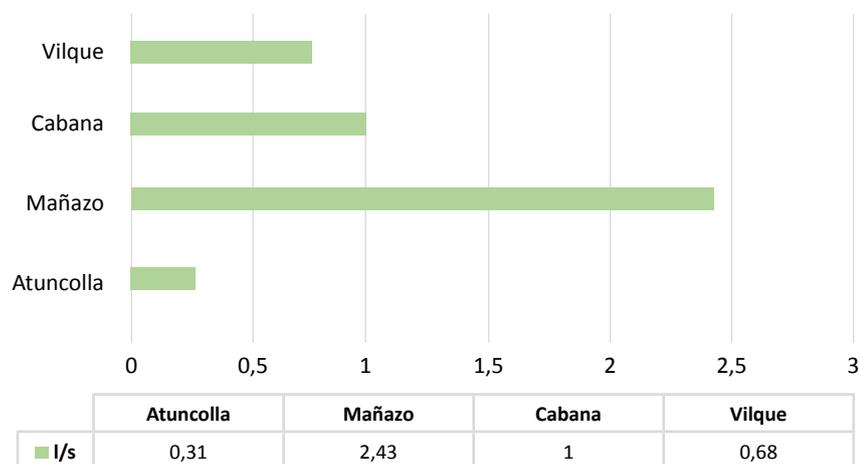


Figura 3.28

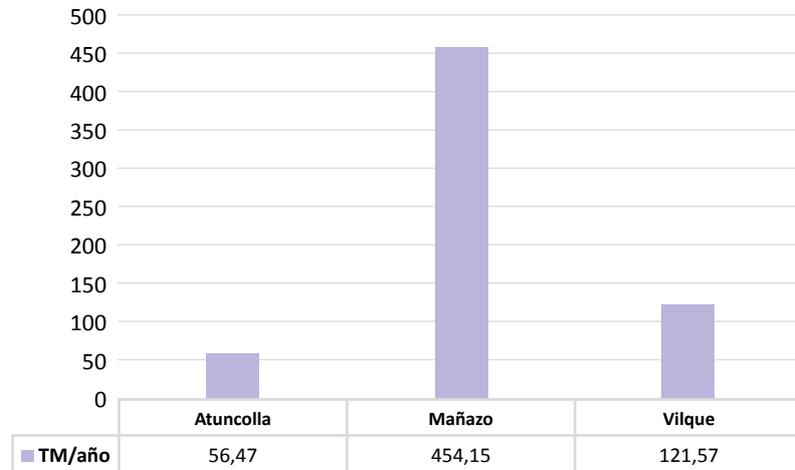
Caudales estimados de aguas residuales según centro urbano cuenca del río Illpa.

Con respecto a la producción de residuos sólidos, según la generación per cápita para los centros urbanos de la cuenca establecidos por el MINAM, fluctúa entre 0,455 kg/persona/día y 0,474 kg/persona/día, de modo que se estiman unas 632 toneladas anuales que se vierten en los botaderos municipales; el 71 % es generado por el centro urbano de Mañazo, el 19,2 % por Vilque y el 8,9 % por Atuncolla.

Es pertinente señalar que el conjunto de fuentes contaminantes identificadas en el ámbito de la cuenca del río Illpa tiene influencia directa en la laguna Umayo (cabeza de río en quechua, y lugar para tomar agua en aymara), localizada a aproximadamente 34 km al noroeste de la ciudad de Puno, en el distrito de Atuncolla. Ubicada frente al complejo arqueológico de Sillustani, está rodeada de áreas pantanosas y pastizales inundados estacionalmente. Tiene una profundidad media de 14 m. Umayo es una laguna de carácter permanente donde habita gran diversidad de fauna acuática como aves, peces y una especie nativa de anfibio, del género *Telmatobius*. En sus riberas se desarrollan actividades de pastoreo y agricultura; los pobladores aprovechan la totora (*Schoenoplectus tatora*) y otros macrofitos sumergidos, conocidos como *llachos*, como forraje para el ganado. En la parte central de la laguna se encuentra la isla Umayo, también conocida como Intimoqo, que tiene una superficie de 125 Ha. Este cuerpo de agua recibe todas las descargas provenientes de la cuenca alta y media de los ríos Mañazo y Vilque, donde se desarrollan labores agropecuarias y actividades urbanas, fuentes generadoras de aguas residuales municipales y residuos sólidos, así como las aguas de retorno de la irrigación Mañazo. Ambas, en conjunto, pueden ser consideradas las principales fuentes de contaminación de las aguas de la laguna Umayo.

Figura 3.29

Generación de residuos sólido en los centros urbanos de la cuenca del río Illpa.



3.2.4.2 Pasivos ambientales

En el ámbito de la cuenca del río Illpa se identificaron 70 pasivos ambientales mineros del total reportados por el Ministerio de Energía y Minas (véase la tabla 3.19).

Tabla 3.19. Pasivos ambientales mineros en el ámbito de la cuenca Illpa

N.º	Pasivos ambientales mineros	Subtipo	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM WGS84		Cuerpo de agua superficial cercano*
					Este	Norte	
1	Aladino VI	Bocamina	Puno	Mañazo	357 607	8 248 579	--
2	Aladino VI	Bocamina	Puno	Mañazo	357 644	8 248 563	--
3	Aladino VI	Plantas de procesamiento	Puno	Mañazo	357 539	8 248 546	--
4	Aladino VI	Bocamina	Puno	Mañazo	357 870	8 248 632	--
5	Aladino VI	Desmonte de mina	Puno	Mañazo	357 610	8 248 583	--
6	Aladino VI	Desmonte de mina	Puno	Mañazo	357 789	8 248 593	--
7	Aladino VI	Plantas de procesamiento	Puno	Mañazo	357 922	8 248 553	--
8	Aladino VI	Desmonte de mina	Puno	Mañazo	357 845	8 248 457	--
9	Aladino VI	Bocamina	Puno	Mañazo	357 781	8 248 579	--
10	Aladino VI	Bocamina	Puno	Mañazo	357 845	8 248 466	--
11	Lolita	Bocamina	Puno	Mañazo	359 463	8 246 996	--
12	Lolita	Bocamina	Puno	Mañazo	359 495	8 246 844	--
13	Lolita	Bocamina	Puno	Mañazo	359 567	8 246 821	--
14	Lolita	Bocamina	Puno	Mañazo	359 563	8 246 829	--
15	Lolita	Bocamina	Puno	Mañazo	359 600	8 246 819	--
16	Lolita	Bocamina	Puno	Mañazo	359 776	8 246 733	Río Ccollpacucho
17	Lolita	Bocamina	Puno	Mañazo	359 396	8 247 291	Río Ccollpacucho
18	Los Rosales	Bocamina	Puno	Vilque	362 135	8 251 447	Río Vilque/Cayra
19	Los Rosales	Bocamina	Puno	Vilque	362 139	8 251 434	Río Vilque/Cayra
20	Los Rosales	Bocamina	Puno	Vilque	362 771	8 251 846	Río Vilque/Cayra
21	Lolita	Desmonte de mina	Puno	Mañazo	359 567	8 246 821	Río Ccollpacucho
22	Lolita	Desmonte de mina	Puno	Mañazo	359 518	8 246 890	Río Ccollpacucho
23	Lolita	Desmonte de mina	Puno	Mañazo	359 457	8 247 064	Río Ccollpacucho
24	Lolita	Desmonte de mina	Puno	Mañazo	359 839	8 246 731	Río Ccollpacucho
25	Los Rosales	Desmonte de mina	Puno	Vilque	362 052	8 251 329	Río Vilque/Cayra
26	Los Rosales	Desmonte de mina	Puno	Vilque	362 135	8 251 447	Río Vilque/Cayra
27	Los Rosales	Desmonte de mina	Puno	Vilque	362 140	8 251 431	Río Vilque/Cayra
28	Los Rosales	Desmonte de mina	Puno	Vilque	362 896	8 251 862	Río Vilque/Cayra
29	Los Rosales	Desmonte de mina	Puno	Vilque	362 424	8 252 048	Río Vilque/Cayra
30	Tres Marias	Bocamina	Puno	Tiquillaca	369 031	8 235 452	Quebrada Sorapillane
31	Tres Marias	Bocamina	Puno	Tiquillaca	368 694	8 235 846	Quebrada Sorapillane
32	Tres Marias	Bocamina	Puno	Tiquillaca	368 599	8 235 827	Quebrada Sorapillane
33	Los Rosales	Desmonte de mina	Puno	Vilque	362 115	8 252 119	Río Vilque/Cayra
34	Los Rosales	Desmonte de mina	Puno	Vilque	362 292	8 251 515	Río Vilque/Cayra
35	Los Rosales	Desmonte de mina	Puno	Vilque	361 930	8 251 334	Río Vilque/Cayra
36	Lolita	Chimenea	Puno	Mañazo	359 315	8 247 266	Río Ccollpacucho
37	Lolita	Chimenea	Puno	Mañazo	359 311	8 247 263	Río Ccollpacucho
38	Tres Marías	Chimenea	Puno	Tiquillaca	368 846	8 235 717	Río Ccollpacucho
39	Tres Marías	Chimenea	Puno	Tiquillaca	369 041	8 235 457	Quebrada Sorapillane
40	Tres Marías	Chimenea	Puno	Tiquillaca	368 745	8 235 856	Quebrada Sorapillane
41	Planta Tiquilaca	Plantas de procesamiento	Puno	Tiquillaca	373 008	8 246 975	Río Condorire
42	Planta Tiquilaca	Media barreta	Puno	Tiquillaca	373 095	8 246 891	Río Condorire

N.º	Pasivos ambientales mineros	Subtipo	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM WGS84		Cuerpo de agua superficial cercano*
					Este	Norte	
43	Tres Marías	Media barreta	Puno	Tiquillaca	368 713	8 235 880	Quebrada Sorapillane
44	Aladino VI	Pique	Puno	Mañazo	357 763	8 248 523	Quebrada Sorapillane
45	Tres Marías	Desmante de mina	Puno	Tiquillaca	368 842	8 235 632	Quebrada Sorapillane
46	Tres Marías	Desmante de mina	Puno	Tiquillaca	368 575	8 235 812	Quebrada Sorapillane
47	Tres Marías	Desmante de mina	Puno	Tiquillaca	368 493	8 235 848	Quebrada Sorapillane
48	Tres Marías	Desmante de mina	Puno	Tiquillaca	368 712	8 235 620	Quebrada Sorapillane
49	Tres Marías	Desmante de mina	Puno	Tiquillaca	368 765	8 235 818	Quebrada Sorapillane
50	Tres Marías	Desmante de mina	Puno	Tiquillaca	368 694	8 235 846	Quebrada Sorapillane
51	Tres Marías	Desmante de mina	Puno	Tiquillaca	368 917	8 235 651	Quebrada Sorapillane
52	Tres Marías	Desmante de mina	Puno	Tiquillaca	368 799	8 235 695	Quebrada Sorapillane
53	Tres Marías	Desmante de mina	Puno	Tiquillaca	368 781	8 235 767	Quebrada Sorapillane
54	Tres Marías	Desmante de mina	Puno	Tiquillaca	368 715	8 235 917	Quebrada Sorapillane
55	Tres Marías	Desmante de mina	Puno	Tiquillaca	368 740	8 235 862	Quebrada Sorapillane
56	Lolita	Material de desbroce	Puno	Mañazo	359 348	8 247 267	Río Ccollpacucho
57	Los Rosales	Material de desbroce	Puno	Vilque	363 099	8 251 498	Río Vilque/Cayra
58	Tres Marías	Rampa	Puno	Tiquillaca	368 490	8 235 827	Quebrada Sorapillane
59	Aladino VI	Relaves	Puno	Mañazo	357 938	8 248 611	Quebrada Sorapillane
60	Aladino VI	Relaves	Puno	Mañazo	357 887	8 248 494	Quebrada Tocsalla
61	Tres Marías	Tajo	Puno	Tiquillaca	369 058	8 235 869	Quebrada Sorapillane
62	Lolita	Relaves	Puno	Mañazo	359 560	8 246 849	Río Ccollpacucho
63	Los Rosales	Relaves	Puno	Vilque	363 006	8 251 713	Río Vilque/Cayra
64	Tres Marías	Tajo	Puno	Tiquillaca	368 648	8 236 363	Quebrada Sorapillane
65	Planta Tiquillaca	Relaves	Puno	Tiquillaca	373 029	8 246 925	Río Condorire
66	Planta Tiquillaca	Relaves	Puno	Tiquillaca	372 992	8 247 040	Río Condorire
67	Los Rosales	Trinchera	Puno	Vilque	362 148	8 251 398	Río Vilque/Cayra
68	Tres Marías	Trinchera	Puno	Tiquillaca	368 795	8 235 697	Quebrada Sorapillane
69	Tres Marías	Trinchera	Puno	Tiquillaca	368 826	8 235 673	Quebrada Sorapillane
70	Tres Marías	Trinchera	Puno	Tiquillaca	368 835	8 235 654	Quebrada Sorapillane

Fuente: RM N.º 102-2015-MEM/DM.

* Elaboración propia.

La relavera Los Rosales, que se ubica en la zona media de la cuenca del río Vilque, fue generada por la empresa minera Los Rosales, hoy de propiedad de la empresa minera Casapalca S.A. Constituye un problema ambiental que afecta la calidad del agua, sobre todo en el periodo de lluvias, cuando drenan aguas ácidas, además de la presencia de residuos sólidos. Ocupa una superficie de 23 000 m², tiene un talud de 35 m de altura y un dique de 135 m de largo, cuya tendencia es a la formación de drenaje ácido; asimismo, existen botaderos de desmontes (RD N.º 284-2001-EM/DGAAA-2001).

Figura 3.30

Cantidad y tipo de fuentes contaminantes en la cuenca del río Illpa.

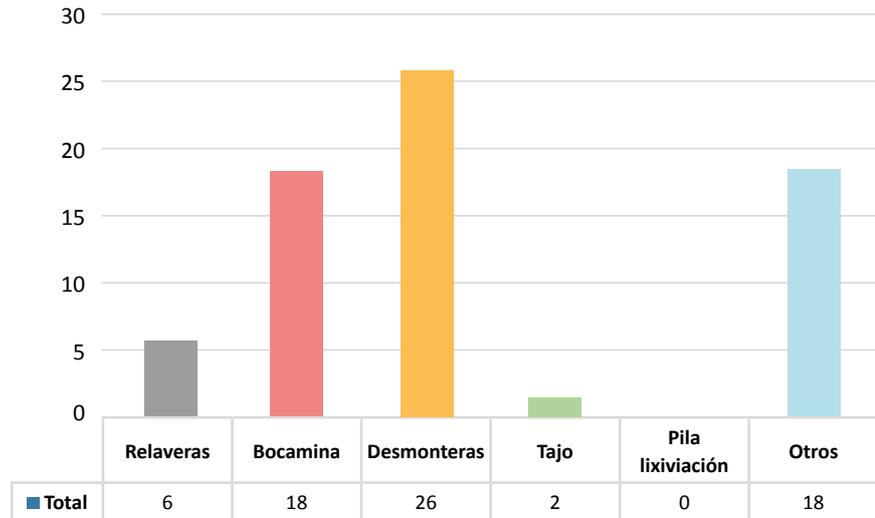


Figura 3.31

(1) Pasivo Minero los Rosales, cercano río Vilque afluente de la laguna Umayo (2) Pasivo minero Jornune, cercano al río Chacalaya, afluente del río Cabanillas (3) Panorámica del pasivo ambiental minero de Quello Quello, cercano al río Chacalaya, afluente del río Cabanillas (4) pasivo minero Minas Pomasi, río cercano es el río Puma Huasi, afluente del río Palca (5) Pasivo Minero Aladino, Cercano al río Quipache, río también conocido río Mañazo (6) Pasivo ambiental minero (relaver Marina Uno) en la naciente del río Suatia. Cortesía. César Iberos (2016).



3.2.4.3 Fuentes contaminantes identificadas En la cuenca del río Illpa se han identificado dos pequeños vertimientos de aguas residuales municipales y un vertimiento de aguas generado por un pasivo ambiental minero (véase la tabla 3.20).

Tabla 3.20. Vertimientos de aguas residuales en el ámbito de la cuenca del río Illpa

N.º	Tipo de vertimiento	Cuerpo receptor	Caudal (L/s)	Responsable	Coordenadas	
					Este	Norte
Vertimientos industriales						
VPAm-1	APAM – Mina Aladino	Río Chictani	0,2	Pasivo ambiental	357 840	8 248 512
Total			0,2			
Vertimientos de aguas residuales municipales						
VARm-1	ARM – Ciudad de Tiquillaca	Río Tiquillaca	0,5	MD de Tiquillaca	372 243	8 252 766
VARm-2	ARM – Ciudad de Mañazo	Río Mañazo	1,1	MD de Mañazo	356 467	8 253 699
VARm-3	ARM – Ciudad de Vilque	Río Vilque	0,7	MD de Vilque	364 369	8 256 309
VARm-4	ARM – Ciudad de Auncolls	Río Atuncolla	0,6	Municipalidad	376 775	8 265 831
Total			1,6			

Fuente: ALA-Juliaca 2015 (VAPAm = vertimiento de aguas residuales de pasivos ambientales mineros. VARm = vertimiento de aguas residuales municipales).

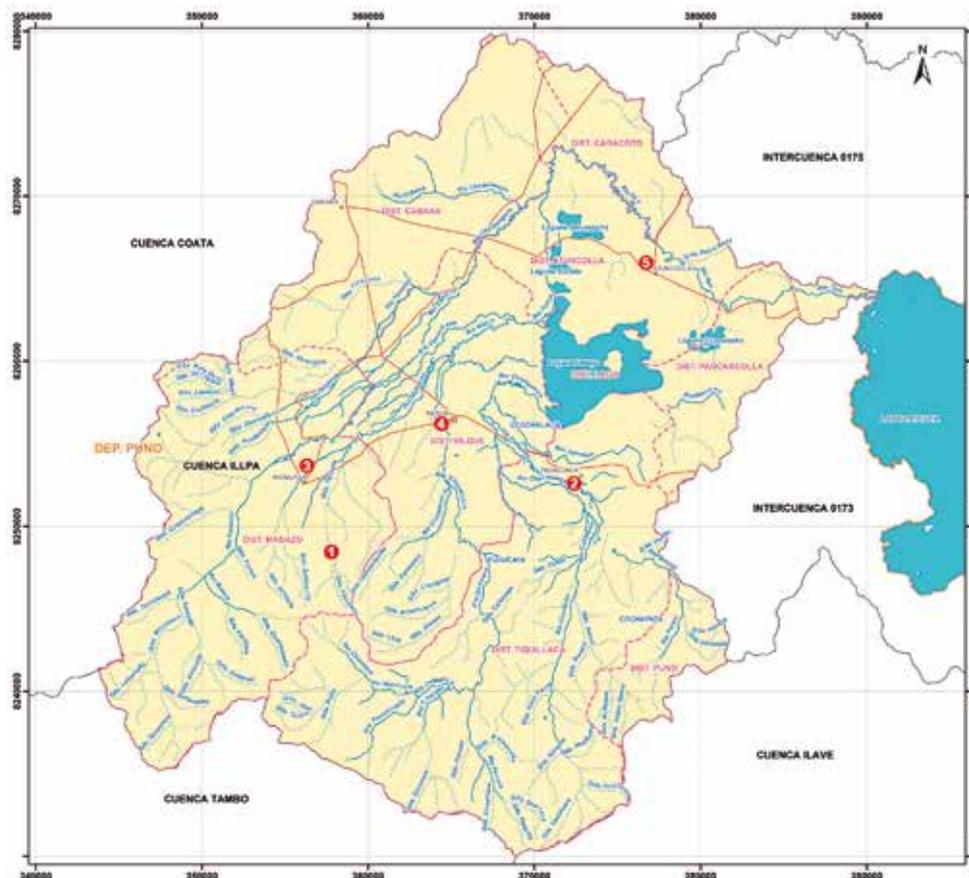
El volumen anual de aguas residuales generadas por el pasivo ambiental minero Aladino es de aproximadamente 6307 m³ y se vierte al río Chicatani, afluente del Mañazo, además de alrededor de 50 457,6 m³/año de aguas residuales municipales que también se vierten a los ríos Mañazo y Tiquillaca, afluentes de la laguna Umayo. Este volumen representa el 46,7 % respecto del total estimado.

En el ámbito de influencia de la cuenca del río Illpa se han registrado cinco botaderos municipales de residuos sólidos, correspondiente a cuatro centros poblados (véase la tabla 3.21).

Tabla 3.21. Inventario de botaderos de residuos sólidos

N.º	Descripción	Zona	Responsables	Coordenadas	
				Este	Norte
BMrs-1	B.M. residuos sólidos	Superficie de suelo abierto a 800 m de distancia del río Illpa	Municipalidad distrital de Atuncolla	377 682	8 265 755
MBrS-2	B.M. residuos sólidos	Superficie del suelo abierto a 50 m de distancia del río Vilque	Municipalidad distrital de Vilque	364 450	8 256 250
BMrs-3	B.M. residuos sólidos	Superficie del suelo abierto a 5 m del río Mañazo	Municipalidad distrital de Mañazo	356 269	8 253 220
BMrs-4	B.M. residuos sólidos	Disposición a cielo abierto	Municipalidad distrital de Cabana	358 914	8 269 830

Fuente: ALA-Juliaca 2015 (BMrs = botadero municipal de residuos sólidos).



VERTIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN EL AMBITO DE LA CUENCA ILLPA				
N°	CODIGO	TIPO DE VERTIMIENTO	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
VERTIENTOS DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES				
1	VPAs-1	A.P.A.M. mina Aladno	357 840	8 248 512
VERTIENTOS DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES				
2	VARs-1	A.R.M. ciudad de Tiquillaca	372 243	8 252 766
3	VPAs-2	A.R.M. ciudad de Maricao	358 467	8 253 699
4	VARs-3	A.R.M. ciudad Vilque	364 369	8 256 309
5	VPAs-4	A.R.M. ciudad de Auncolla	376 775	8 265 831

LEYENDA

- Vertimiento de Aguas Residuales
- ⊙ Capital de Distrito
- ⊙ Centro Poblado
- Vias
- Quebradas
- Rios
- Limite de las Cuencas Hidrograficas
- Limite de Departamentos
- Limite de Distritos
- Lagunas y Lagos

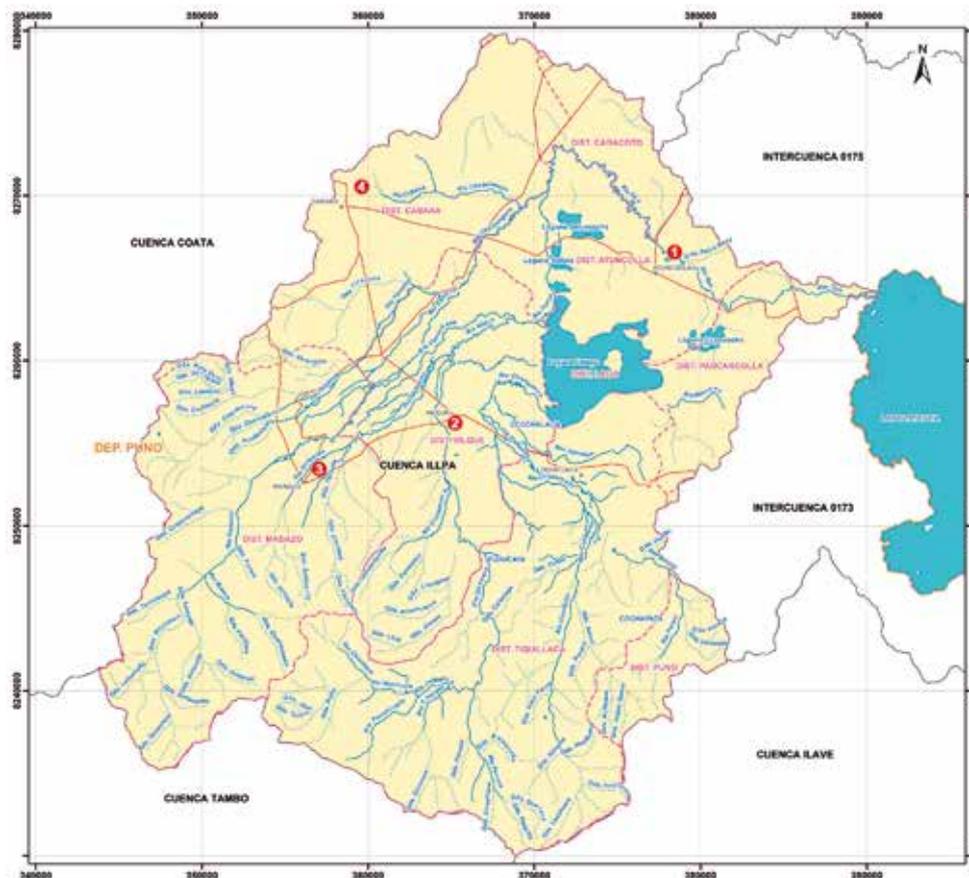


PERU Ministerio de Agricultura y Riego, Autoridad Nacional del Agua

DIRECCION DE GESTION DE CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDROICOS

IDENTIFICACION DE VERTIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN LA CUENCA DEL RIO ILLPA

Escala: 1:175 748
 Agosto 2018
 Proyeccion Universal Transversa Mercator
 Datum horizontal: WGS84
 Datum vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 18 Sur
 Fuente: ANA



INVENTARIO DE BOTADEROS DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL AMBITO DE LA CUENCA ILLPA				
N°	CODIGO	DESCRIPCION	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
1	BtAs-1	S.M. residuos sólidos	377 852	8 255 755
2	BtAs-2	S.M. residuos sólidos	364 450	8 255 250
3	BtAs-3	S.M. residuos sólidos	356 269	8 253 220
4	BtAs-4	S.M. residuos sólidos	368 914	8 269 830

LEYENDA

- Botadero de Residuos Solidos
- ⊙ Capital de Distrito
- ⊙ Centro Poblado
- Vias
- Quebradas
- Rios
- Limite de las Cuencas Hidrograficas
- Limite de Departamentos
- Limite de Distritos
- Lagunas y Lagos



PERU Ministerio de Agricultura y Riego, Autoridad Nacional del Agua

DIRECCION DE GESTION DE CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDROICOS

IDENTIFICACION DE BOTADEROS DE RESIDUOS SOLIDOS EN LA CUENCA DEL RIO ILLPA

Escala: 1:175 748
 Agosto 2018
 Proyeccion Universal Transversa Mercator
 Datum horizontal: WGS84
 Datum vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 18 Sur
 Fuente: ANA

En relación con las cuencas anteriores, la cantidad total de fuentes contaminantes registradas en la cuenca del río Illpa es mínima, con un total de siete, de las cuales cuatro corresponden a los botaderos municipales de residuos sólidos, 02 a vertimientos de aguas residuales municipales, y uno a un vertimiento industrial; sin embargo, junto con las excretas generadas por el ganado y los residuales de los agroquímicos utilizados en la agricultura, constituyen las principales fuentes de contaminación de la laguna Umayo, ya que más del 95 % del drenaje de la cuenca termina en este cuerpo de agua.

Figura 3.32

Cantidad y tipo de fuentes contaminantes en la cuenca del río Illpa.

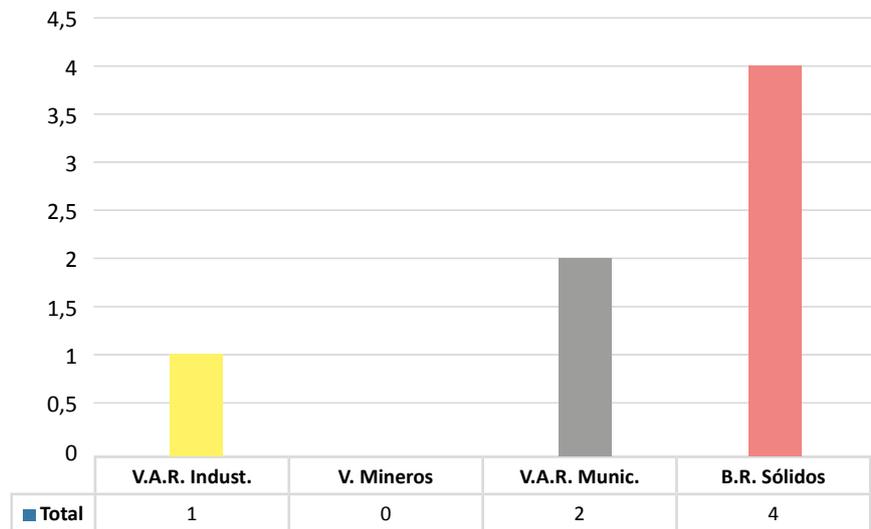
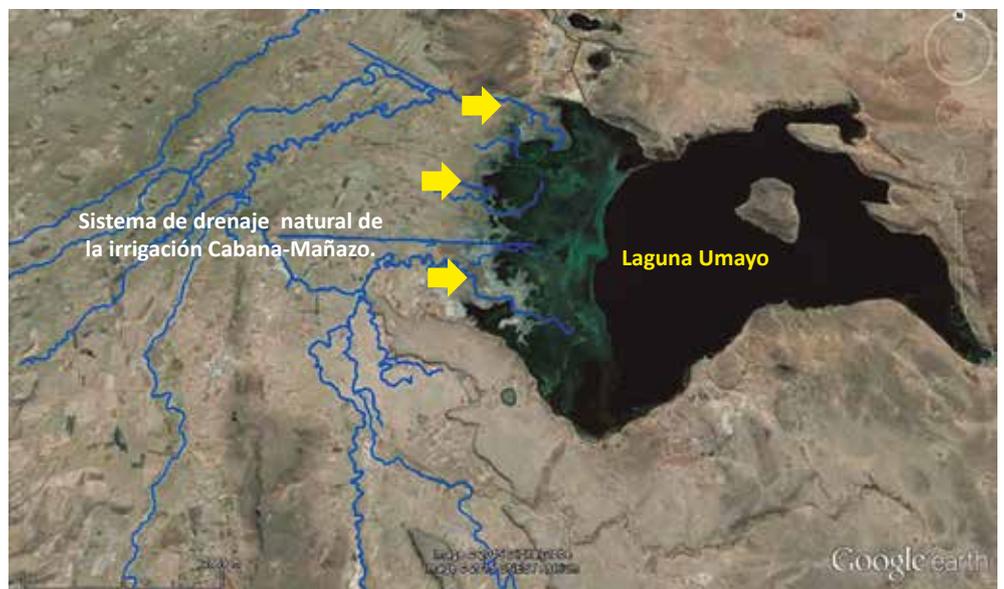


Figura 3.33

Imagen satélite en la que se aprecia el sistema de drenaje natural (ríos) que descargan en la laguna Umayo.



3.2.5 Cuenca del río llave

3.2.5.1 Aguas residuales y residuos sólidos

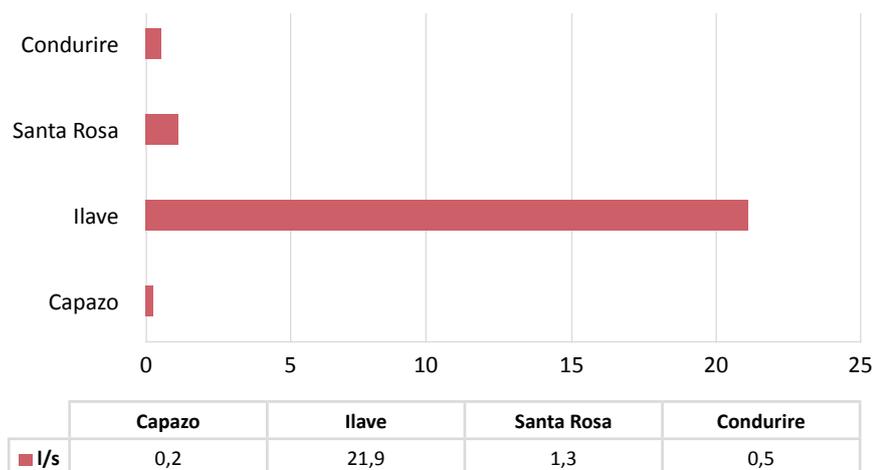
La cuenca del río llave es la tercera en orden de importancia desde el punto de vista poblacional y por su superficie, después de Ramis y Coata. Nace en las alturas de la cuenca de los ríos Coypa Coypa y Chichillapi, con los que a lo largo de su recorrido conforma el río Huenque, que, al unirse con el río Aguas Calientes, forma el río llave. Es una cuenca extensa y con poca población urbana (25 811 habitantes); sus ciudades más importantes son Capazo, Mazo Cruz, Condurire, Santa Rosa e llave (véase la tabla 3.22).

Tabla 3.22. Producción estimada de aguas residuales y residuos sólidos

Provincia	Distrito	Pob. urbana ¹	Generación de aguas residuales ²			Residuos sólidos	
			Q (L/s)	m ³ /año	Cuerpo receptor	GPC (kg/persona/día) ³	(TM/año) ⁴
El Collao	Capazo	176	0,2	1 139	Río Capazo	0,455	29,2
	Ilave	23 694	21,9	691 865	Río Ilave	0,403	3 444,5
	Santa Rosa	1 422	1,3	41 522	Río Santa Rosa	0,455	236,2
	Condurire	519	0,50	15 768	Río Condurire	0,455	86,2
	Pilcuyo	1 438	-	-	-	0,455	238,8
Total general		25 811	23,9	754 294			4 034,9

Fuentes: (1) Población estimada a 2015, con base en las estimaciones y proyecciones de población total y edades quinquenales, según departamento, provincia y distrito, 2005-2015 (INEI, 2010. Boletín especial N.º 21). (2) Elaboración propia. (3) Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú, gestión 2012 (MINAM, 2012). (4) Elaboración propia.

La ciudad de Ilave es la más poblada de la cuenca, con un poco más de 23 mil habitantes (INEI, 2013). Genera aproximadamente 691 000 m³/año de aguas residuales, equivalentes a 21,9 L/s, que son conducidas a dos lagunas de oxidación colapsadas cuyo efluente se descarga en la margen izquierda del río Ilave, al noreste de la ciudad y a 28 km del lago Titicaca.

**Figura 3.34**

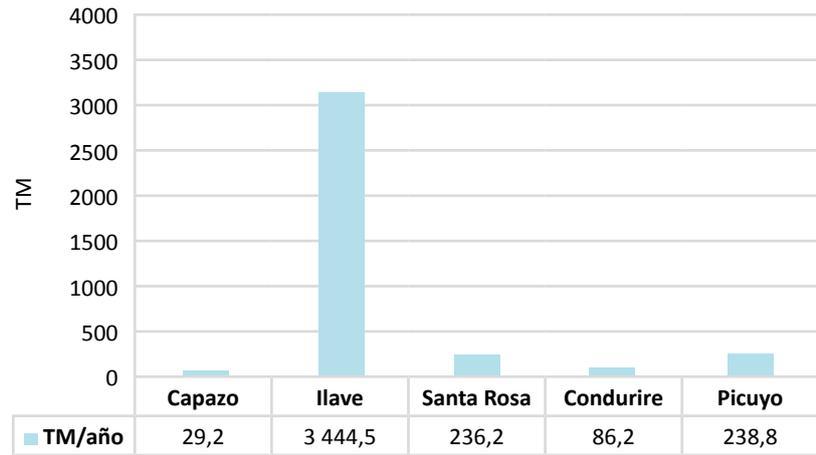
Caudales estimados de aguas residuales según centro urbano cuenca del río Ilave.

Pese a que el caudal del río Ilave es significativo, el efecto de este vertimiento es evidente, sobre todo en el periodo de estiaje, cuando en la zona de influencia directa el río presenta una coloración parduzca y en la orilla se observa abundancia de fango de color negro y de olor fétido.

Con respecto a los residuos sólidos, se ha estimado que la ciudad de Ilave produce el 85,4 % (3 444,5 TM/año) de los generados en la cuenca. Hasta hace aproximadamente cinco años, la disposición se realizaba en el botadero municipal ubicado en la margen izquierda del río Ilave, y a menos de 2 m de su cauce. Se estima que este botadero ocupa una superficie aproximada de 3900 m² y contiene alrededor de 10 000 m³ de basura, de modo que constituye una fuente importante de contaminación directa del río Ilave, debido a la presencia de todo tipo de residuos, en particular residuos peligrosos que son arrastrados río abajo durante el periodo de avenidas.

Figura 3.35

Generación de residuos sólido en los centros urbanos de la cuenca del río llave.



Entre el botadero municipal abandonado y las lagunas de oxidación existe una quebrada que confluye por la margen izquierda con el río llave, la cual es utilizada por la población aledaña como botadero clandestino de residuos sólidos cuya acumulación genera lixiviados de color negro que llega al río llave.

3.2.5.2 Otras actividades productivas

Las principales actividades productivas que se practican en el ámbito de la cuenca del río llave, entre la zona circunlacustre y la zona alta, son la ganadería y la agricultura de secano. Respecto de la primera, a 2011 se contaba con 421 460 cabezas de ganado entre vacunos (44 620), ovinos (208 160) y alpacas (168 680), principalmente (INEI, 2011), En tanto, la agricultura de secano se desarrolla principalmente en la franja circunlacustre entre Picuyo, Airiputi y Huañascuyo. Las deyecciones bovinas son el mayor desecho producido en los campos agropecuarios y su cantidad está en función del número y edad de cabezas de ganado. Si se consideran terneros, vacas y vacas lecheras, la cantidad promedio de deyecciones (orina + heces) del ganado vacuno es de 27 kg/día (Rodríguez, 2002). Para el caso de la cuenca del lago Titicaca, la producción anual de este tipo de desechos sería de aproximadamente 439 730 TM/año, aunque esta cantidad puede ser relativamente menor si tiene en cuenta la raza de ganado vacuno que se cría en la zona.

3.2.5.3 Pasivos ambientales mineros

En el ámbito de la cuenca del río llave, el Ministerio de Energía y Minas reportó en 2015 treinta pasivos ambientales mineros (véase la tabla 3.23).

Tabla 3.23. Pasivos ambientales mineros en el ámbito de la cuenca llave

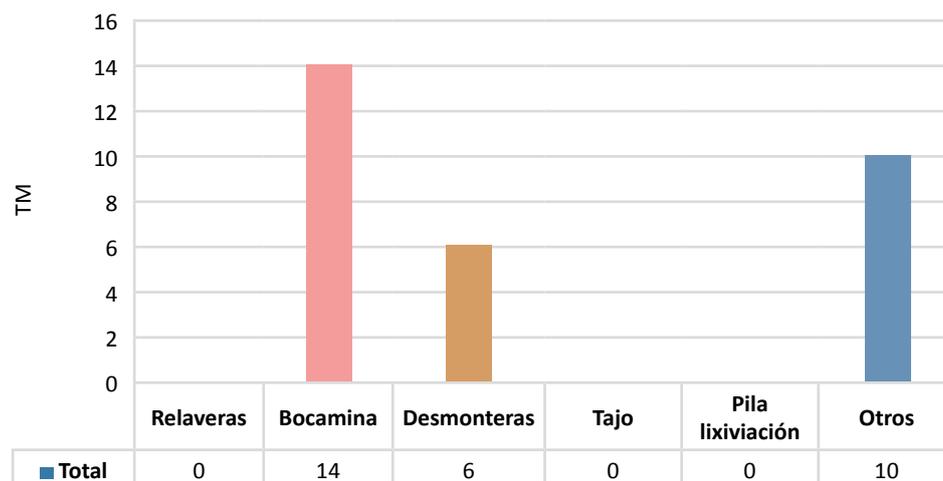
N.º	Pasivos ambientales mineros	Subtipo	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM WGS84		Cuerpo de agua superficial cercano*
					Este	Norte	
1	Condorquiña	Bocamina	Puno	Pichacani	380 009	8 217 474	Río Causillune
2	Condorquiña	Bocamina	Puno	Pichacani	379 846	8 217 519	Río Causillune
3	Guadalupe	Desmonte de mina	Puno	Pichacani	381 163	8 214 426	Río Querquere
4	Pichacane	Bocamina	Puno	Pichacani	379 074	8 218 767	Río Soracucho
5	Pichacane	Bocamina	Puno	Pichacani	379 067	8 218 716	Río Soracucho
6	Pichacane	Bocamina	Puno	Pichacani	378 903	8 219 157	Río Soracucho
7	Pichacane	Bocamina	Puno	Pichacani	378 910	8 219 149	Río Soracucho
8	Pichacane	Bocamina	Puno	Pichacani	379 062	8 218 716	Río Soracucho
9	Pichacane	Bocamina	Puno	Pichacani	379 087	8 218 791	Río Soracucho
10	Pichacane	Bocamina	Puno	Pichacani	379 068	8 219 070	Río Soracucho
11	Pichacane	Bocamina	Puno	Pichacani	379 029	8 219 222	Río Soracucho
12	Pichacane	Bocamina	Puno	Pichacani	370 938	8 219 203	Río Soracucho
13	Pichacane	Bocamina	Puno	Pichacani	378 996	8 219 244	Río Soracucho
14	Pichacane	Bocamina	Puno	Pichacani	378 814	8 217 824	Río Pichacani
15	Pichacane	Bocamina	Puno	Pichacani	379 039	8 219 105	Río Soracucho
16	Pichacane	Chimenea	Puno	Pichacani	378 828	8 219 312	Río Soracucho
17	Pichacane	Chimenea	Puno	Pichacani	378 806	8 219 358	Río Soracucho
18	Pichacane	Chimenea	Puno	Pichacani	378 866	8 219 394	Río Soracucho
19	Pichacane	Chimenea	Puno	Pichacani	378 955	8 219 173	Río Soracucho
20	Pichacane	Desmonte de mina	Puno	Pichacani	378 978	8 219 202	Río Soracucho
21	Pichacane	Desmonte de mina	Puno	Pichacani	379 094	8 218 783	Río Soracucho
22	Pichacane	Desmonte de mina	Puno	Pichacani	379 067	8 219 112	Río Soracucho
23	Pichacane	Desmonte de mina	Puno	Pichacani	379 050	8 219 207	Río Soracucho
24	Pichacane	Desmonte de mina	Puno	Pichacani	378 978	8 219 200	Río Soracucho
25	Pichacane	Pique	Puno	Pichacani	379 040	8 218 996	Río Soracucho
26	Pichacane	Pique	Puno	Pichacani	379 061	8 219 996	Río Soracucho
27	Pichacane	Pique	Puno	Pichacani	379 066	8 219 023	Río Soracucho
28	Pichacane	Rampa	Puno	Pichacani	378 848	8 219 382	Río Soracucho
29	Pichacane	Rampa	Puno	Pichacani	378 994	8 211 888	Río Mamanama
30	Pichacane	Rampa	Puno	Pichacani	378 923	8 218 971	Río Soracucho

Fuente: RM N.º 102-2015-MEM/DM.

Del total de pasivos ambientales mineros registrados, el 46,7 % corresponde a bocaminas, el 6 % a desmonteras, el 10 % a piques y el 23,3 % a otros pasivos mineros (rampas y chimenea). No se reporta presencia de relaveras.

Figura 3.36

Cantidad y tipo de pasivos ambientales mineros en la cuenca llave.



De estos treinta pasivos, veinticinco están ubicados en las proximidades de la laguna Sorachuco, próximos a la quebrada Causillune, uno cerca de la quebrada Querequere y el otro cerca de la laguna Mamanama.

3.2.5.4 Fuentes contaminantes identificadas en el ámbito de la cuenca del río llave e intercuenas aledañas

En mayo de 2015, la Administración Local del Agua llave identificó las fuentes contaminantes que se presentan en la tabla 3.24.

Tabla 3.24. Vertimientos de aguas residuales en el ámbito de la cuenca del río llave e intercuenas aledañas

N.º	Tipo de vertimiento	Caudal (L/s)	Cuerpo receptor	Responsable	Coordenadas	
					Este	Norte
Vertimientos de aguas residuales industriales						
V-In-1	A.R.I Camal Municipal de la ciudad de llave.	1,0	Río llave	Municipalidad Provincia de El Collai.	434 026	8 221 856
V-In-2	A.R.I Camal Privado.	0,5	Río Jelata	Camal Privado en el C.P. Mi Perú	392 089	8 242 025
Total		1,5				
Vertimientos de aguas residuales municipales						
VARm-1	A.R.M. Ciudad de llave.	0,2	Río llave	Municipalidad provincia de El Collao	432 615	8 222 404
VARm-2	A.R.M. Ciudad de llave.	100,0	Río llave	Municipalidad provincia de El Collao	433 221	8 222 619
VARm-3	A.R.M. Ciudad de llave.	0,2	Río llave	UGAS llave	432 578	8 222 167
VARm-4	A.R.M. Centro P. Condurire.	0,9	Río Huenque	Municipalidad Distrital de Conduriri.	426 776	8 162 619
VARm-5	A.R.M Ciudad Santa Rosa.	0,4	Río Huenque	Municipalidad Distrital de Santa Rosa.	409 715	8 146 865
VARm-6	A.R.M Ciudad Mazo Cruz.	1,0	Río Huenque	Municipalidad Distrital de Mazo Cruz.	425 665	8 149 677
VARm-7	A.R.M Centro P. Totorani.	0,5	Río Grande	Centro Poblado Totorani.	418 459	8 208 632
VARm-8	A.R.M. Ciudad de Laraqueri (planta de tratamiento con macrofitas-Totora).	Intermitente	Río Loripongo	Municipalidad Distrital de Pichacani Laraqueri.	387 650	8 214 130
VARm-9	A.R.M Centro P. Huacochullo.	1,0	Río Blanco	Convenio con Minera Auntani y el Municipio de Huacochullo.	365 702	8 191 668
Total		103,2				

Intercuencias aledañas (0173, 0155 y Mauri Chico)						
V-In-1	A.R.I Planta de elaboración de quesos.	0,1	Canal natural de aguas pluviales.	Municipalidad Distrital de Acora*	414 317	8 234 291
VARm-4	A.R.M. Centro P. de Kelluyo.	intermitente	Río Collpajahuaira	Municipalidad Distrital de Kelluyo**	475 876	8 151 166
VARm-5	A.R.M. Centro. P Pisacoma.	1,3	Río Pisacoma	Municipalidad Distrital de Pisacoma***	460 710	8 132 075
Total		1,4				

Fuente: ALA llave – 2015 (V-In = vertimiento de agua residual industrial; VARm = vertimiento de aguas residuales municipales)

Donde:

- * = Vertimiento ubicado en la intercuenca 0173
- ** = Vertimiento ubicado en la intercuenca 0155
- *** = Vertimiento ubicado en la cuenca del Mauri Chico



Figura 3.37

- (1) Vertimiento de aguas residuales municipales (llave) al río llave.
- (2) Vertimiento de aguas residuales industriales procedentes del camal municipal de El Collao-llave.
- (3) Vertimiento de aguas residuales municipales de Pizacoma.
- (4) Vertimiento de aguas residuales de Mazo Cruz.
- (5) Procesadores de tunta (Chijichaya) en el río llave.
- (6) Vertimiento de aguas residuales municipales, Totorani. Cortesía C. Ramos.

Como se observa en la tabla 3.24, en el ámbito de la cuenca del río llave y cuencas aledañas (intercuencas 0173, 0115 y Mauri Chico) se han identificado tres vertimientos de origen industrial, con un caudal total de 1,6 L/s (50 458 m³/año) y once vertimientos de aguas residuales municipales con un caudal total de 103 L/s (3,2 Hm³/año). Los vertimientos identificados son descargados a diversos cuerpos naturales de agua de la cuenca, y representan fuentes puntuales de contaminación del agua.

En materia de gestión, la situación actual tanto de las aguas residuales como de los residuos sólidos, refleja la escasa importancia que le conceden las autoridades municipales, regionales y población en general.

Se han registrado catorce botaderos municipales de residuos sólidos a lo largo de la cuenca del río llave, todos ellos a cielo abierto (véase la tabla 3.25).

Tabla 3.25. Inventario de botaderos de residuos sólidos, cuenca del río llave y aledañas

N.º	Descripción	Zona	Responsables	Coordenadas	
				Este	Norte
BMrs-1	B.M. residuos sólidos (Cancharani)	Cuenca alta del río llave	Municipalidad Provincial de Puno	389 809	8 242 651
MBrS-2	B.M. en Qda. afluente río llave	Río llave	Población de la ciudad de llave	432 978	8 222 737
BMrs-3	B.M. residuos sólidos abandonado	Río llave	Municipalidad provincial El Collao	432 922	8 222 658
BMrs-4	B.M. residuos sólidos	Margen izquierda del cauce del río llave	Municipalidad de El Collao	432 088	8 220 806
BMrs-5	B.M. residuos sólidos	A 30 m del río Huenque	Municipalidad Centro Poblado de Santa Rosa	408 891	8 146 745
BMrs-6	B.M. residuos sólidos	A cielo abierto	Municipalidad Distrital de Santa Rosa Mazo Cruz	423 236	8 150 388
BMrs-7	B.M. residuos sólidos	A 2 m del río llave	Municipalidad Distrital de Conduriri	424 255	8 161 894
BMrs-8	B.M. residuos sólidos	A 100 m del río Huenque	Centro Poblado de Chijichaya	426 518	8 213 712
BMrs-9	B.M. residuos sólidos	A 50 m del río Huenque	Población del Centro Poblado de Chijichaya	426 221	8 213 155
BMrs-10	B.M. residuos sólidos	Río Loripongo	Municipalidad Distrital de Pichacani Laraqueri	386 661	8 213 898
BMrs-11	B.M. residuos sólidos	Río Loripongo	Bañista de las aguas termales de Loripongo	377 989	8 20 1043
BMrs-12	B.M. residuos sólidos	Río llave (cauce) margen izquierda.	Municipalidad Provincial de El Collao.	433 032	8 222 653
BMrs-13	B.M. residuos sólidos	A 1.8 Km del río llave	Municipalidad distrital de Pilcuyo	439 909	8 219 491
Cuencas aledañas: 0155, Mauri Chico y Callacame					
BMrs-5	B.M. residuos sólidos	A cielo abierto	Municipalidad Distrital de Kelluyo*	475 460	8 148 872
BMrs-6	B.M. residuos sólidos	A 30 m del río Pisacoma	Municipalidad Distrital de Pisacoma**	460 800	8 129 524
BMrs-7	B.M. residuos sólidos	A cielo abierto	Municipalidad Distrital de Huacullani***	464 693	8 162 005

Fuente: ALA llave 2015 (BMrs = Botadero municipal de residuos sólidos)

Donde:

* = Vertimiento ubicado en la intercuenca 0155

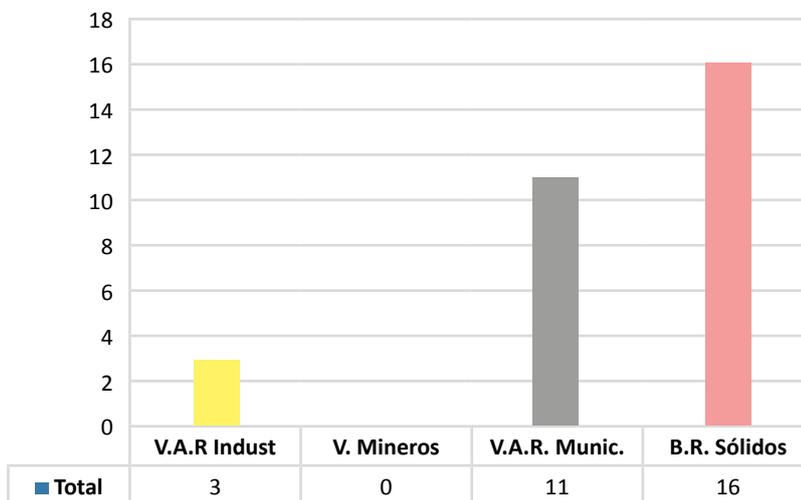
** = Vertimiento ubicado en la cuenca Mauri Chico

*** = Vertimiento ubicado en la cuenca Callacame

En el ámbito de la cuenca del río llave y aledañas (intercuenca 0155, Mauri Chico y Callacame) se han identificado en total treinta fuentes contaminantes: tres vertimientos industriales, once vertimientos de aguas residuales municipales y dieciséis botaderos municipales de residuos sólidos. No se han encontrado vertimientos mineros. En los mapas adjunto se observa la ubicación de cada una de las fuentes contaminantes identificadas.

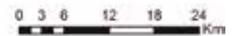
Figura 3.38

Cantidad y tipo de fuentes contaminantes en la cuenca del río llave.





VERTIENTES DE AGUAS RESIDUALES EN EL AMBITO DE LA CUENCA ILAVE				
N°	CODIGO	TIPO DE VERTIMIENTO	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
VERTIENTES DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES				
1	V-in-1	A.R.I Canal Municipal de la ciudad de Ilave.	434 025	8 221 856
2	V-in-2	A.R.I Canal Privado.	380 080	8 242 025
VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES				
3	VARm-1	A.R.M. Ciudad de Ilave.	432 615	8 222 404
4	VARm-2	A.R.M. Ciudad de Ilave.	433 221	8 222 619
5	VARm-3	A.R.M. Ciudad de Ilave.	432 578	8 222 167
6	VARm-4	A.R.M. Centro P. Condlave.	426 778	8 162 619
7	VARm-5	A.R.M. Ciudad Santa Rosa.	409 715	8 146 865
8	VARm-6	A.R.M. Ciudad Maza Cruz.	425 665	8 149 677
9	VARm-7	A.R.M. Centro P. Totora.	418 450	8 208 632
10	VARm-8	A.R.M. Ciudad de Laraque (planta de tratamiento con macrofitas - Totora).	387 650	8 214 130
11	VARm-9	A.R.M. Centro P. Huacochullo.	365 702	8 191 668



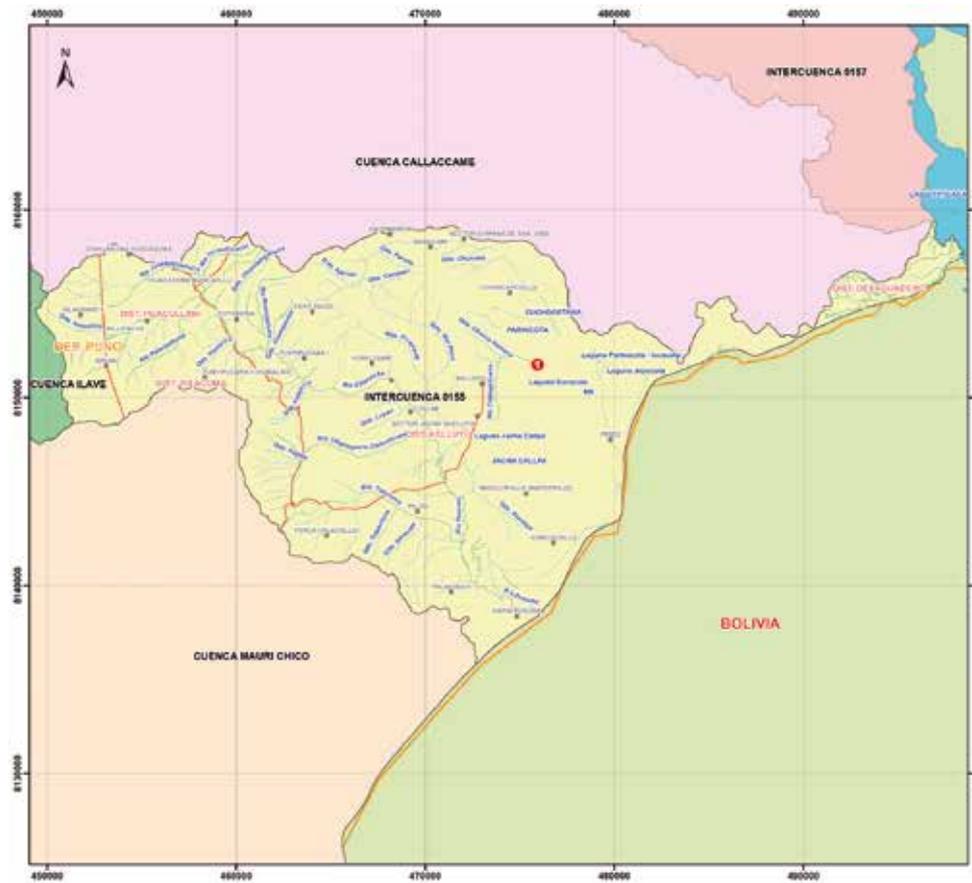
PERU Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente
 DIRECCION DE GESTION Y CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS
IDENTIFICACION DE VERTIENTES DE AGUAS RESIDUALES EN LA CUENCA DEL RIO ILAVE
 Fecha: 1 08 019
 Agente: S.M.
 Proyeccion Geografica: Transversal Mercator
 Datum Nacional: WGS84
 Datum vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 18 Sur
 Puntos: 324



INVENTARIO DE BOTADEROS DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL AMBITO DE LA CUENCA ILAVE				
N°	CODIGO	DESCRIPCION	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
1	BMa-1	B.M. residuos sólidos (Cancharani)	389 809	8 242 851
2	BMa-2	B.M. en Oda. afluente río Ilave	432 978	8 222 737
3	BMa-3	B.M. residuos sólidos abandonado	432 922	8 222 658
4	BMa-4	B.M. residuos sólidos	432 088	8 220 806
5	BMa-5	B.M. residuos sólidos	408 891	8 146 745
6	BMa-6	B.M. residuos sólidos	423 236	8 150 388
7	BMa-7	B.M. residuos sólidos	424 255	8 101 804
8	BMa-8	B.M. residuos sólidos	426 518	8 213 712
9	BMa-9	B.M. residuos sólidos	426 221	8 213 155
10	BMa-10	B.M. residuos sólidos	386 661	8 213 698
11	BMa-11	B.M. residuos sólidos	377 989	8 201 043
12	BMa-12	B.M. residuos sólidos	433 032	8 222 853
13	BMa-13	B.M. residuos sólidos	439 908	8 219 401



PERU Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente
 DIRECCION DE GESTION Y CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS
IDENTIFICACION DE BOTADEROS DE RESIDUOS SOLIDOS EN LA CUENCA DEL RIO ILAVE
 Fecha: 1 08 019
 Agente: S.M.
 Proyeccion Geografica: Transversal Mercator
 Datum Nacional: WGS84
 Datum vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 18 Sur
 Puntos: 324



VERTIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁMBITO DE LA INTERCUENCA 0155				
N°	CODIGO	TIPO DE VERTIMIENTO	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
VERTIENTOS DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES				
1	VAR09-1	A.R.M. Centro P. de Kelloje	475 876	8 151 198

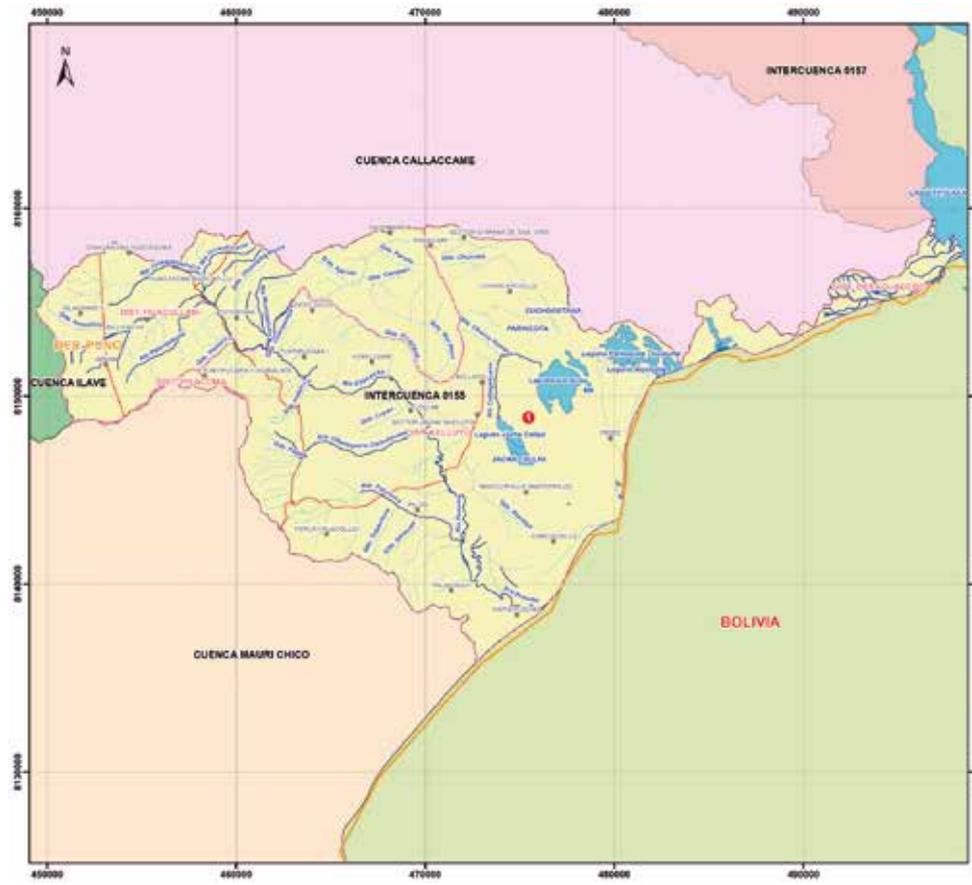


PERU Ministerio de Agricultura y Riego, Autoridad Nacional del Agua

DIRECCION DE GESTION DE CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS

IDENTIFICACIÓN DE VERTIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN LA INTERCUENCA 0155

Escala: 1:100,000
 Agosto 2016
 Proyección Universal Transversa Mercator
 Datum Geocéntrico WGS84
 Datum vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 18 Sur
 Fuente: ANA



INVENTARIO DE BOTADEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL ÁMBITO DE LA INTERCUENCA 0155				
N°	CODIGO	DESCRIPCION	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
1	BA09-1	B. M. residuos solidos	475 460	8 148 872

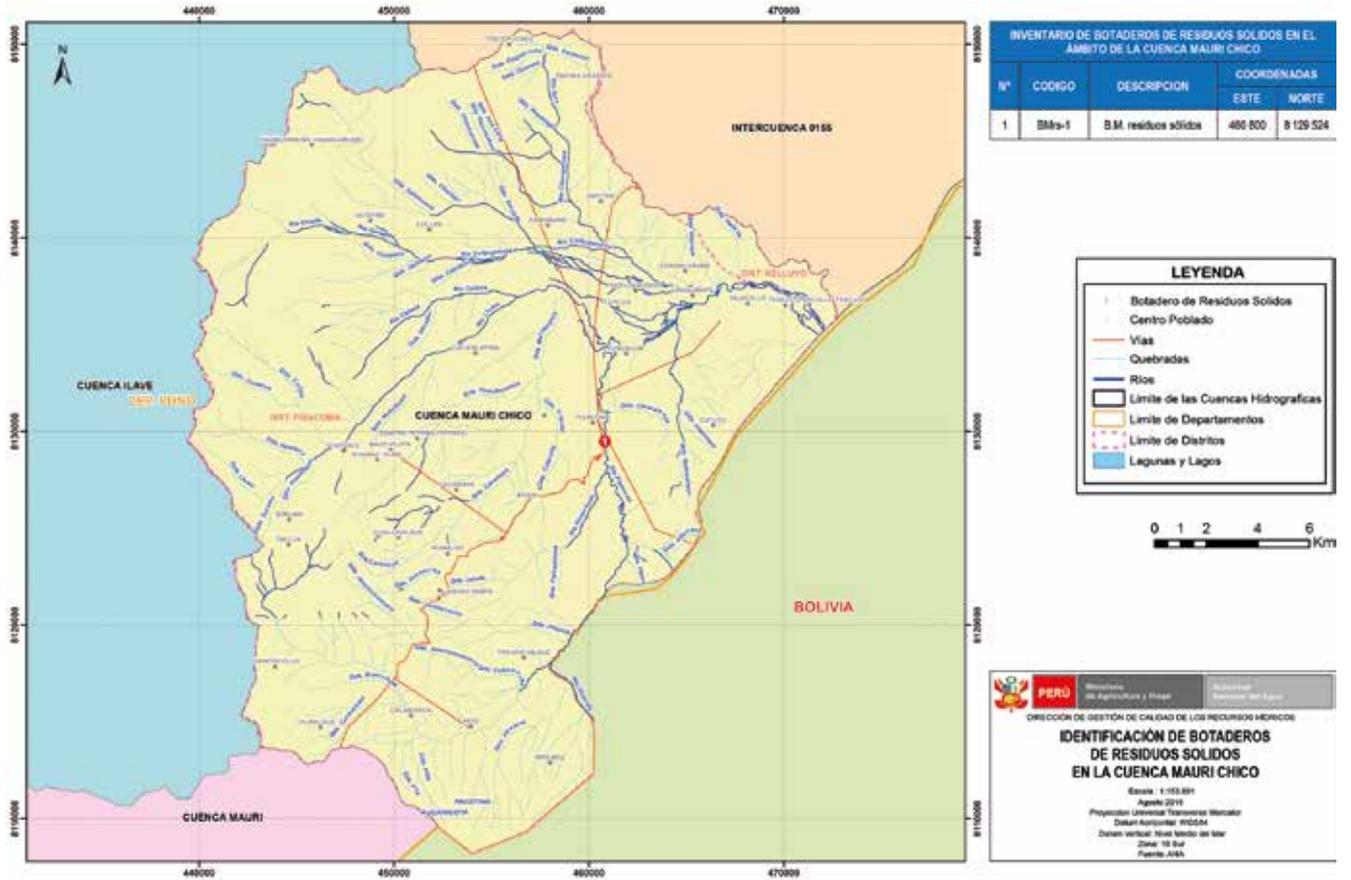


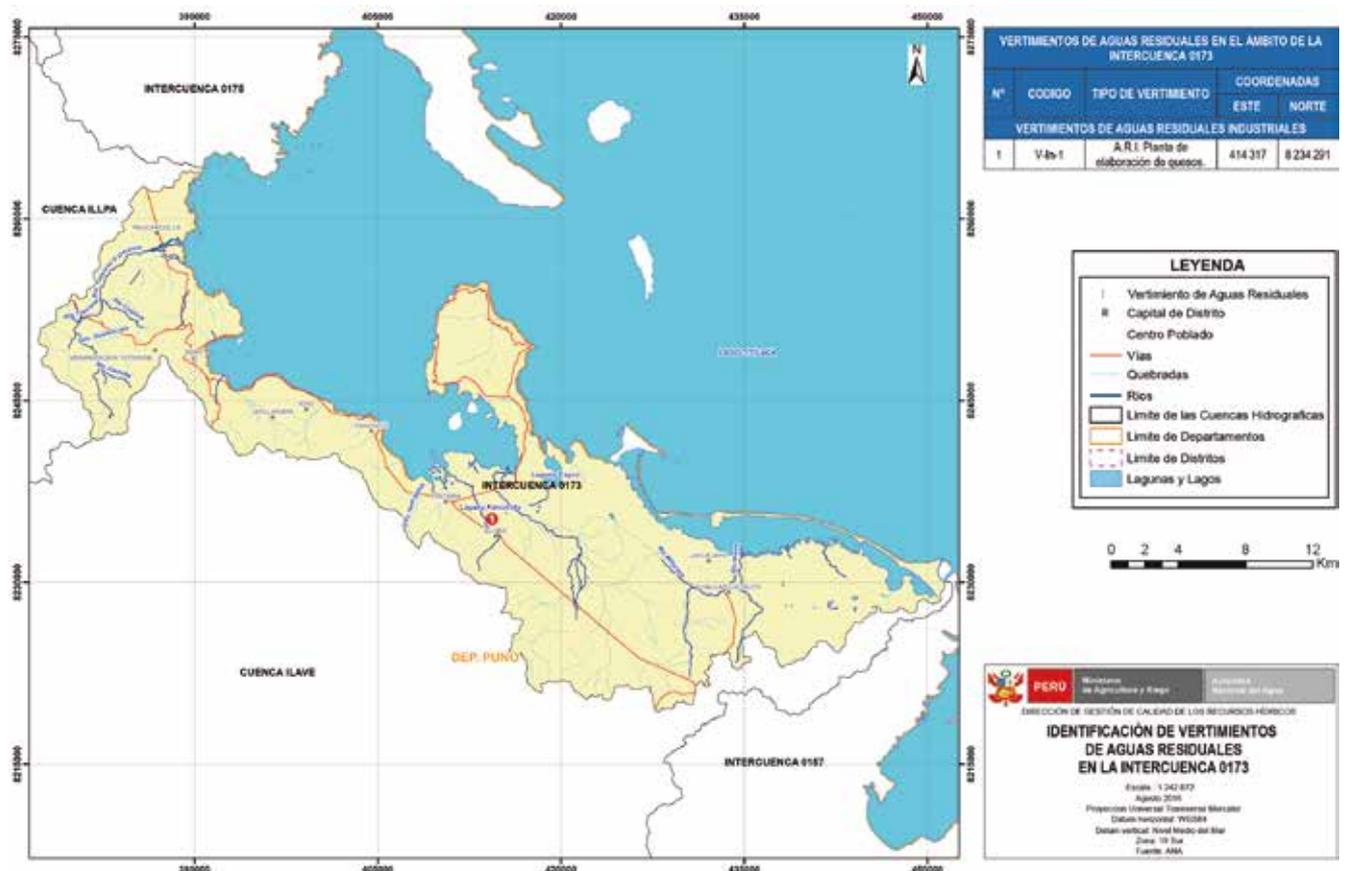
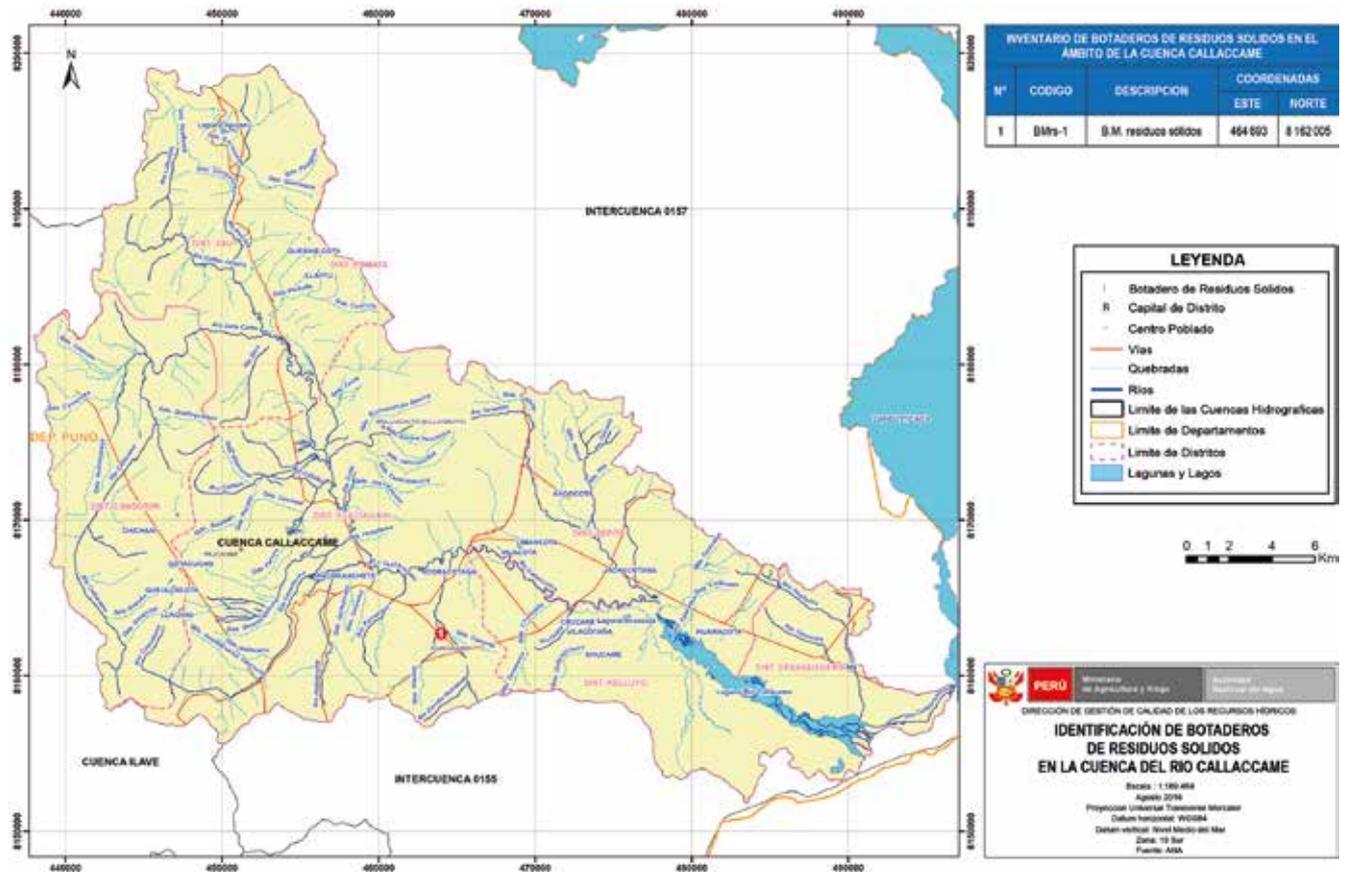
PERU Ministerio de Agricultura y Riego, Autoridad Nacional del Agua

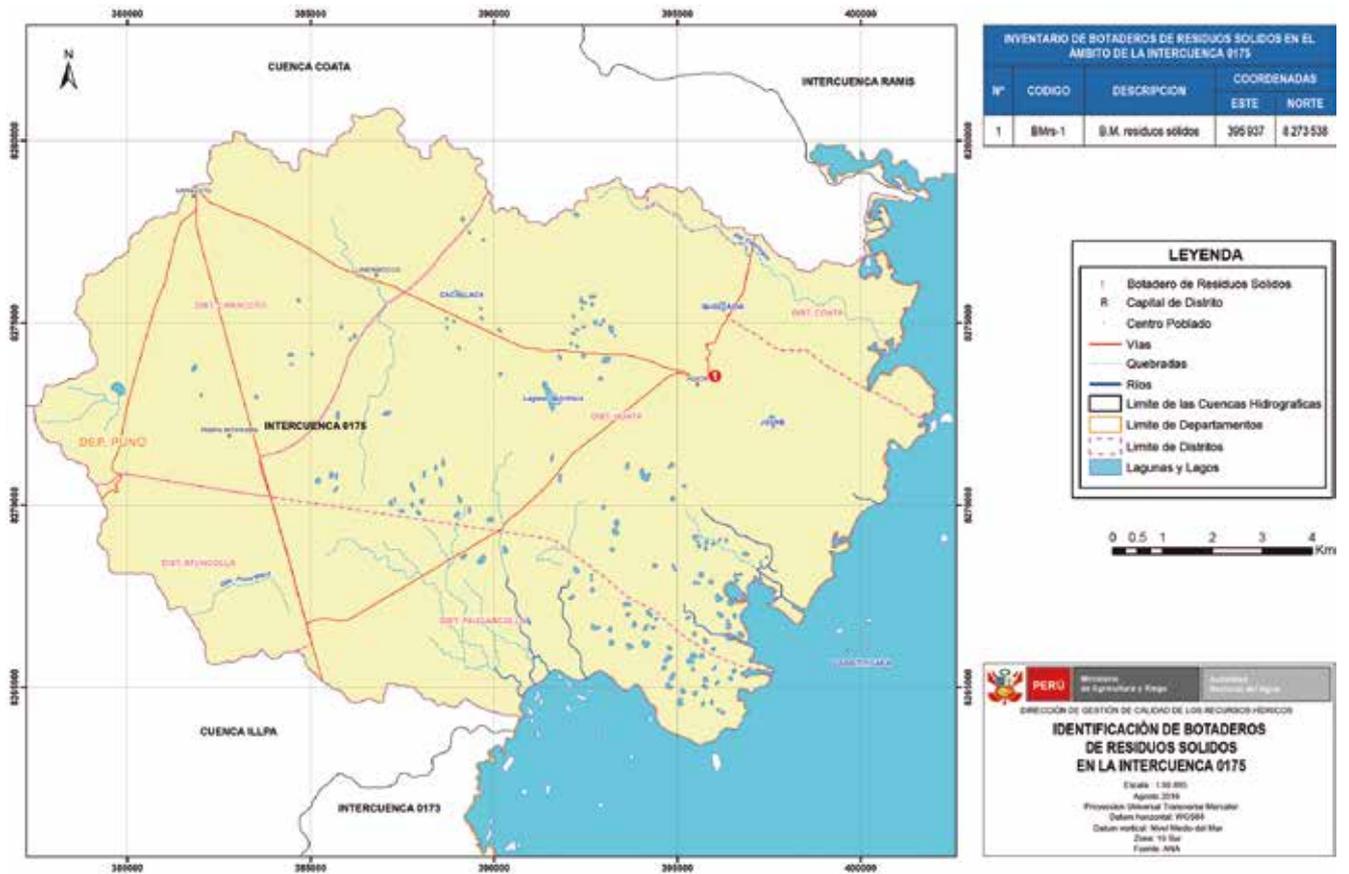
DIRECCION DE GESTION DE CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS

IDENTIFICACIÓN DE BOTADEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA INTERCUENCA 0155

Escala: 1:100,000
 Agosto 2016
 Proyección Universal Transversa Mercator
 Datum Geocéntrico WGS84
 Datum vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 18 Sur
 Fuente: ANA



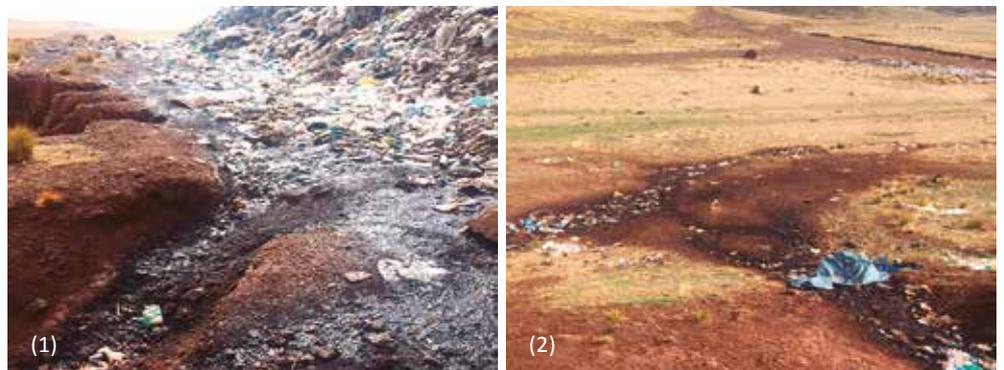




De los dieciséis botaderos municipales de residuos sólidos, el de Cancharani, manejado por la municipalidad provincial de Puno, es el más importante en virtud de su extensión y volumen. Tiene una superficie efectiva ocupada de aproximadamente 5 hectáreas, está ubicado a 8 km de la ciudad de Puno, al suroeste del cerro Cancharani, a una altitud de 4000 msnm. Es usado desde 1997 para depositar diariamente alrededor de 93,14 TM/día, equivalentes a 33 996 TM/año. Se ubica cerca de una zona hidromórfica (bofedal), donde se observa la presencia de lixiviados de color negro, cuyo caudal se incrementa en el periodo de lluvias.

Figura 3.39

(1) Vista en la que se aprecia el lixiviado procedente del botadero Cancharani. (2) Vista en la que se puede ver el drenaje superficial del lixiviado.



En la tabla 3.26 se presenta la composición física de la basura. Como se puede observar, el 64,18 % (21 819 TM/año) corresponde a residuos sólidos orgánicos, lo que refleja un alto potencial para la elaboración de *compost*; mientras, el 13,72 % (4 664 TM/año) está constituido por papel, cartón, plásticos, entre otros materiales correspondientes al rubro de residuos sólidos reciclables; el 3,81 % (2 176 TM/año) son residuos reciclables no comerciales; el 3,81 % (1 295 TM/año), residuos no reciclables; el 3,13 % (1 064 TM/año), residuos inertes y otros; y el 8,76 % (2 978 TM/año), residuos peligrosos (MPP, 2013).

Tabla 3.26. Composición física de los residuos sólidos

Tipo material	%	t/día
Residuos compostables	64,18	21 819
Materia orgánica	61,38	20 867
Madera, follaje	2,8	952
Residuos comerciales reciclables inorgánicos	13,72	4 664
Papel	1,64	558
Plástico PET	1,84	626
Plástico duro	1,85	629
Vidrio	2,47	840
Cartón	3,76	1 278
Material ferroso	1,73	588
Caucho, cuero, jebe	0,42	143
Residuos reciclables inorgánicos no comerciales	6,4	2 176
Tetra pack	0,39	133
Papel periódico	3,89	1 322
Telas, textiles	2,11	717
Residuos no reciclables	3,81	1 295
Bolsas de despacho, envolturas de alimentos y otros similares	3,82	1 299
Tecnopor y similares	0,49	167
Residuos domésticos peligrosos	8,76	2 978
Residuos de medicina, focos, etcétera	0,35	119
Residuos de servicios higiénicos, pañales descartables	8,41	2 859
Residuos domésticos inertes y otros	3,13	1 064
Tierra, porcelana, cenizas	1,02	347
Otros	2,12	721

Fuente: Municipalidad Provincial de Puno (2013).

Según la tabla 3.26, la cantidad anual de residuos peligrosos bordea las 119 TM/año, conformadas por “medicinas” y focos, y 2 859 TM/año corresponden a otros materiales.

Figura 3.40

- (1) Botadero municipal antiguo a orillas del río llave.
- (2) Lixiviado de un botadero de residuos sólidos ubicado en una quebrada afluyente del río llave.
- (3) Botadero de residuos sólidos de Mazo Cruz.
- (4) Botadero municipal de residuos sólidos de Keluyo.
- (5) Botaderos municipales de residuos sólidos de Cancharani, ciudad de Puno.
- (6) Botadero de residuos sólidos cerca del cauce del río Santa Rosa.
- (7) Botadero de residuos sólidos en la quebrada Chijichaya, afluyente del río llave.
- (8) Botadero de residuos sólidos Huacullani.



3.2.6 Cuenca del río Huancané

3.2.6.1 Residuos sólidos y aguas residuales

La cuenca del río Huancané tiene una superficie de 3631,18 km² y está conformada por nueve unidades hidrográficas: Bajo Huancané, Llache, Medio Bajo Huancané, Tuyto, Medio Huancané, Muñani, Medio Alto Huancané, Pistune y Alto Huancané. Sus principales centros urbanos son Huancané, Putina, Quilca Puncu y Huatasani, que reúnen una población de 30 779 habitantes.

Según el MINAM (2012), la generación per cápita de residuos sólidos fluctúa entre los 0,455 kg/hab./día y los 0,474 kg/hab./día, mientras que para la estimación de aguas residuales se ha tomado como referencial el 80 % de retorno de una dotación per cápita de 100 L/persona/día de agua potable (véase la tabla 3.27).

Tabla 3.27. Producción estimada de aguas residuales y residuos sólidos-Huancané

Provincia	Distrito	Pob. urbana ¹	Generación de aguas residuales ²			Residuos sólidos	
			Q (L/s)	m ³ /año	Cuerpo receptor	GPC (kg/persona/día) ³	(TM/año) ⁴
Huancané	Huancané	6 346	12,7	400 507	Río Huancané	0,474	1 097,9
	Huatasani	2 541	2,0	63 072	Río Huancané	0,474	422,0
	Inchupalla	283	0,6	18 922		0,455	49,0
Huancané	Taraco	1 326	s/i	135 514	Río Ramis	0,455	220,2
S.A. de Putina	Putina	18 337	17,0	535 440	Río Putina	0,474	3 172,5
	Quilca Puncu	1 946	1,8	56 823	Río Putina	0,455	336,7
Total general		30 779	15,3	1 005 871			5 298,0

Fuente: (1) Población estimada a 2015, con base en los cálculos y proyecciones de población total y edades quinquenales, según departamento, provincia y distrito, 2005-2015 del INEI (2010. Boletín especial N.º 21). (2) Elaboración propia. (3) Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú, gestión 2012 (MINAM, 2012). (4) Elaboración propia.

La producción total de aguas residuales en los seis centros urbanos se ha estimado en 1 Hm³ por año, y se ha encontrado que la ciudad de Putina produce la mayor cantidad (53,2 %); sus aguas son vertidas en el río del mismo nombre a través de diversos emisores ubicados a ambos lados del cauce del río, y sus efectos son evidentes en un tramo de aproximadamente 1,4 km comprendido entre la zona urbana y aguas abajo de la ciudad de Putina. La acumulación de la carga contaminante, principalmente materia orgánica, oxidada en parte hasta las formas de nutrientes (nitrato y fosfato), dan lugar al crecimiento excesivo de macrofitos acuáticos que se descomponen al término del periodo vegetativo en fase anaeróbica, dando lugar a la formación de fangos de color negro. Toda la carga contaminante, independientemente de su estado, es transportada hasta el río Ramis y, finalmente, descargada en el lago Titicaca.

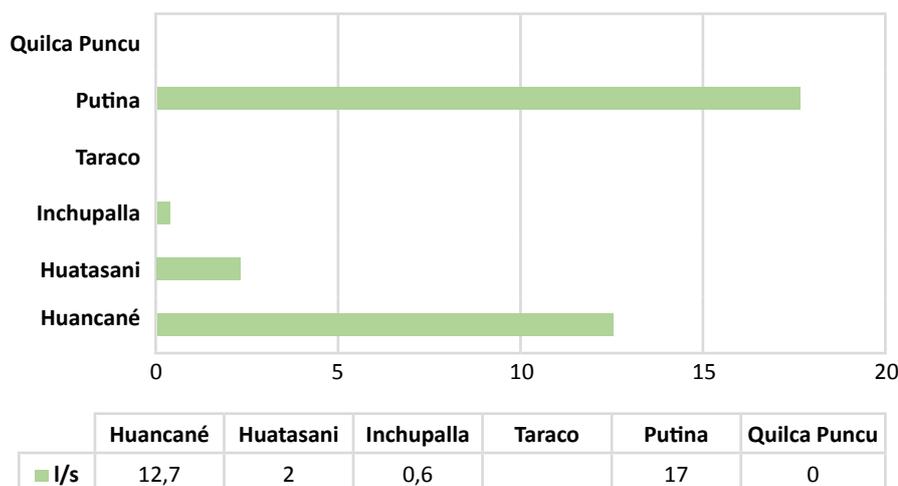


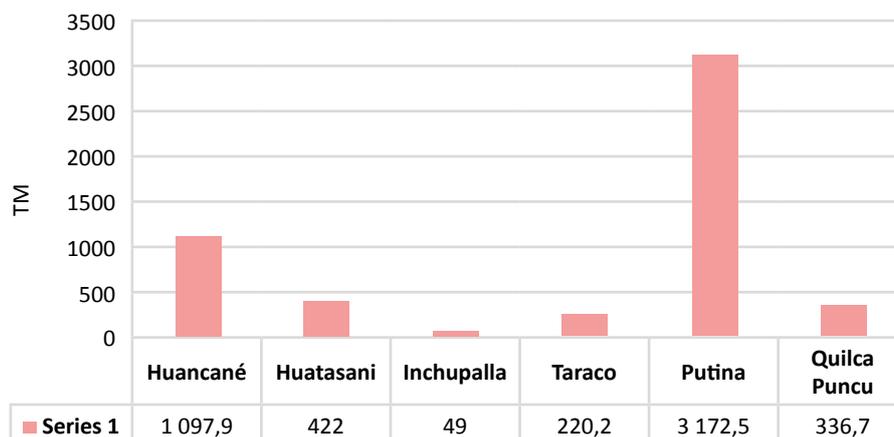
Figura 3.41

Caudales estimados de aguas residuales según centro urbano cuenca del río Huancané.

La generación total aproximada de residuos sólidos es de 5 298 TM anuales. La ciudad de Putina contribuye con el 53,2 % (3 172 TM), volumen manejado inadecuadamente, es decir, depositado en botaderos aledaños al cauce del río Putina; y otra parte es arrojada al río aledaño (río muerto) a la misma ciudad. Ambos basurales son fuentes importantes de contaminación del agua del río Putina, sobre todo el botadero, ubicado a menos de 15 m del cauce del cuerpo de agua.

Figura 3.42

Generación de residuos sólido en los centros urbanos de la cuenca del río Huancané.



3.2.6.2 Pasivos ambientales mineros

En el ámbito de la cuenca del río Huancané, según información reportada por el Ministerio de Energía y Minas a 2015, existen 56 pasivos ambientales mineros (véase la tabla 3.28).

Tabla 3.28. Pasivos ambientales mineros en el ámbito de la cuenca del río Huancané

N.º	Pasivos ambientales mineros	Subtipo	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM WGS84		Cuerpo de agua superficial cercano
					Este	Norte	
1	Depósito de mineral Marginal K'oraya	Bocamina	S. A. de Putina	Putina	401 527	8 347 478	Río Putina
2	Depósito de mineral Marginal K'oraya	Bocamina	S. A. de Putina	Putina	401 740	8 347 668	Río Putina
3	Huancho	Bocamina	Huancané	Huancané	403 875	8 324 131	Río Huancho
4	Depósito de mineral Marginal K'oraya	Desmonte	S. A. de Putina	Putina	401 682	8 347 637	Río Putina
5	Regina	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	426 683	8 373 261	Laguna Choquene
6	Regina	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	426 637	8 373 635	Laguna Choquene
7	Regina	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	426 643	8 373 512	Laguna Choquene
8	Regina	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	426 623	8 373 611	Laguna Choquene
9	Regina	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	426 638	8 373 473	Laguna Choquene
10	Regina	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	426 662	8 373 082	Laguna Choquene
11	Regina	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	426 322	8 374 315	Laguna Choquene
12	Regina	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	426 631	8 373 390	Laguna Choquene
13	San Pedro	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	423 767	8 360 047	Río Ticani
14	San Pedro	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	424 091	8 360 019	Río Ticani
15	San Pedro	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	423 802	8 360 009	Río Ticani
16	San Pedro	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	423 777	8 360 041	Río Ticani

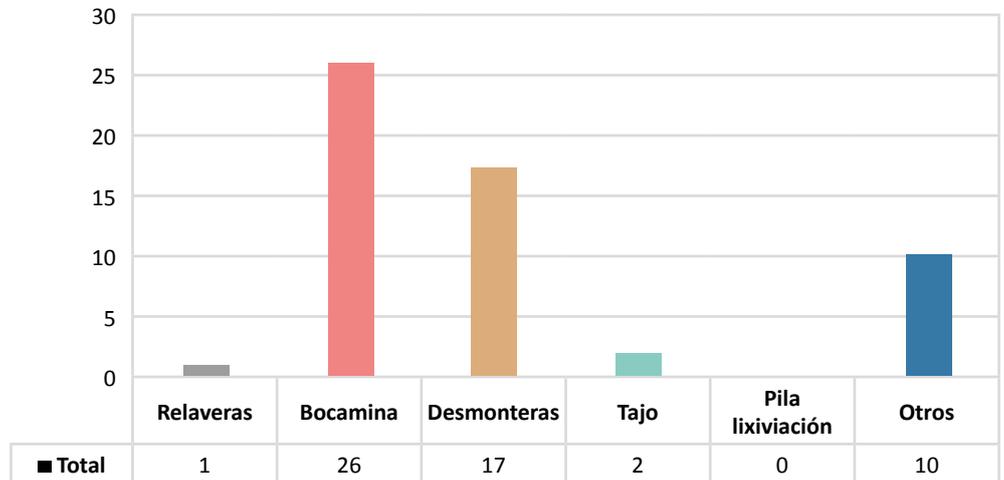
N.º	Pasivos ambientales mineros	Subtipo	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM WGS84		Cuerpo de agua superficial cercano
					Este	Norte	
17	Virginia	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 225	8 360 403	Río Ticani
18	Virginia	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 112	8 360 462	Río Ticani
19	Virginia	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 253	8 360 645	Río Ticani
20	Virginia	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 537	8 360 398	Río Ticani
21	Virginia	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 585	8 360 330	Río Ticani
22	Virginia	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 206	8 360 629	Río Ticani
23	Virginia	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 515	8 360 272	Río Ticani
24	Virginia	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 499	8 360 301	Río Ticani
25	Virginia	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 467	8 360 340	Río Ticani
26	Virginia	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 278	8 360 331	Río Ticani
27	Virginia	Bocamina	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 222	8 360 641	Río Ticani
28	Regina	Chimenea	S. A. de Putina	Quilcapuncu	426 641	8 373 593	Laguna Choquene
29	Regina	Chimenea	S. A. de Putina	Quilcapuncu	426 649	8 373 429	Laguna Choquene
30	Regina	Chimenea	S. A. de Putina	Quilcapuncu	426 653	8 373 508	Laguna Choquene
31	Virginia	Chimenea	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 315	8 360 568	Río Ticani
32	Virginia	Chimenea	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 291	8 360 588	Río Ticani
33	Regina	Desmante	S. A. de Putina	Quilcapuncu	426 328	8 374 286	Laguna Choquene
34	San Pedro	Desmante	S. A. de Putina	Quilcapuncu	423 764	8 360 050	Río Ticani
35	San Pedro	Desmante	S. A. de Putina	Quilcapuncu	424 047	8 360 016	Río Ticani
36	San Pedro	Desmante	S. A. de Putina	Quilcapuncu	424 051	8 360 021	Río Ticani
37	San Pedro	Desmante	S. A. de Putina	Quilcapuncu	424 094	8 360 004	Río Ticani
38	San Pedro	Desmante	S. A. de Putina	Quilcapuncu	423 998	8 360 111	Río Ticani
39	San Pedro	Desmante	S. A. de Putina	Quilcapuncu	423 792	8 360 006	Río Ticani
40	Regina	Plantas de procesamiento	S. A. de Putina	Quilcapuncu	426 750	8 373 500	Laguna Choquene
41	Regina	Plantas de procesamiento	S. A. de Putina	Quilcapuncu	426 725	8 373 384	Laguna Choquene
42	Virginia	Desmante	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 033	8 360 439	Río Ticani
43	Virginia	Desmante	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 154	8 360 447	Río Ticani
44	Virginia	Desmante	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 285	8 360 602	Río Ticani
45	Virginia	Desmante	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 541	8 360 443	Río Ticani
46	Virginia	Desmante	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 543	8 360 211	Río Ticani
47	Virginia	Desmante	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 507	8 360 269	Río Ticani
48	Virginia	Desmante	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 499	8 360 301	Río Ticani
49	Virginia	Desmante	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 245	8 360 307	Río Ticani
50	Virginia	Desmante	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 195	8 360 379	Río Ticani
51	San Pedro	Tajeo comunicado	S. A. de Putina	Quilcapuncu	424 053	8 360 053	Río Ticani
52	Virginia	Tajeo comunicado	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 508	8 360 394	Río Ticani
53	Virginia	Tajeo comunicado	S. A. de Putina	Quilcapuncu	421 537	8 360 347	Río Ticani
54	Depósito de mineral Putina-Ananea	Tajo	S. A. de Putina	Quilcapuncu	424 348	8 358 095	Río Toco Toco
55	Depósito de mineral Marginal CH	Tajo	S. A. de Putina	Putina	407 821	8 346 655	Río Putina
56	Regina	Relaves	S. A. de Putina	Quilcapuncu	426 824	8 373 071	Laguna Choquene

Fuente: RM 102-2015-MEM/DM.

Del total de pasivos ambientales mineros en el ámbito de la cuenca del río Huancané reportados por el Ministerio de Energía y Minas, el 46,4 % corresponde a bocaminas (26), el 30,4 % a desmonteras (17), el 3,6 % a tajos (2), el 1,8 % a relaveras y el 17,9 % a otro tipo de pasivos mineros.

Figura 3.43

Cantidad y tipo de pasivos ambientales mineros en la cuenca del río Huancané.



En lo que concierne a los pasivos ambientales mineros, 35 se ubican a lo largo del río Ticiani, cuatro cercanos al río Putina, uno próximo al río Toco y 15 en las inmediaciones de la laguna Choquene, que tiene una superficie aproximada 1,8 km² y está ubicada aguas abajo del depósito de relaves K'oraya. Este cuerpo de agua presenta una coloración rojiza, característica de cuerpos de agua ácidos.

Figura 3.44

(1) Efluente de la laguna Choquene–CC Peña Azul. (2) Aguas ácidas de la quebrada Choquene-CC Peña Azul. (3) Agua de mina de la rampa Marcelo (pasivo ambiental – minera Sillustani). (4) Quebrada Choquene antes de la confluencia con el río Toco Toco.



3.2.6.3 Fuentes contaminantes identificadas

Según la identificación de fuentes contaminantes de la Administración Local del Agua-Huancané, en el ámbito de la cuenca del río Huancané existen cuatro vertimientos de origen termales utilizadas en recreación, 29 de aguas residuales municipales que se vierten directamente a los cuerpos naturales de agua, o derivados de lagunas de oxidación colapsadas (ver mapa adjunto), y seis botaderos municipales de residuos sólidos.

Los centros urbanos que generan el mayor caudal de aguas residuales son Putina, Luriata, Huatasani, Ichupalla, Muñani y Aijatira (véase la tabla 3.29).

Tabla 3.29. Inventario de vertimiento de aguas residuales municipales en el ámbito de la cuenca del río Putina-Huancané

N.º	Tipo de vertimiento	Cuerpo receptor	Caudal (L/s)	Responsable	Coordenadas	
					Este	Norte
Vertimientos procedentes de piscinas de aguas termales						
VARt-1	AR termales – Putina	Río Putina	0,5	MP de San Antonio de Putina	406 715	8 350 832
VARt-2	AR termales – Putina	Río Putina	0,5	MP de San Antonio de Putina	406 749	8 351 010
VARt-3	AR termales – Putina	Río Putina	2,5	MP de San Antonio de Putina	406 777	8 351 087
Total vertido			3,0			
Vertimientos de aguas residuales municipales						
VARm-1	ARM centro urbano Muñani	Quebrada Chejjemocco	1,14	Municipalidad de Muñani	398 197	8 365 407
VARm-2	ARM ciudad de Putina	Río Putina	0,30	MP de San Antonio de Putina	406 794	8 351 125
VARm-3	ARM ciudad de Putina	Río Putina	4,8	MP de San Antonio de Putina	406 754	8 351 039
VARm-4	ARM ciudad de Putina	Río Putina	5,02	MP de San Antonio de Putina	406 749	8 351 007
VARm-5	ARM ciudad de Putina	Río Putina	0,70	MP de San Antonio de Putina	406 734	8 350 929
VARm-6	ARM ciudad de Putina	Río Putina	1,80	MP de San Antonio de Putina	406 762	8 350 910
VARm-7	ARM ciudad de Putina	Río Putina	0,50	MP de San Antonio de Putina	406 732	8 350 906
VARm-8	ARM ciudad de Putina	Río Putina	1,70	MP de San Antonio de Putina	406 715	8 350 828
VARm-9	ARM ciudad de Putina	Río Putina	0,10	MP de San Antonio de Putina	406 652	8 350 766
VARm-10	ARM ciudad de Putina	Río Putina	0,08	MP de San Antonio de Putina	406 553	8 350 748
VARm-11	ARM ciudad de Putina	Río Putina	0,83	MP de San Antonio de Putina	406 545	8 350 747
VARm-12	ARM ciudad de Putina	Río Putina	0,30	MP de San Antonio de Putina	406 364	8 350 735
VARm-13	ARM ciudad de Putina	Río Putina	0,30	MP de San Antonio de Putina	406 291	8 350 803
VARm-14	ARM ciudad de Putina	Río Putina	0,10	MP de San Antonio de Putina	406 029	8 350 900
VARm-15	ARM ciudad de Putina	Río Putina	3,00	MP de San Antonio de Putina	406 029	8 350 904
VARm-16	ARM ciudad de Putina	Río Putina	0,50	Municipalidad de Huatasani	414 061	8 336 055
VARm-17	ARM ciudad de Putina	Río Putina	3,00	Municipalidad de Huatasani	413 397	8 333 854
VARm-18	ARM ciudad de Putina	Quebrada Túpac Amaru	2,69	MD de Quilcapunco	420 906	8 352 356
VARm-19	ARM ciudad de Putina	Quebrada Quello.	0,70	Municipalidad de Huatasani	414 203	8 334 809
VARm-20	ARM ciudad de Putina	Quebrada Mullumarca	0,079	Municipalidad de Inchupalla	426 198	8 341 002
VARm-21	ARM ciudad de Putina	Quebrada Mullumarca	0,65	Municipalidad de Inchupalla	426 195	8 341 009
VARm-22	ARM ciudad de Putina	Río Calacala	2,22	Municipalidad C.P. Santiago Ajjatira	401 102	8 337 007
VARm-23	ARM ciudad de Putina	Quebrada Ayrapuni, afluente del río Calacala	0,50	MD de Pedro Vilca Apaza	405 695	8 335 298
VARm-24	ARM ciudad de Putina	Río Ñapa	1,50	MD de Rosaspata	443 404	8 316 193

N.º	Tipo de vertimiento	Cuerpo receptor	Caudal (L/s)	Responsable	Coordenadas	
					Este	Norte
Vertimientos procedentes de piscinas de aguas termales						
VARm-25	ARM ciudad de Putina	Humedal Solitario	0,80	M. del CP de Solitario	439 197	8 328 253
VARm-26	ARM ciudad de Putina	Río Huancané	4,65	EPS NORPUNO Zonal Huancané	415 929	8 318 476
VARm-27	ARD + ARI del camal municipal y aguas residuales domésticas.	Quebrada Maravillas	2,20	MP de Huancané-Camal Municipal	417 672	8 319 829
VARm-28	ARM ciudad de Huancané.	Río Huancané	0,00	EPS NORPUNO Zonal Huancané	415 508	8 320 765
VARm-29	ARM ciudad de Luriata.	Río Huancané	0,10	Población de la parcialidad de Luriata	414 692	8 317 229
Total vertido			40,30			

Fuente: Informe técnico N.º 034-2015-ANA-AAA.TIT-ALA.HU-AT/GMC (VART = vertimiento de agua residual termal. VARmA = vertimiento de aguas residuales municipales).

El caudal de aguas residuales industriales producido por los tres vertimientos procedentes de las piscinas termales de Putina de 3 L/s (94 608 m³/año), mientras que el volumen anual de aguas residuales municipales que se vierten directa o indirectamente a los cursos de agua es de 40,3 L/s y equivalen a 1 270 900 m³, de los cuales el 57,2 % es generado por la ciudad de Putina.

En la cuenca del río Huancané se han registrado siete botaderos municipales, uno en la Intercuenca 071, todos a cielo abierto (véase la tabla 3.30), de los cuales el más grande corresponde al de la ciudad de Putina y está ubicado a 4 m del cauce del río del mismo nombre, en la margen izquierda. Este botadero tiene una superficie aproximada de 8 900 m² y un volumen aproximado de 15 130 m³.

Tabla 3.30. Inventario de botaderos de residuos sólidos en la cuenca del río Putina-Huancané e intercuenca 0177

N.º	Descripción	Zona	Responsable	Coordenadas	
				Este	Norte
BMrs-1	BM residuos sólidos	A 1 km del río Ticani	MD de QuilcaPuncu	421 328	8 354 010
BMrs-2	BM residuos sólidos	A 300 m del río Ticani	MD de QuilcaPuncu	420 861	8 354 576
BMrs-3	BM residuos sólidos	A 20 m de la margen izquierda del río Putina	MD de Putina	407 129	8 351 258
BMrs-4	BM residuos sólidos	A 300 m de la margen izquierda del río Llache	MD de Huatasani	410 111	8 332 806
BMrs-5	BM residuos sólidos	A 2 km de la margen izquierda del río Llache	MP de Huancané	412 436	8 331 152
BMrs-6	BM residuos sólidos	A 2 km de la ciudad de Huancané, en las inmediaciones de un humedal	MP de Huancané	418 659	8 318 268
BMrs-7	BM residuos sólidos	Ribera del río Toco Toco	MD de Ananea	433 029	8 370 295
BMrs-8	BM residuos sólidos	Ribera del río Hilomayo	MD de Muñani	398 284	8 369 353
BMrs-9	BM residuos sólidos	Ribera de la quebrada Acopunco pampa	MD de Moho*	444 825	8 304 481

Fuente: Informe Técnico N.º 034-2015-ANA-AAA.TIT-ALA.HU-AT/GMC

Donde:

*BMrs = botadero municipal de residuos sólidos.

* = Botadero ubicado en la Intercuenca 0171



Figura 3.45

Imagen parcial en la que se aprecia la ciudad de Putina y el botadero municipal en la margen izquierda del río Putina.

Las descargas de aguas residuales municipales crudas, los lixiviados generados por el botadero de residuos sólidos ubicado en la margen izquierda del río Putina y la basura y los escombros que los pobladores aledaños arrojan a ambas márgenes del cauce del río en el tramo urbano, causan la contaminación severa del cuerpo de agua. En el tramo que pasa por la ciudad de Putina, cuya longitud es 1,3 km, el agua es de un color pardo oscuro, con abundante presencia de macrofitos acuáticos que indican el proceso de eutrofización, favorecido por la baja pendiente que hace que el flujo de agua sea lento; sin embargo, en el periodo de lluvias, como ocurre en otros ríos, la contaminación es arrastrada hacia el lago Titicaca.

Figura 3.46

(1) Basura en el río “Muerto”, afluente del Putina. (2) Botadero municipal de residuos sólidos, margen izquierda río Putina-Municipalidad Provincial de San Antonio de Putina. (3) Vertimiento de aguas residuales municipales crudas – San Antonio de Putina. (4) Río Putina con abundantes macrofitos acuáticos sumergidos.



Figura 3.46

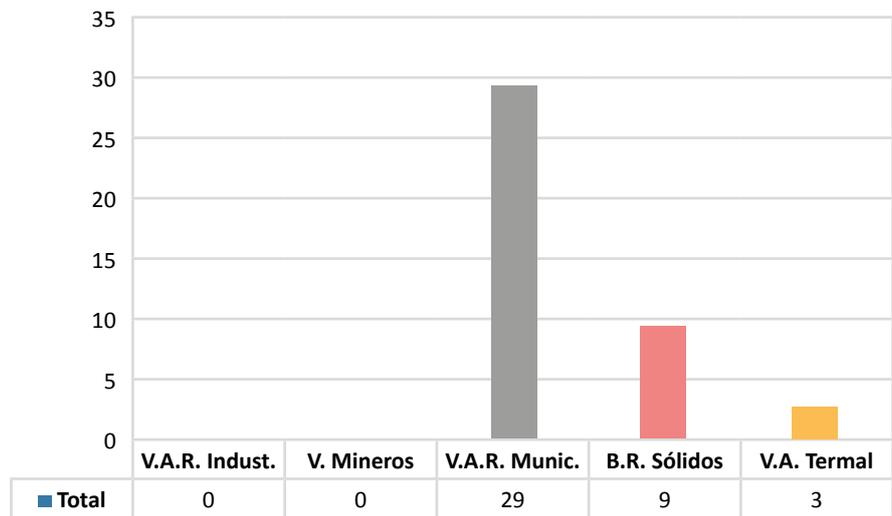
(5) Botadero de residuos sólidos de la municipalidad provincial de Moho, en la ribera de la quebrada Acopunco Pampa. (6) Botadero de residuos sólidos de la municipalidad distrital de Quilcapuncu, en la ribera del río Ticani.



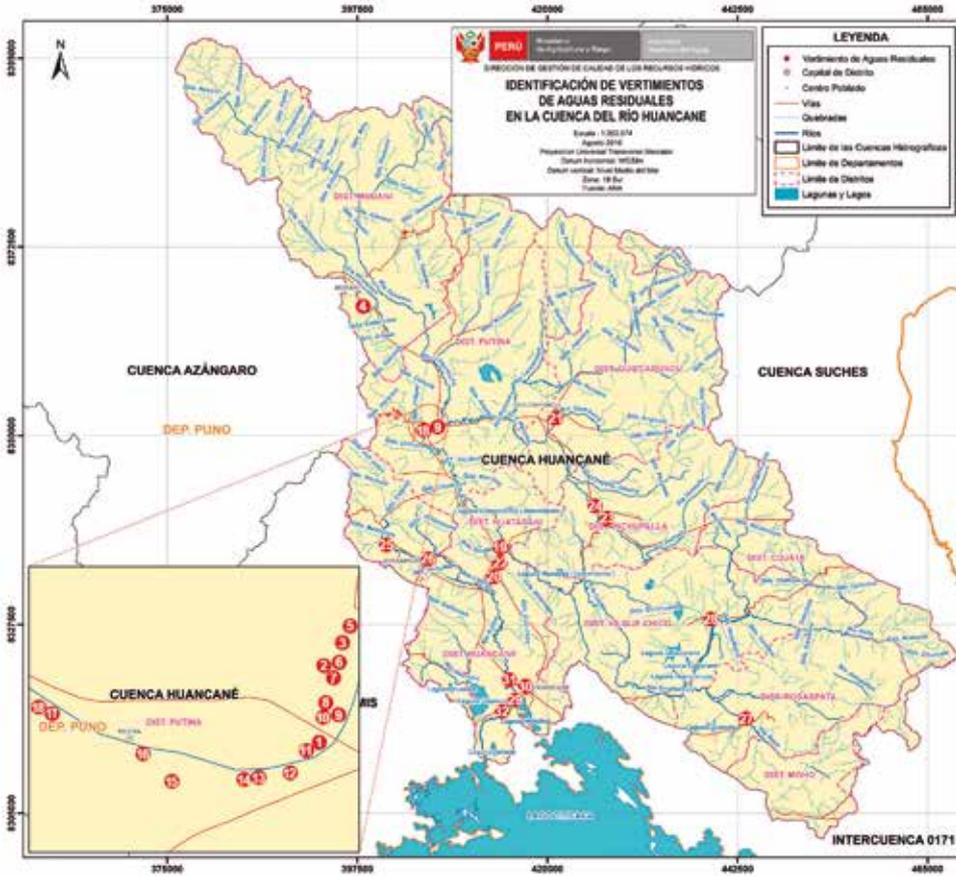
En la cuenca del río Putina-Huancané se ha registrado un total de 41 fuentes contaminantes, de las cuales tres corresponden a vertimientos industriales, 29 a vertimientos de aguas residuales municipales y nueve a botaderos municipales de residuos sólidos (véase los mapas adjuntos).

Figura 3.47

Fuentes contaminantes cuenca del río Huancané.



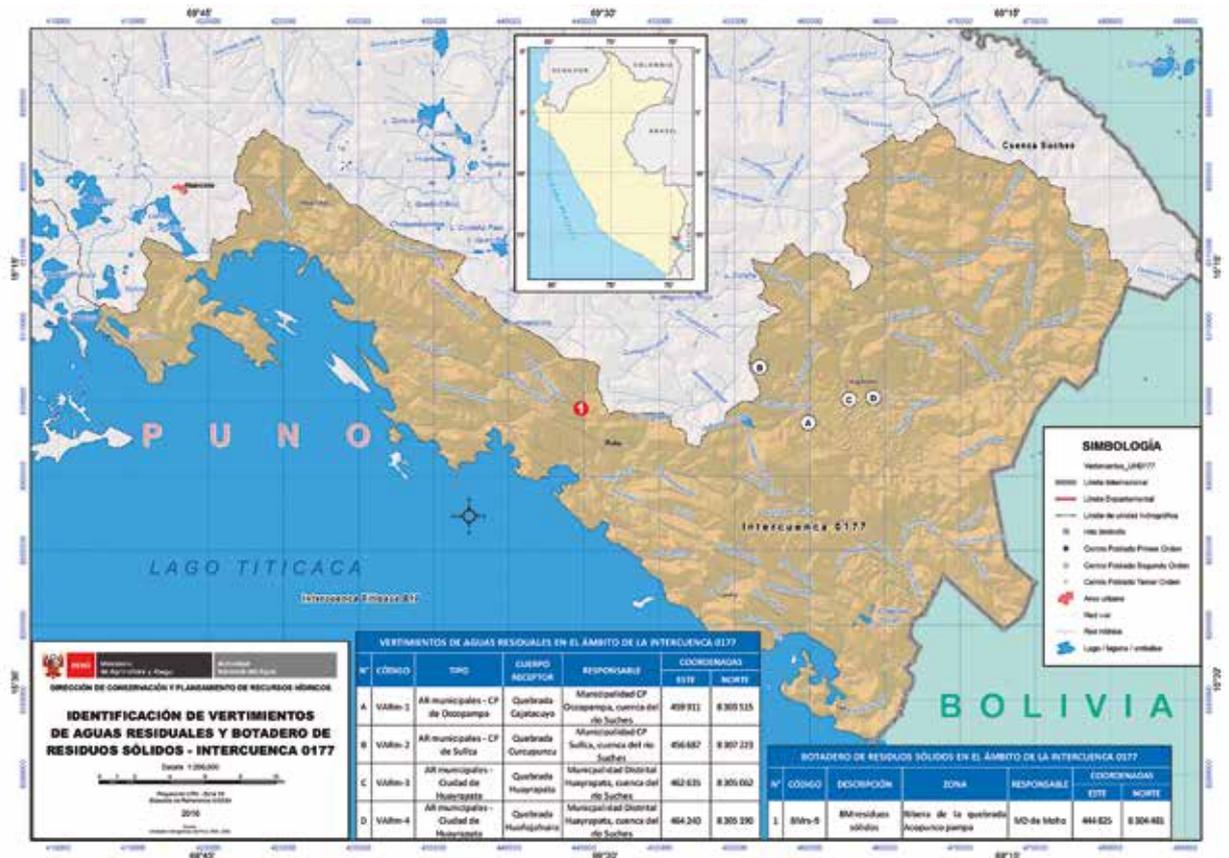
Las aguas residuales se descargan a ambos lados del cauce del río, en el tramo urbano, directamente a través de canales y mediante tuberías o buzones ubicados en el mismo cauce del río.



VERTIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN EL AMBITO DE LA CUENCA HUANCANE				
N°	CODIGO	TIPO DE VERTIMIENTO	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
VERTIENTOS PROCEDENTES DE PISCINAS DE AGUAS TERMALES				
1	VAR-1	A.R. termas - Putna	405 715	8 350 832
2	VAR-2	A.R. termas - Putna	405 748	8 351 913
3	VAR-3	A.R. termas - Putna	408 777	8 351 987
VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES				
4	VARn-1	A.R.M. Centro urbano Putna	388 187	8 325 407
5	VARn-2	A.R.M. Ciudad de Putna	405 734	8 351 125
6	VARn-3	A.R.M. Ciudad de Putna	405 734	8 351 038
7	VARn-4	A.R.M. Ciudad de Putna	405 749	8 351 007
8	VARn-5	A.R.M. Ciudad de Putna	405 734	8 350 929
9	VARn-6	A.R.M. Ciudad de Putna	405 762	8 350 913
10	VARn-7	A.R.M. Ciudad de Putna	405 732	8 350 908
11	VARn-8	A.R.M. Ciudad de Putna	405 715	8 350 828
12	VARn-9	A.R.M. Ciudad de Putna	405 852	8 350 760
13	VARn-10	A.R.M. Ciudad de Putna	405 933	8 350 748
14	VARn-11	A.R.M. Ciudad de Putna	405 545	8 350 747
15	VARn-12	A.R.M. Ciudad de Putna	405 364	8 350 735
16	VARn-13	A.R.M. Ciudad de Putna	405 281	8 350 803
17	VARn-14	A.R.M. Ciudad de Putna	405 028	8 350 800
18	VARn-15	A.R.M. Ciudad de Putna	405 029	8 350 904
19	VARn-16	A.R.M. Ciudad de Putna	414 061	8 326 055
20	VARn-17	A.R.M. Ciudad de Putna	413 397	8 323 864
21	VARn-18	A.R.M. Ciudad de Putna	420 906	8 352 368
22	VARn-19	A.R.M. Ciudad de Putna	414 203	8 324 800
23	VARn-20	A.R.M. Ciudad de Putna	429 198	8 341 002
24	VARn-21	A.R.M. Ciudad de Putna	429 195	8 341 009
25	VARn-22	A.R.M. Ciudad de Putna	401 102	8 327 007
26	VARn-23	A.R.M. Ciudad de Putna	405 595	8 325 298
27	VARn-24	A.R.M. Ciudad de Putna	443 404	8 325 183
28	VARn-25	A.R.M. Ciudad de Putna	439 197	8 328 253
29	VARn-26	A.R.M. Ciudad de Putna	415 329	8 328 476
30	VARn-27	A.R.D + A.R.J. Del canal municipal y aguas residuales domésticas	417 672	8 319 828
31	VARn-28	A.R.M. Ciudad de Huancané	415 508	8 320 765
32	VARn-29	A.R.M. Ciudad de Lurita	414 692	8 317 229



INVENTARIO DE BOTADEROS DE RESIDUOS SOLIDOS EN LA CUENCA HUANCANE				
N°	CODIGO	DESCRIPCION	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
1	BMs-1	B.M. residuos sólidos	421 328	8 324 919
2	BMs-2	B.M. residuos sólidos	420 861	8 324 578
3	BMs-3	B.M. residuos sólidos	407 129	8 351 258
4	BMs-4	B.M. residuos sólidos	410 111	8 322 858
5	BMs-5	B.M. residuos sólidos	412 426	8 321 152
6	BMs-6	B.M. residuos sólidos	418 693	8 318 268
7	BMs-7	B.M. residuos sólidos	433 029	8 370 295
8	BMs-8	B.M. residuos sólidos	398 284	8 369 353



3.2.7 Cuenca del río Suches

3.2.7.1 Aguas residuales y residuos sólidos

Es una cuenca transfronteriza que abarca territorios del Perú y Bolivia, donde las aguas, después de recorrer 188 km en tierras bolivianas, desembocan en el lago Titicaca, también en territorio boliviano.

Parte de la superficie de la cuenca corresponde al distrito de Cojata, conformado por cinco localidades; allí, el centro poblado con mayor número de pobladores urbanos (1 128) es Cojata (véase la tabla 3.31).

Tabla 3.31. Producción estimada de aguas residuales y residuos sólidos

Provincia	Distrito	Pob. urbana ¹	Generación de aguas residuales ²		Cuerpo receptor	GPC (kg/persona/día) ³	Residuos sólidos (TM/año) ⁴
			Q (L/s)	m ³ /año			
Huancané	Cojata	1 128	1	31 594	Río Suches	0,455	187,3

Fuente: (1) Población estimada a 2015, con base en los cálculos y proyecciones de población total y edades quinquenales, según departamento, provincia y distrito, 2005-2015 del INEI (2010. Boletín especial N.º 21). (2) Elaboración propia. (3) Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú, gestión 2012 (MINAM, 2012). (4) Elaboración propia.

Se ha estimado que, anualmente, el poblado de Cojata vierte al río Suches alrededor de 31 mil metros cúbicos de aguas residuales crudas, mientras que la cantidad de residuos sólidos es de aproximadamente 187 toneladas anuales.

3.2.7.2 Fuentes contaminantes identificadas

Según el inventario de fuentes contaminantes realizado por la ALA-Huancané, se reporta un vertimiento de aguas residuales generado por la actividad minera (véase la tabla 3.32), cuyo volumen, descargado en la laguna Comuni, es de alrededor de 189 216 m³. Esta laguna es un cuerpo de agua pequeño, ubicado en la parte alta de la naciente del río Suches, y tiene una superficie aproximada de 5 Ha. Asimismo, se identificaron dos vertimientos de aguas residuales municipales: el primero descarga aproximadamente 31 536 m³/año a la quebrada Lucero, y el segundo, 15 768 m³/año al río Trapiche, ambos afluentes del río Suches.

Tabla 3.32. Inventario de vertimiento de aguas residuales municipales en el ámbito de la cuenca del río Suches

N.º	Tipo de vertimiento	Cuerpo receptor	Caudal (L/s)	Responsable	Coordenadas	
					Este	Norte
Vertimientos industriales						
VMi-1	Minero	Laguna Comuni	6,2	Empresa Titán Contratistas Generales S.A.C.	452 866	8 382 243
Total			6,2			
Vertimientos de aguas residuales municipales						
VARm-1	ARM	Quebrada Lucero	1,0	MD de Cojata	461 108	8 340 342
VARm-2	ARM	Río Trapiche	0,50	Centro poblado Trapiche	455 663	8 367 950
Total			1,5			

Fuente: Informe técnico N.º 035-2015-ANA-AAA.TIT-ALA.HU-AT/GMC (ARIM = agua residual industrial minera. ARM = agua residual municipal).

Se identificaron tres botaderos de residuos sólidos, generados por las poblaciones de Trapiche y Cojata (véase la tabla 3.33). En el mapa adjunto se observa la ubicación de las fuentes contaminantes identificadas.

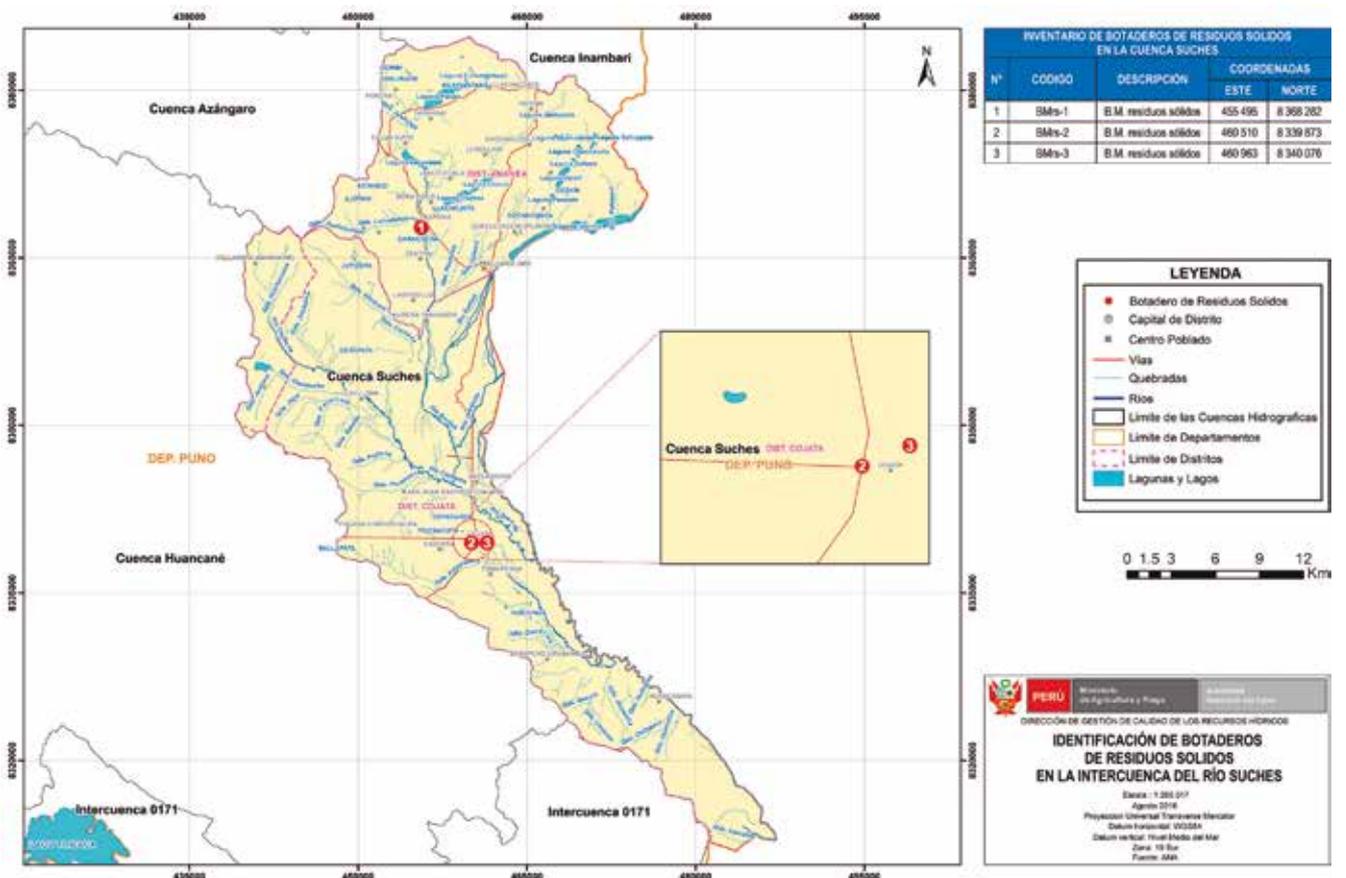
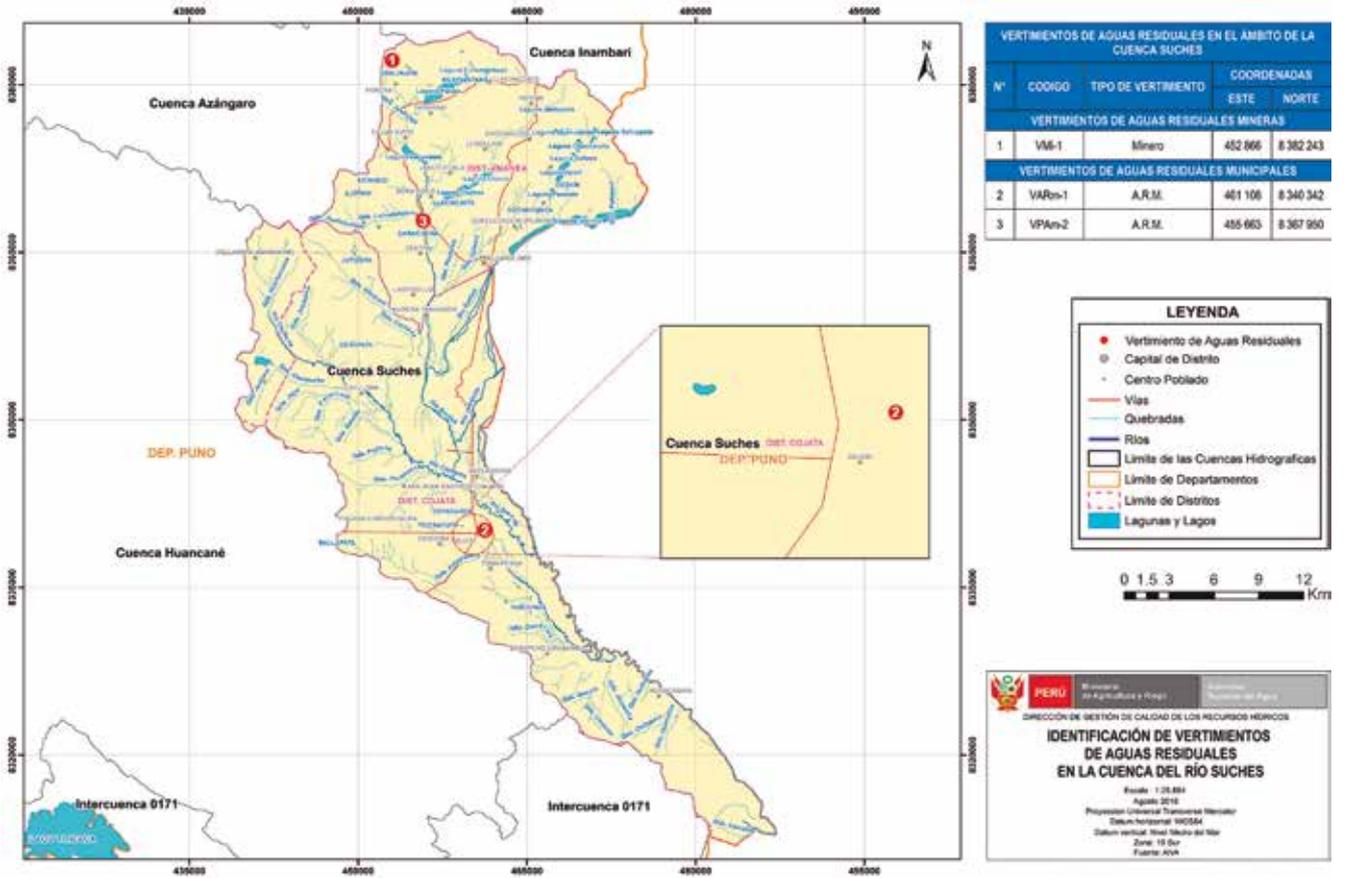


Tabla 3.33. Inventario de botaderos de residuos sólidos

N.º	Descripción	Zona	Responsable	Coordenadas	
				Este	Norte
BMrs-1	BM residuos sólidos	Ribera río Trapiche	Población del CP de Trapiche	455 495	8 368 282
BMrs-2	BM residuos sólidos	Ribera río Cojata	MD de Cojata	460 510	8 339 873
BMrs-3	BM residuos sólidos	Ribera río Suches	MD de Cojata	460 963	8 340 076

Fuente: Informe técnico N.º 035-2015-ANA-AAA.TIT-ALA.HU-AT/GMC (BMrs = botadero municipal de residuos sólidos).

La laguna Conmuni es un cuerpo de agua pequeño, ubicado en la parte alta de la naciente del río Suches; tiene una superficie aproximada de 5 Ha, en la que se descargan anualmente alrededor de 189 216 m³ de aguas residuales de origen minero, aproximadamente 31 536 m³/año de aguas residuales municipales a la quebrada Lucero, y 15 768 m³/año al río Trapiche, ambos afluentes del río Suches.

3.2.7.3 Otras actividades económicas

La principal actividad económica de la cuenca es la crianza de ganado, representada por 96 930 cabezas de alpaca, 41 170 cabezas de ovinos, 6000 llamas y 1590 cabezas de ganado vacuno (PELT, 2013).

Otra actividad económica importante en el sector peruano, considerada como fuente de contaminación del agua, es la minería. En 2014 había 48 concesiones tituladas y 27 en trámite; mientras, en el territorio boliviano, hasta 2010 se reportó la presencia de 39 concesiones mineras, de las cuales tres eran pertenencias, 24 cuadrículas y doce contratos mineros con la Corporación Minera Boliviana (COMIBOL). En el mismo periodo, en la laguna Suches se registraron 114 chutes, de los cuales 101 estaban concesionados y trece en área de reserva fiscal o área de contrato minero. En ese mismo año, en el sector Antaquilla se reportó la presencia de 22 chutes y, al sureste del hito 12, 8 chutes (Pérez, 2012).

Este mismo autor refiere que, en 2010, en la parte boliviana, cerca de 10 000 km² se encontraban afectados por la minería, que producía alrededor de 40 millones de m³ de sedimentos. La zona más afectada por la presencia de operaciones mineras es Suches, con 65 % del volumen total, seguida de Antaquilla (25 %) y Norte Suches (10 %). Los principales factores de contaminación, según Pérez, son la contaminación del agua con mercurio, la desviación del cauce del río Suches, la formación de pequeñas lagunas artificiales y el incremento de la turbidez (véanse las figuras 3.47 y 3.48).

**Figura 3.48**

Imagen satelital de los territorios del Perú y Bolivia en la cuenca del río Suches, en la que se aprecian las zonas donde se hace minería.

Figura 3.49

- (1) Panorámica de la laguna Suches.(2) Río Suches en la frontera, a la altura del hito 19.
- (3) Vista panorámica de la confluencia del río Suches con el río Japoccollo.
- (4) Aguas abajo de la confluencia de los ríos Suches y Japoccollo. Se observan aguas turbias que provienen de las actividades mineras del lado boliviano.



La contaminación del río Suches, causada por la actividad minera tanto en territorio peruano como en el boliviano, afectó la calidad del agua, hasta tal punto que en el 2012 generó la protesta de los pobladores y autoridades del distrito de Cojata. La Comisión Técnica Binacional del Río Suches (CTB) está estudiando las soluciones a este problema. Se debe resaltar que la calidad del agua del río Suches se verá afectada solo en la medida en que las actividades mineras realicen vertimientos de aguas residuales procedentes de sus operaciones.

Con respecto a los pasivos ambientales mineros en el territorio peruano de la cuenca alta del río Suches, en 2013 el MINAM reportó la presencia de una bocamina cuyo efluente descarga en la laguna Parinani (véase la tabla 3.34).

Tabla 3.34. Pasivos ambientales mineros en el ámbito de la cuenca del río Suches

Tipo	Cuenca	Distrito	Cuerpo de agua cercano	Coordenadas	
				Este	Oeste
Bocamina	Suches	Cojata	Laguna Parinani	457 083	8 380 458

Fuente: MINAM (2013).

La laguna Parinani tiene una superficie aproximada de 3,6 km² y se ubica en la naciente de la subcuenca del río Trapiche, afluente del río Suches.

3.2.8 Área circunlacustre del lago Mayor

El lago Titicaca es una importante masa de agua cuyo volumen se ha estimado en 930 km³, y tiene una superficie de 8400 km². Es un cuerpo de agua indivisible compartido entre los territorios del Perú y Bolivia. Los límites del lago Mayor en el sector peruano, en la zona sur, se inician en la localidad de Kasani y, por el noreste, en la localidad de Tilali.

El perímetro entre Tilali y Kasani, pasando en diagonal entre la península de Chucuito y la de Capachica (que separan el lago Mayor de la bahía Mayor de Puno), es de 480 km aproximadamente; el del lago Menor o Huiñaymarca, entre el puente Desaguadero y el noreste en la línea de frontera cerca de la localidad de Unicahi, es de 86 km; y el de la bahía Mayor de Puno (que incluye la bahía Interior) es de 158 km.

En todo el ámbito de influencia directa del área circunlacustre, como en el mismo cuerpo de agua correspondiente al sector peruano, existe actualmente una presión antropogénica importante. Así, se tienen los centros urbanos y las comunidades campesinas densamente pobladas, como las ubicadas al norte del lago Mayor, en la zona del Ramis, Requena, Coasía; y, hacia el suroeste, las comunidades aledañas a las islas Socca y Pilcuyo, donde se concentra un número importante de pobladores que realizan actividades agropecuarias; por el este están las ciudades de Moho y Conima; por el noreste, Pusi; por el noroeste, la ciudad de Chucuito; y hacia el sur, Pomata y Yunguyo.

La población urbana total en el ámbito circunlacustre (incluye las islas Amantaní y Taquile), correspondiente al lago Mayor, es de 25 180 habitantes (véase la tabla 3.35).

Tabla 3.35. Producción estimada de aguas residuales y residuos sólidos

Provincia	Distrito	Pob. urbana ¹	Generación de aguas residuales ²			GPC (kg/persona/día) ³	RS (TM/año) ⁴
			Q (L/s)	m ³ /año	Cuerpo receptor		
Chucuito	Juli	7 374	6,8	215 321,0	Lago Titicaca	0,474	1 275,8
	Pomata	1 608	1,5	46 954,0	Lago Titicaca	0,455	267,0
	Zepita	2 561	2,4	75 686,0	Lago Titicaca	0,474	443,1
Moho	Conima	664	0,6	19 389,0	Lago Titicaca	0,455	110,3
	Moho	4 336	4,8	151 933,0	Río Moho	0,474	750,2
	Chucuito	1 191	2,5	78 840,0	Laguna de oxidación	0,455	198,1
Huancané	Pusi	877	0,8	25 299,0	Lago Titicaca	0,455	145,6
Yunguyo	Yunguyo	11,90	0,8	25 299,0	Lago Titicaca	0,474	1 970,6
Puno	Amantaní	4 255	s.i	-		0,30	460,0
	Taquile	2 200	s.i	-		0,30	241,0
Total general		25 185	19,48	637 027			5 861,7

Fuente: (1) Población estimada a 2015, con base en los cálculos y proyecciones de población total y edades quinquenales, según departamento, provincia y distrito, 2005-2015 del INEI (2010. Boletín especial N.º 21). (2) Elaboración propia. (3) Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú, gestión 2012 (MINAM, 2012). (4) Elaboración propia.

El volumen total de aguas residuales municipales generado por los principales centros urbanos del ámbito circunlacustre es de aproximadamente 637 027 m³/año, fuente importante de contaminación puntual que está afectando las zonas donde son descargadas.

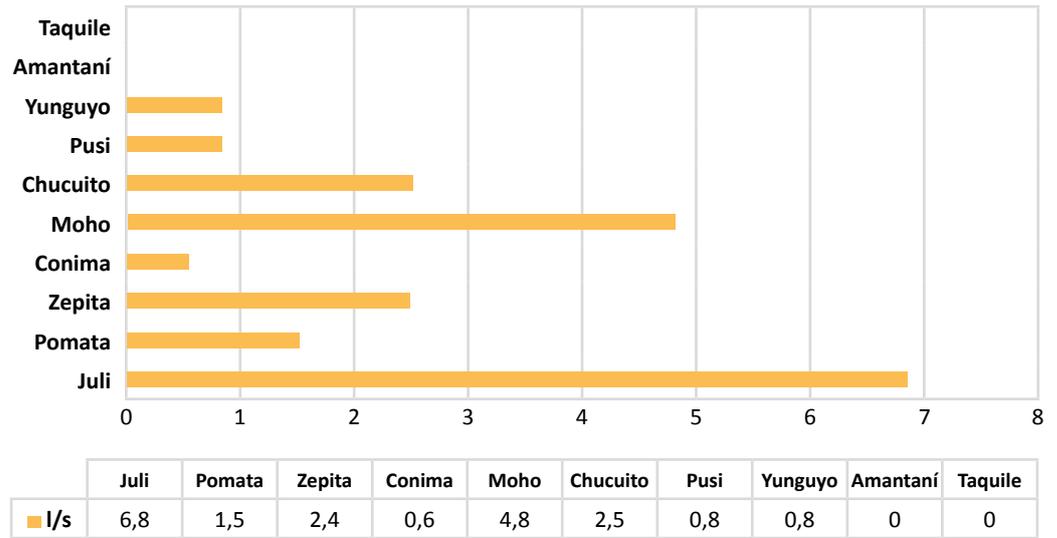


Figura 3.50

Caudales estimados de aguas residuales según centro urbano-área circunlacustre lago Mayor-sector peruano.

Con respecto a la generación de residuos sólidos, se ha estimado que el volumen total en los ocho centros urbanos es de aproximadamente 5 867 TM anuales, que, como en todos los demás centros urbanos de la cuenca, son evacuados en botaderos municipales a cielo abierto.

Los centros urbanos que mayor cantidad de basura generan son Juli, con 1 275,8 TM/año; Yunguyo, con 1 970,6 TM/año; y Moho, con 750,2 TM/año. En el caso del botadero de Yunguyo, este se ubica sobre suelos arenosos y, por ende, muy permeables, y a menos de 100 m del cauce del riachuelo Choquechaca, que, luego de un recorrido de 2,1 km, desemboca en el lago Titicaca.

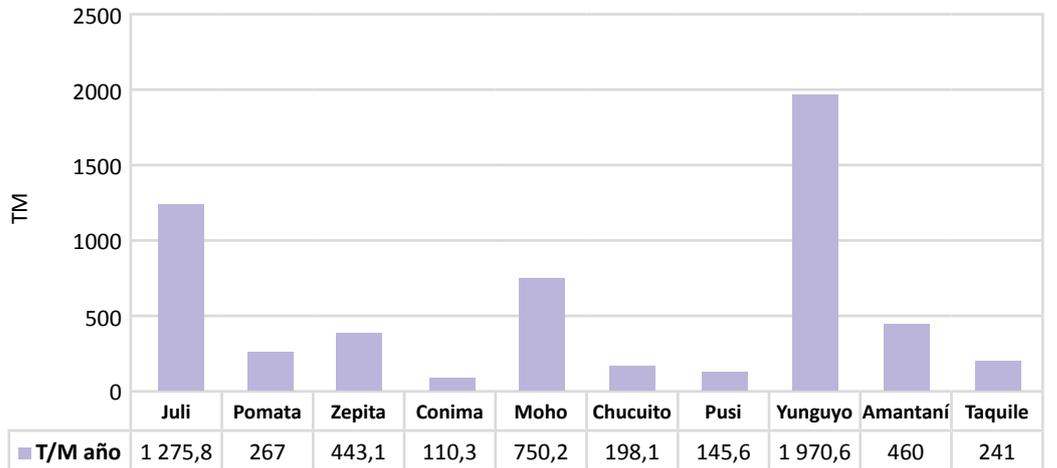


Figura 3.51

Generación total de residuos sólido en los centros urbanos del ámbito circunlacustre del lago Mayor- sector peruano.

3.2.8.1 La crianza de truchas: una fuente potencial de contaminación

El cultivo de truchas en sistemas de jaulas flotantes es intensivo, y se lleva cabo en determinadas zonas del lago Titicaca, del lago Arapa y de la laguna Lagunillas. Es una actividad que genera durante el proceso de producción un conjunto de residuos orgánicos, razón por la cual se la considera una fuente potencial de contaminación y eutrofización. La crianza de truchas va de 10 TM/año (producción de subsistencia o de menor escala) hasta más de 50 TM/año (mayor escala).

Si bien es cierto que se trata de una actividad económicamente rentable y es fuente de empleo directo e indirecto que beneficia a muchas familias, representa también un riesgo ambiental potencial para la calidad del agua del lago Titicaca y las demás lagunas, o por lo menos para las zonas donde se lleva a cabo la actividad, lo que, en el mediano o largo plazo, puede comprometer la sostenibilidad de la propia actividad.

Figura 3.52

(1) Panorámica del sistema de jaulas para el cultivo de truchas en la zona de Charcas (Piscifactoría Los Andes) (2) Muestra de sedimentos tomada en las inmediaciones del sistema de cultivo de truchas (Piscifactoría Los Andes), obsérvese la presencia de sedimentos orgánicos de color negro (3) Panorámica de la zona de Pomata (4) Muestra de sedimentos recolectados frente a la desembocadura del río llave. Nótese la diferencia de color entre uno y otro.



La acuicultura, además de la ocupación de gran cantidad de superficie del lago Titicaca, requiere volúmenes importantes de agua, lo que demanda procesos propios de la actividad como consumo, transformación y asimilación, que generan diversos tipos de desechos: plásticos, estructuras metálicas, flotadores, redes, residuos de alimentos, materias fecales (metabolitos), químicos, microorganismos y parásitos. Todos estos factores, en conjunto, terminan afectando la calidad del agua. Este es, sin duda, un campo importante para la investigación.

3.2.8.2 Inventario de fuentes contaminantes

Los resultados del inventario de fuentes contaminantes en el ámbito circunlacustre del lago Titicaca correspondientes al lago Mayor, sector peruano comprendido entre las orillas del Titicaca y los 2,5 km tierra adentro (distancia referencial) de la localidad de Tilali, se muestran en la tabla 3.36.

Tabla 3.36. Vertimientos de aguas residuales en el ámbito circunlacustre del lago Titicaca-lago Mayor, sector peruano

N.º	Tipo de vertimiento	Caudal (L/s)	Cuerpo receptor	Responsable	Coordenadas	
					Este	Norte
Vertimientos industriales						
V-In-1	ARI – Camal privado de beneficio de equinos	0,1	Superficie de suelo, canal natural de aguas pluviales	Camal privado (Santa Fe) en Cuturapi (Yunguyo)	481 396	8 200 430
Total		0,1				
Vertimientos de aguas residuales municipales						
VARm-2	ARM de la ciudad de Yunguyo	ND	Lago Titicaca	Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Yunguyo	489 280	8 204 070
VARm-3	ARM de la ciudad de Yunguyo	0,7	Lago Titicaca	Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Yunguyo	489 520	8 204 706
VARm-4	ARM de la ciudad de Pomata	0,03	Superficie de la tierra	MD de Pomata	469 011	8 201 002
VARm-5	ARM de la ciudad de Pomata	0,3	Lago Titicaca	MD de Pomata-Pueblo Libre	469 926	8 199 147
VARm-6	ARM de la ciudad de Juli	1,3	Lago Titicaca	MD de Juli	451480	8 209 088
VARm-7	ARM de la ciudad de Juli	0,5	Lago Titicaca	MD de Juli	448 642	820 8101
VARm-8	ARM de la ciudad de Pilcuyo	0,4	Río Zapatilla	MD de Pilcuyo	441 952	8 218 694
VARm-9	ARM de la ciudad de Acora	0,3	Río Ccacca	MD de Acora	415 372	8 235 940
VARm-10	ARM del distrito de Huata	0,3	-	Municipalidad de Huata	394 756	8 273 282
VARm-11	ARM de la ciudad de Capachica	0,4	Río Coata y lago Titicaca	MD de Capachica	410 430	8 270 770
VARm-12	ARM del CP Pusi	0,2	Lago Titicaca	Municipalidad de Pusi	400 823	8 292 011
VARm-13	ARM de la ciudad de Huancané	1,1	Río Huancané	Municipalidad Provincial de Huancané	415 940	8 318 472
VARm-14	ARM de la ciudad de Vilquechico	0,1	Río Totorcuyo	MD de Vilquechico	425 928	8 317 292
VARm-15	ARM de la ciudad de Moho	0,2	Río Mucuraya Huara Huarali	Municipalidad Provincial de Moho	445 528	8 301 047
VARm-16	ARM de la ciudad de Conima	0,3	Quebrada Jahuirmanta	MD de Conima	452 733	8 290 349
VARm-17	ARM de la ciudad de Tilali	0,2	Lago Titicaca	MD de Tilali	462 122	8 284 898
VARm-18	ARD del hotel Titilaka (Huencalla)	0,1	Superficie de suelo ubicado a 3 m del lago Titicaca-Reuso	Hotel Titilaka	421 214	8 241 740
VARm-19	ARM ciudad de Viquechico	0,05	Quebrada Chuncara	MD de Vilquechico	425 962	8 317 296
VARm-20	ARM ciudad de Tilali	0,03	Quebrada Amsta Huatasani	MD de Tilali	462 210	8 284 827
VARm-21	ARM CP de Ninantaya	0,30	Quebrada Palmanta	Municipalidad CP de Ninantaya	464 622	8 292 601
VARm-22	ARM ciudad de Moho	12,90	Quebrada Mucuraya	MP de Moho	445 531	8 301 045
VARm-23	ARM ciudad de Moho	0,21	Quebrada Pacharí Ayrizani	MP de Moho	447 600	8 300 556
VARm-24	ARM ciudad de Conima	4,50	Quebrada Jahuirmanta	MD de Conima	452 735	8 290 348
Total		24,4				

Fuente: ALA-Ilave-2015 (V-In = vertimiento de agua residual industrial. VARm = vertimiento de aguas residuales municipales).

Se ha identificado en el ámbito la presencia de un vertimiento de aguas residuales industriales con un caudal total de 0,1 L/s, equivalente a 3 153 m³/año; 16 vertimientos de aguas residuales municipales, con caudales pequeños que varían entre 0,03 L/s y 12,90 L/s, cuyo caudal total es de 44,3 L/s y con un volumen anual de 1 397 045 m³ (véase la tabla 3.37).

Tabla 3.37. Inventario de botaderos de residuos sólidos, lago Mayor

N.º	Descripción	Zona	Responsable	Coordenadas	
				Este	Norte
BMrs-1	BM residuos sólidos	Orilla del lago Titicaca	MD de Juli	451 470	8 209 152
BMrs-2	BM residuos sólidos	A 156 m de la orillas del lago Titicaca.	MD de Pomata	468 730	8 202 064
BMrs-3	BM residuos sólidos	Lago Titicaca	MD de Yunguyo	489 280	8 204 070
BMrs-4	BM residuos sólidos	A 500 m del lago Titicaca	Municipalidad de Pusi	400 738	8 292 460
BMrs-5	BM residuos sólidos	4.5 km del lago Titicaca	Municipalidad Provincial de Huancané.	418 659	8 318 268
BMrs-6	BM residuos sólidos	A 2.7 km del lago Titicaca.	MD de Vilquechico	425 647	8 317 784
BMrs-7	BM residuos sólidos	A 1.2 km del lago Titicaca	MD de Conima	453 114	8 291 554
BMrs-8	BM residuos sólidos	A 540 m del lago Titicaca.	MD de Tilali	464 519	8 282 771
BMrs-9	BM residuos sólidos	Ribera de la Quebrada Acopunco Pampa a 6.5 km del lago Titicaca	Municipalidad Provincial de Moho	444 825	8 304 481

Fuente: ALA-Huancané 2015 (BMrs = botadero municipal de residuos sólidos).

Como se observa en la figura 3.53, el mayor número de fuentes contaminantes en el ámbito circunlacustre entre Tilali y Kasani (sector peruano) está representado por vertimientos de aguas residuales y por botaderos municipales de residuos sólidos (véase el mapa adjunto, incluye el área circunlacustre de la intercuenca 0171).

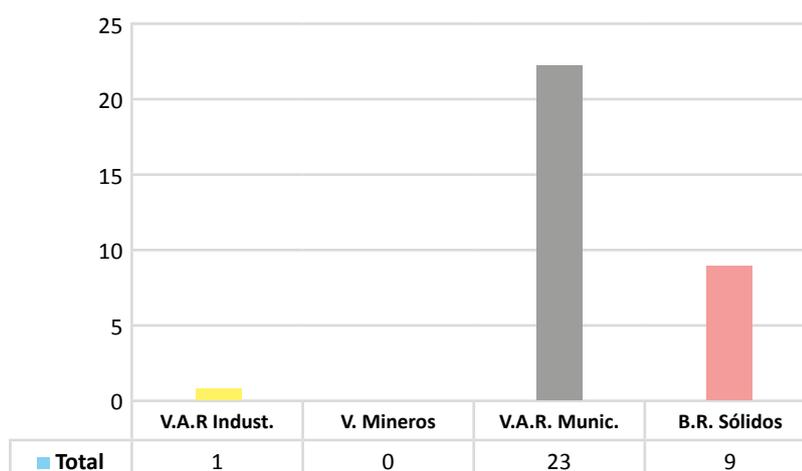
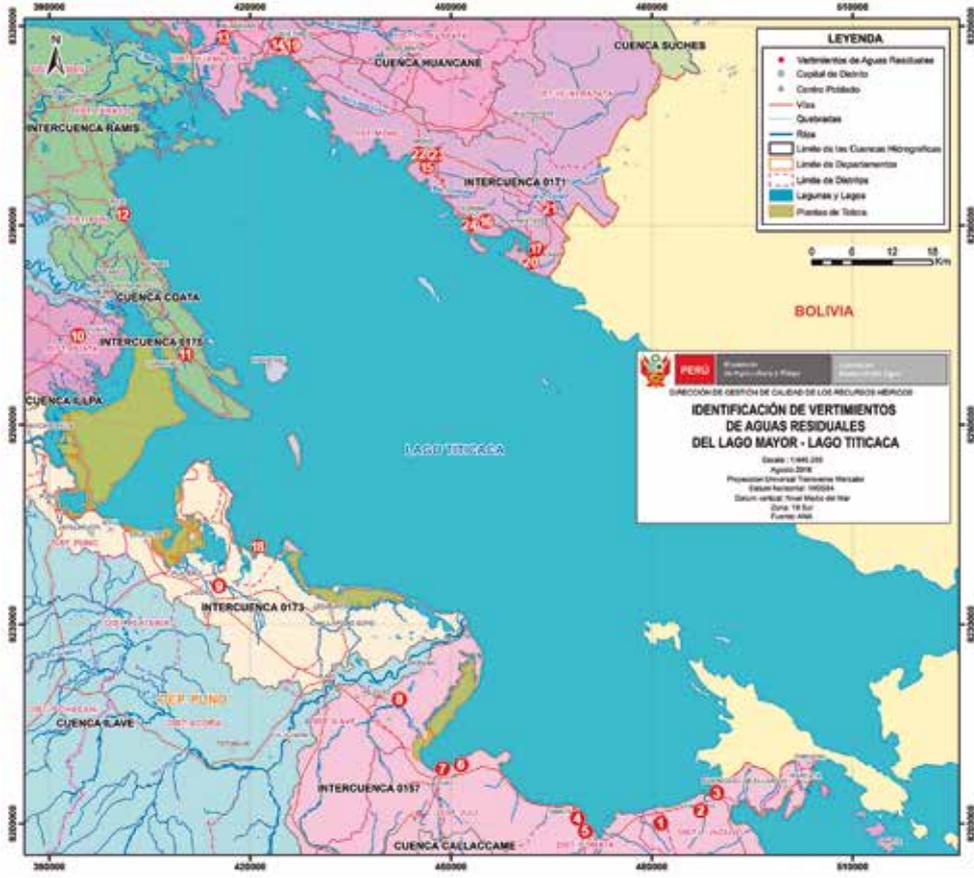


Figura 3.53

Fuentes contaminantes en el ámbito circunlacustre del lago Mayor-sector peruano.



VERTIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN EL AMBITO DEL LAGO MAYOR - LAGO TITICACA				
N°	CODIGO	TIPO DE VERTIMIENTO	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
VERTIENTOS DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES				
1	Var-1	A.R.L. Canal privado de beneficio de eguinos	481 386	8 200 430
VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES				
2	VARn-1	A.R.M. de la ciudad de Yunguyo	489 280	8 204 070
3	VARn-2	A.R.M. de la ciudad de Yunguyo	489 520	8 204 708
4	VARn-3	A.R.M. de la ciudad de Pomata	489 011	8 201 002
5	VARn-4	A.R.M. de la ciudad de Pomata	489 905	8 196 147
6	VARn-5	A.R.M. de la ciudad de Juli	451 480	8 200 085
7	VARn-6	A.R.M. de la ciudad de Juli	448 642	8 208 121
8	VARn-7	A.R.M. de la ciudad de Plozayo	441 952	8 218 094
9	VARn-8	A.R.M. de la ciudad de Acos	415 322	8 235 940
10	VARn-9	A.R.M. del Distrito de Huata	394 756	8 273 282
11	VARn-10	A.R.M. de la ciudad de Capatzen	410 430	8 270 770
12	VARn-11	A.R.M. de Centro P. de Pata	400 823	8 292 011
13	VARn-12	A.R.M. de la ciudad de Huancané	415 940	8 318 472
14	VARn-13	A.R.M. de la ciudad de Viquechico	425 928	8 317 282
15	VARn-14	A.R.M. de la ciudad de Moho	445 528	8 301 047
16	VARn-15	A.R.M. de la ciudad de Conima	452 733	8 290 349
17	VARn-16	A.R.M. de la ciudad de Tiali	462 122	8 284 898
18	VARn-17	A.R.D. del hotel Titicaca (Huancalla)	421 214	8 241 740
19	VARn-18	A.R.M. Ciudad de Viquechico	425 962	8 317 286
20	VARn-19	A.R.M. Ciudad de Tiali	462 210	8 284 827
21	VARn-20	A.R.M. Centro P. de Ninayata	464 622	8 292 601
22	VARn-21	A.R.M. Ciudad de Moho	445 531	8 301 045
23	VARn-22	A.R.M. Ciudad de Moho	447 600	8 300 056
24	VARn-23	A.R.M. Ciudad de Conima	452 735	8 290 348



INVENTARIO DE BOTADEROS DE RESIDUOS SOLIDOS DEL LAGO MAYOR - LAGO TITICACA				
N°	CODIGO	DESCRIPCION	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
1	BMs-1	B.M. residuos sólidos	451 470	8 209 152
2	BMs-2	B.M. residuos sólidos	468 730	8 202 064
3	BMs-3	B.M. residuos sólidos	489 280	8 204 070
4	BMs-4	B.M. residuos sólidos	400 738	8 292 460
5	BMs-5	B.M. residuos sólidos	418 699	8 318 206
6	BMs-6	B.M. residuos sólidos	425 947	8 317 794
7	BMs-7	B.M. residuos sólidos	453 114	8 291 054
8	BMs-8	B.M. residuos sólidos	464 519	8 282 771
9	BMs-9	B.M. residuos sólidos	444 825	8 304 481



La cantidad de basura acumulada anualmente en los botaderos municipales de residuos sólidos en el ámbito circunlacustre es de aproximadamente 6 060 TM/año, las cuales constituyen una fuente puntual importante de contaminación del agua y del suelo, debido a la infiltración de lixiviados generados principalmente en el periodo de lluvias.



Figura 3.54

- (1) Botadero municipal de residuos sólidos de Capachica. (2) Botadero de residuos sólidos de Vilquechico. (3) Vertimiento de aguas residuales municipales de la ciudad de Yunguyo. (4) Botadero de residuos sólidos de la municipalidad provincia de Pomata.

3.2.9 Bahía Interior de Puno

La bahía Interior de Puno es una pequeña porción del lago Titicaca que tiene una superficie de 17,5 km², equivalente al 0,2 % del área total del lago Titicaca, una profundidad promedio de 2,4 m y una máxima de 5 m a 6 m. Se estima un volumen aproximado de 41,52 hm³, y en sus orillas, entre las islas Esteves, por el noreste, y Chimu, por el sur, se desarrolla la ciudad de Puno, que tiene un poco más de 134 mil habitantes.

La ciudad se ha desarrollado entre las orillas del cuerpo de agua (3810 msnm) y los 4200 msnm (punto en las laderas del cerro Azoguine). Está rodeada por una microcuenca cerrada de 35 km², que da lugar a 16 quebradas que cruzan por debajo de la ciudad y que transportan en el periodo de lluvias aguas pluviales hacia la bahía Interior de Puno.

En la parte baja se ubica el puerto de Puno y, hacia el sur, el muelle Laykakota, zonas donde se localiza la flota de embarcaciones más grande del Titicaca, que suman algo más de 250 para transporte turístico, dos barcos de gran tonelaje, además de las embarcaciones de la Marina de Guerra del Perú (véase la tabla 3.38).

Tabla 3.38. Inventario de vertimiento de aguas residuales municipales en el ámbito de la bahía Interior de Puno

Provincia	Distrito	Pob. urbana ¹	Generación de aguas residuales ²			GPC (kg/persona/día) ³	RS (TM/año) ⁴
			Q (L/s)	m ³ /año	Cuerpo receptor		
Puno	Puno	134 964	187,4	5 911 423,2	Bahía Interior Puno	0,556	27 389,6
Total general		134 964	187,4	5 911 423,2			27 389,6

Fuente: (1) Población estimada a 2015, con base en los cálculos y proyecciones de población total y edades quinquenales, según departamento, provincia y distrito, 2005-2015, del INEI (2010. Boletín especial N.º 21). (2) Elaboración propia. (3) Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú, gestión 2012 (MINAM, 2012). (4) Elaboración propia.

Hasta antes de la década de 1970, todas las aguas residuales municipales de la ciudad de Puno, a través de diversos emisores ubicados a lo largo de la orilla, eran descargadas sin tratamiento en la bahía Interior de Puno. En 1972 se construyó la laguna de oxidación conocida con el nombre de “El Espinar”, que ocupa 21 Ha. Este sistema de tratamiento se encuentra colapsado desde hace diez años, debido a que los caudales de aguas residuales sobrepasaron el caudal de diseño, por lo que actualmente constituye la principal fuente de contaminación y eutrofización de la bahía Interior de Puno.

3.2.9.1 Inventario de fuentes contaminantes

En el ámbito de influencia de la bahía Interior de Puno, que comprende el área litoral entre la isla Esteves por el norte y la localidad de Chimu por el sur, se ubica la ciudad de Puno, que incluye el Cercado y sus barrios aledaños. Allí se localiza también la población del distrito de Salcedo, además de los muelles lacustres de Puno y Laykakota. En este ámbito se han identificado diversas fuentes contaminantes, desde pequeños vertimientos de aguas residuales hasta vertimientos importantes, además de botaderos de basura.

Un gran porcentaje de las aguas residuales de la ciudad de Puno son derivadas a la laguna de oxidación El Espinar, cuyo efluente descarga permanentemente en la bahía Interior de Puno el vertimiento de aguas residuales crudas generadas en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano, las cuales acarrearán aguas residuales de los diversos laboratorios; lo propio ocurre con el efluente de la laguna de confinamiento formada por el dique del malecón ecoturístico, en cuyo cuerpo de agua se descargan aguas residuales municipales (véase la tabla 3.39).

Tabla 3.39. Inventario de vertimientos de aguas residuales bahía Interior Puno

N.º	Tipo de vertimiento	Caudal (L/s)	Cuerpo receptor	Responsable	Coordenadas	
					Este	Norte
Vertimientos industriales						
VARm-1	AR municipal – Lagunas de oxidación	160,0	B. Interior de Puno	Empresa Municipal de Saneamiento Básico S.A.	393 104	8 247 097
VARm-2	AR municipal	0,2	Laguna confinada – B. Interior de Puno	Población de la ciudad de Puno	390 961	8 249 481
VARm-3	AR municipales	16,0	B. Interior de Puno	Población de la ciudad de Puno	391 273	8 249 727
Total		176,2				
VARd-1	AR domésticas	0,4	B. Interior de Puno	Universidad Nacional del Altiplano.	391 407	8 249 842
VARd-2	AR domésticas	0,4	B. Interior de Puno	Población de la ciudad de Puno	391 075	8 249 633
VARd-3	AR domésticas	0,2	B. Interior de Puno	Puerto Muelle	391 065	8 248 951
VARd-4	AR doméstica Hotel Eco Inn.	0,12	B. Interior de Puno	Hotel Eco Inn	393 471	8 250 353
Total		1,12				

Fuente: ALA-Ilave 2015 (VARm = vertimiento de aguas residuales municipales. VARd = agua residual doméstica).

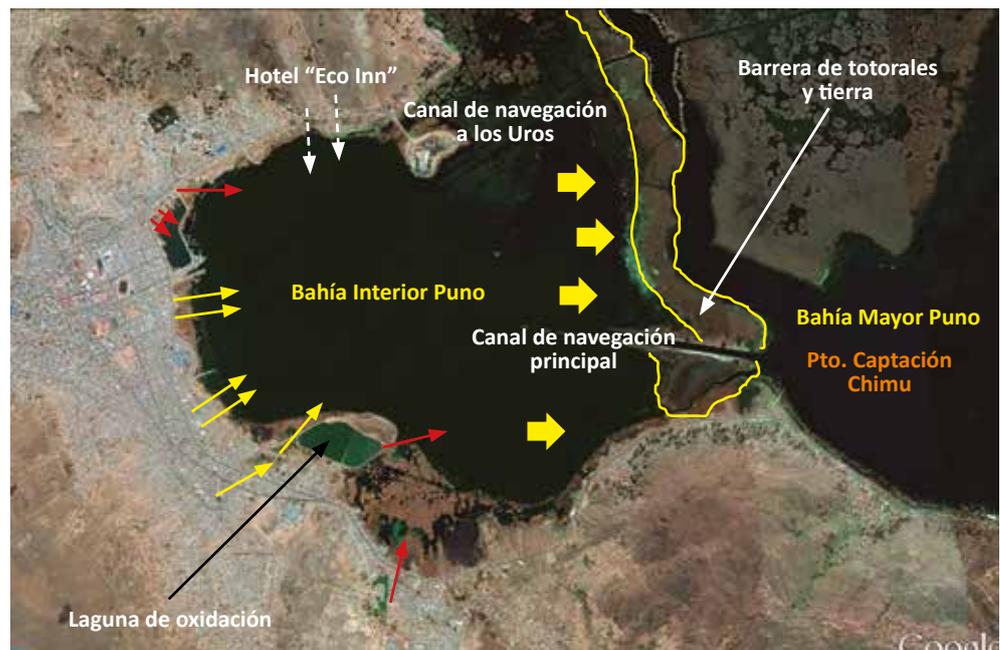
El caudal total aforado correspondiente a los vertimientos de aguas residuales entre domésticas y municipales fue de aproximadamente 177,3 L/s, equivalente a 5,6 Hm³/año, de los cuales el 90,2 % corresponden al efluente de la laguna El Espinar, y el restante 9,8 % a otros vertimientos ubicados en diferentes zonas del área circunlacustre. Pese a que la ciudad de Puno cuenta con un sistema de troncal de recolección de aguas residuales municipales, aún existen seis vertimientos de estas aguas que descargan sin ningún tratamiento en diferentes zonas de la bahía Interior de Puno, con un caudal de 17 L/s, equivalente a 546 203 m³/año.

Teniendo en consideración que el vertimiento de aguas residuales municipales es constante en el tiempo, se estima que en el periodo 1995-2014 (diecinueve años) se han vertido alrededor de 106,4 Hm³ de aguas residuales deficientemente tratadas, cantidad que ha excedido en 2,6 veces el volumen de agua de “origen” natural del cuerpo de agua — ello sin contar el volumen aportado por el sistema de drenaje pluvial que bordea la ciudad de Puno.

La bahía Interior de Puno, al ser considerada un cuerpo de agua morfológicamente casi cerrado, aspecto que limita la renovación o intercambio de agua entre esta y la bahía Mayor de Puno, ha ocasionado la acumulación de aguas residuales, dándoles características similares a la de una gran laguna de oxidación, receptora de toda la carga de contaminante acarreada por los vertimientos de aguas residuales municipales y por las aguas pluviales, que en muchos casos han sido, durante varios años, receptoras de aguas domésticas.

Figura 3.55

Imágen satélite de la Bahía Interior Puno y la Bahía Mayor Puno. Se aprecia las barreras naturales que separan los cuerpos de agua que limitan la renovación de agua. Se observa los canales de navegación: a los Uros 20 m en promedio, canal principal 70 m



- ➔ Vertimientos de aguas residuales municipales
- ➔ Puntos de drenaje pluvial
- ⋯➔ Lixiviado de aguas residuales

Es preciso señalar que las barreras de totorales ubicadas entre la bahía Interior y la bahía Mayor de Puno cumplen una función protectora de la calidad del agua de la zona de captación Chimu, desde donde EMSA-Puno capta un poco más del 90 % de agua para uso poblacional, pues no permiten que aguas eutrofizadas salgan hacia la parte externa. Si esto ocurriera, la calidad del agua quedaría en riesgo.

Figura 3.56

- (1) Vista parcial de la ciudad de Puno, principal fuente generadora de aguas residuales municipales. (2) Aguas residuales de la laguna de oxidación El Espinar. (3) Vista panorámica del área de influencia del vertimiento de aguas residuales de la laguna de oxidación El Espinar. (4) Panorámica de la bahía Interior de Puno en 2008, donde se observa gran cantidad de lenteja de agua. (5) Vertimiento de aguas residuales municipales mezcladas con aguas pluviales en el margen izquierdo del malecón turístico. (6) Planta piloto abandonada de tratamiento de aguas residuales de la UNA Puno. (7) Vertimiento de aguas residuales municipales hacia la laguna confinada. (8) Dren pluvial hacia la bahía Interior de Puno.



En la bahía Interior de Puno se ha acumulado a lo largo del tiempo gran cantidad de sedimentos, estimados en 831 600 TM, distribuidos en 525 Ha paralelas a la orilla, entre los muelles Puno y Laykakota. La cantidad de nitrógeno total fue estimada en 132 389 toneladas, y la de fósforo total, en 164 toneladas (JICA 2000). Cantidad de nutrientes que, bajo determinadas condiciones físico-químicas del cuerpo de agua, constituye una importante fuente de eutrofización interna.

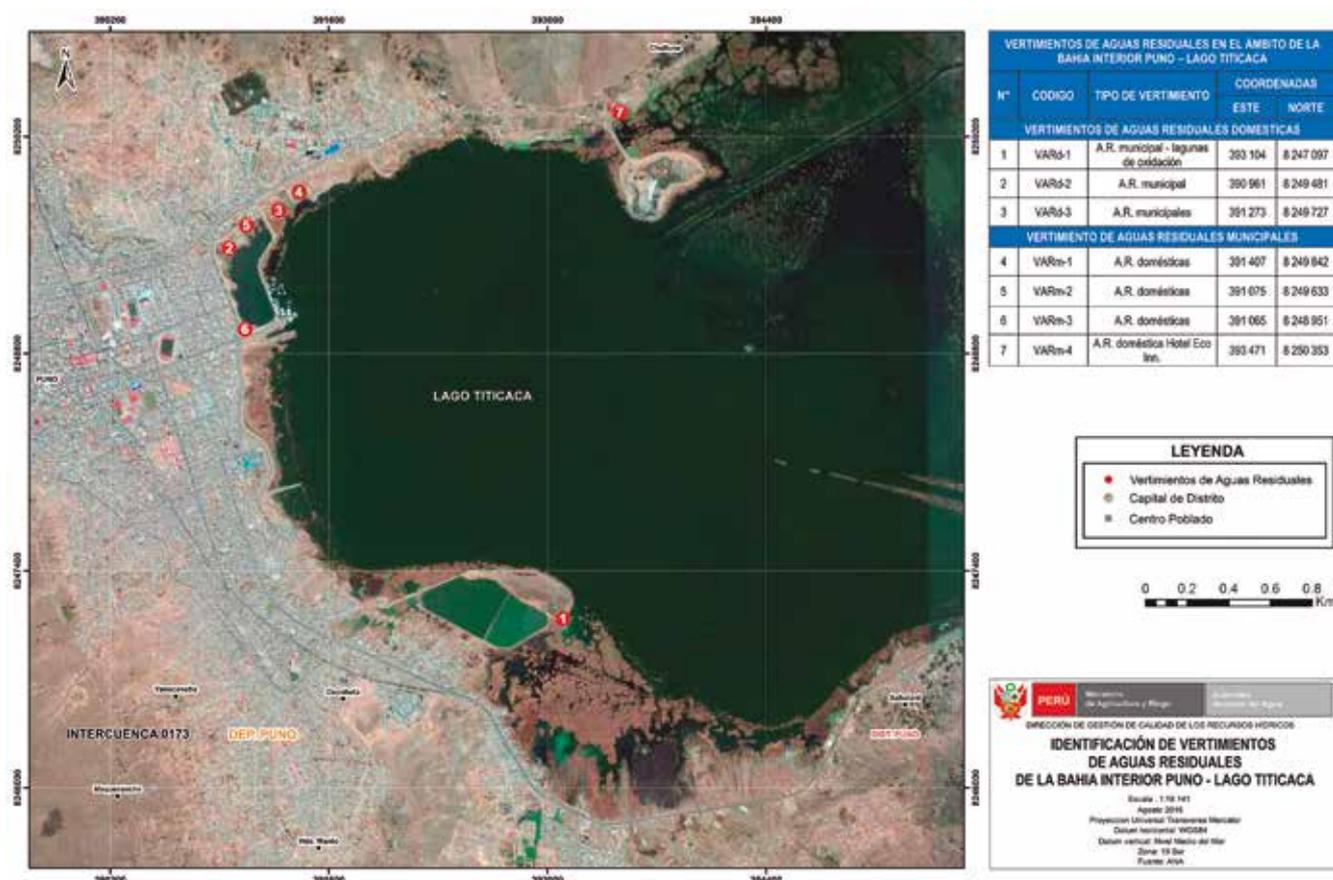
Con respecto a la presencia de botaderos de residuos sólidos, según el inventario realizado por la ALA-Ilave, se registraron seis ubicados en diferentes zonas del área circunlacustre y generados por los pobladores aledaños (véase la tabla 3.40).

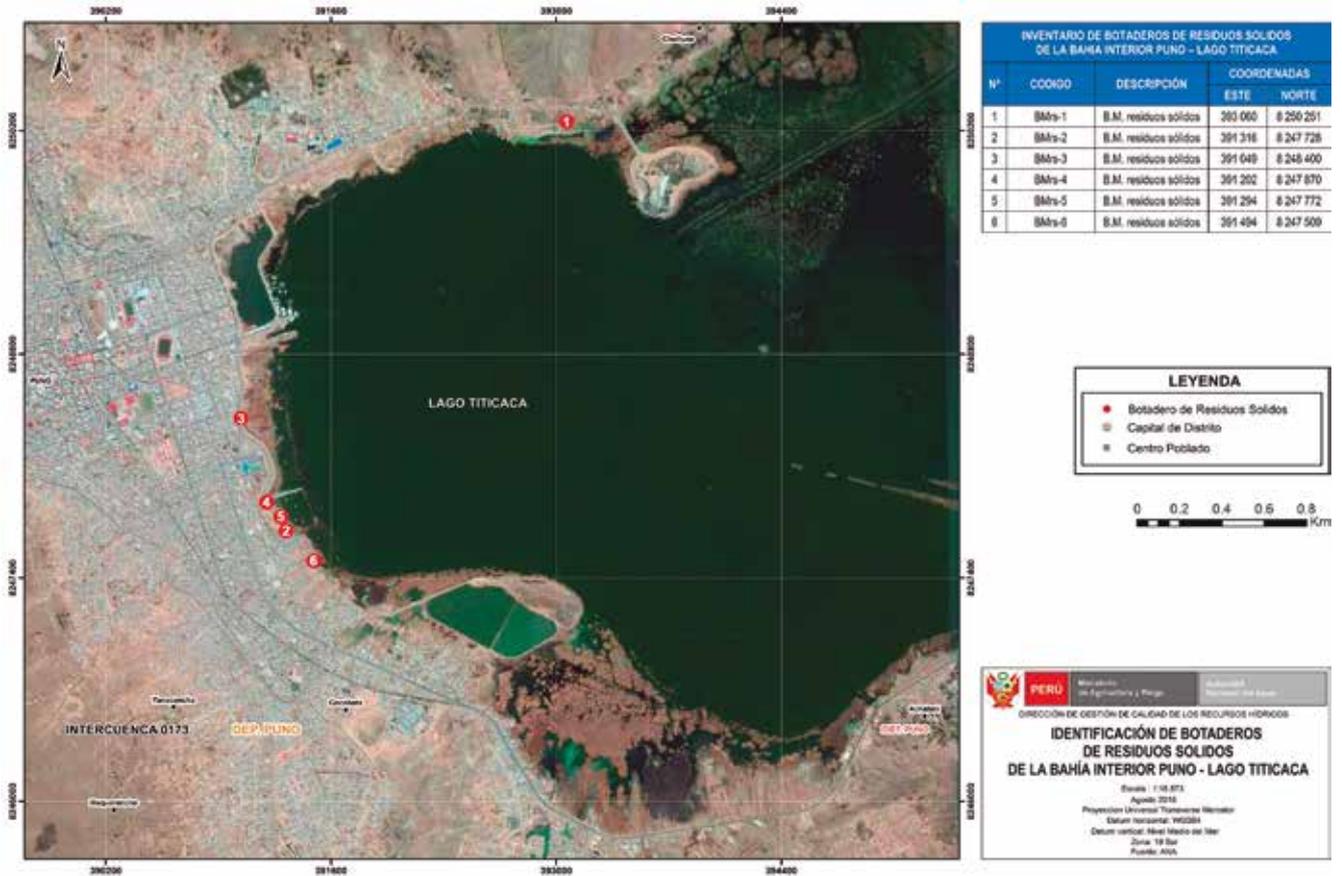
Tabla 3.40. Inventario de botaderos de residuos sólidos

N.º	Descripción	Zona	Responsable	Coordenadas	
				Este	Norte
BMrs-1	BM residuos sólidos	Área circunlacustre	MP de Puno	393 060	8 250 251
BMrs-2	BM residuos sólidos	Área circunlacustre	MP de Puno	391 316	8 247 728
BMrs-3	BM residuos sólidos	Área circunlacustre	MP de Puno	391 049	8 248 400
BMrs-4	BM residuos sólidos	Área circunlacustre	MP de Puno	391 202	8 247 870
BMrs-5	BM residuos sólidos	Área circunlacustre	MP de Puno	391 294	8 247 772
BMrs-6	BM residuos sólidos	Área circunlacustre	MP de Puno	391 494	8 247 509

Fuente: ALA-Ilave 2015 (BMrs = botadero municipal de residuos sólidos).

En el mapa adjunto se presenta la localización de las fuentes contaminantes identificadas.



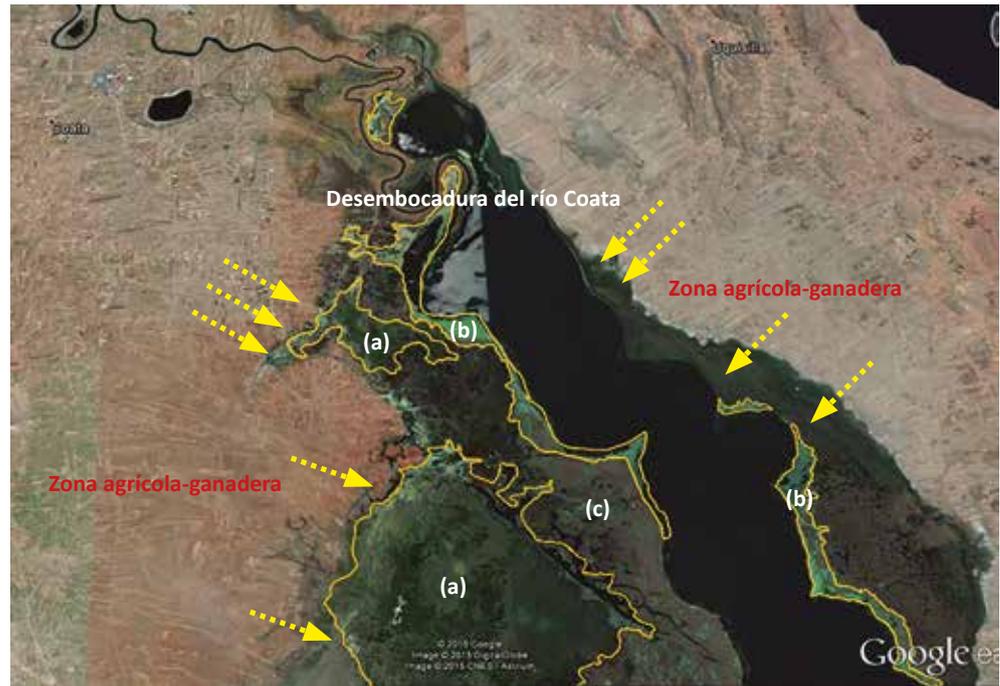


3.2.10 Área circunlacustre de la bahía Mayor de Puno

La bahía Mayor de Puno es un cuerpo de agua que tiene una superficie total de 540 km². Sus afluentes más importantes son el río Coata y el río Illpa; en el primer caso constituye el principal cuerpo receptor de aguas residuales, principalmente de origen municipal. Su volumen anual ha sido estimado en aproximadamente 1,7 Hm³, y se mezcla con las aguas del río Coata, que durante su recorrido hace las veces de un “sistema de tratamiento” en el que los parámetros que no han sido asimilados a través de los procesos de autodepuración, principalmente nutrientes (N y P), terminan en las aguas de la bahía Mayor de Puno, ocasionando problemas de eutrofización en las zonas de influencia directa de la desembocadura. Allí se observa la presencia de lenteja de agua (*Lemna spp.*), indicador típico de cuerpos de agua eutrofizados, especie observada entre los totorales ubicados a ambos lados del cauce que forma la desembocadura del río Coata.

Figura 3.57

Imagen satélite en la que se aprecia la desembocadura del río Coata en la Bahía de Puno que abarca parte de la Reserva Nacional del Titicaca (a) Zonas consideradas distróficas caracterizadas por la presencia de gran cantidad de llacales (b) (c) Área de Totorales.



En la bahía Mayor de Puno existen 29 150 Ha de totorales, así como extensas áreas de macrofitos²³ (llachales), principalmente conformadas por *hinojo llacho* (*Myriophyllum elatinoides*), *yana llacho* (*Elodea potamogeton*), *siji llacho* (*Potamogeton strictus* y *Zannichellia palustris*), todas con importancia forrajera (RNT, 2012). En zonas muy eutrofizadas se desarrolla la lenteja de agua (*Lemna gibba*) y el helecho acuático (*Azolla fuliculoides*); una asociación de algas filamentosas en lugares poco profundos es la de las algas *Spirogyra* y *Oedogonium*, llamadas comúnmente lako. Estas especies proporcionan también hábitat y alimento y son lugares de reproducción para la fauna de invertebrados y vertebrados, en especial para peces, anfibios y aves.

Las características antes descritas asociadas al cuerpo de agua, además del color pardo-amarillento y transparente del agua, indican que esta zona puede ser considerada como una zona en proceso de distrofia²⁴ (aguas retenidas, ricas en sustancias húmicas), influenciado tanto por las aguas del río Coata (con alto contenido de nutrientes) así como por las áreas circunlacustres donde se lleva a cabo la actividad ganadera.

23 Macrófitos: plantas que se ven a simple vista. Los macrófitos acuáticos designan un grupo funcional de vegetales muy heterogéneo desde el punto de vista sistemático y evolutivo, que es considerado elemento clave en las cadenas tróficas de los ecosistemas acuáticos. Abarca grupos tan distintos como plantas vasculares acuáticas, briófitos, carófitos y algas filamentosas. Se consideran buenos referentes de la calidad del agua, y proporcionan un valor indicador a mediano y largo plazo. Son sensibles a variaciones físico-químicas e hidromorfológicas en las masas de agua, como por ejemplo la concentración salina, la eutrofización, el régimen de inundación, etcétera.

Pueden clasificarse en diversas categorías atendiendo a la relación de la especie con el medio en el que vive y a su forma de crecimiento en: *hidrófitos* o *macrófitos acuáticos en sentido estricto*: aquellas plantas que tienen todas sus estructuras vegetativas sumergidas o flotantes. Se incluye en este grupo a plantas vasculares, algunos géneros de briófitos y las algas carófitas y filamentosas. Se encuentran enraizadas al sustrato o flotan libremente en el agua. Son los mejores indicadores del estado de su hábitat; *helófitos*: plantas acuáticas de lugares encharcados con la mayor parte de su aparato vegetativo (hojas, tallos y flores) emergente. Se localizan en los bordes de las lagunas, charcas y zonas inundables no muy profundas. Suelen presentar un sistema de rizomas que permite la expansión subterránea de los individuos, que pueden colonizar rápidamente las áreas donde viven. Poseen un menor valor como indicadores de calidad del ecosistema que los hidrófitos. Ejemplos: carrizo (*Phragmites australis*), enea (*Typha domingensis*), junco de laguna (*Schoenoplectus lacustris*), castañuela (*Boluschoenus maritimus*), junco florido (*Butomus umbellatus*), etcétera, *higrófitos* o plantas de borde: plantas que se sitúan sobre suelos húmedos en los bordes de los humedales, y que suelen acompañar a los helófitos. Ejemplos: apio borde (*Apium nodiflorum*), berro (*Rorippa nasturtium-aquaticum*), etcétera (Cirujano, Meco y Cezón, 2010).

24 Ditrófico: el término distrófico fue acuñado por Thienemann para calificar a los lagos de aguas ricas en ácidos húmicos que confieren a estas una tonalidad marrón, parda o amarillenta y que, normalmente, resultan de la acumulación de materia orgánica dominada por compuestos fenólicos en zonas con drenaje deficiente (Camacho et al., 2009).

Con respecto a fuentes contaminantes localizadas en la zona de influencia lacustre, aunque en menor cantidad, se tienen los vertimientos de aguas residuales de las ciudades de Chucuito, Platería y Ácora, además de los residuos sólidos de cada uno de ellas, que, como en otras localidades, solo cuentan con botaderos municipales. Las aguas residuales de Chucuito son vertidas directamente al cuerpo de agua, y las de Ácora, a un riachuelo que, después de un recorrido de 6 km, termina en la bahía Mayor de Puno (véase la tabla 3.41).

Tabla 3.41. Producción estimada de aguas residuales y residuos sólidos

Provincia	Distrito	Pob. urbana ¹	Generación de aguas residuales ²			GPC (kg/persona/día) ³	RS (TM/año) ⁴
			Q (L/s)	m ³ /año	Cuerpo receptor		
Puno	Acora	3 647	3,4	107 222,0	Pampa	0,474	631
	Chucuito	1 191	1,1	34 690,0	Bahía Puno	0,455	1 978
	Platería	574	0,5	15 768,0	Pampas	0,455	953
	Capachica	742	s.i.	s.i.	-	0,455	123,2
Total general		6 154	5,0	157 680			3 685,2

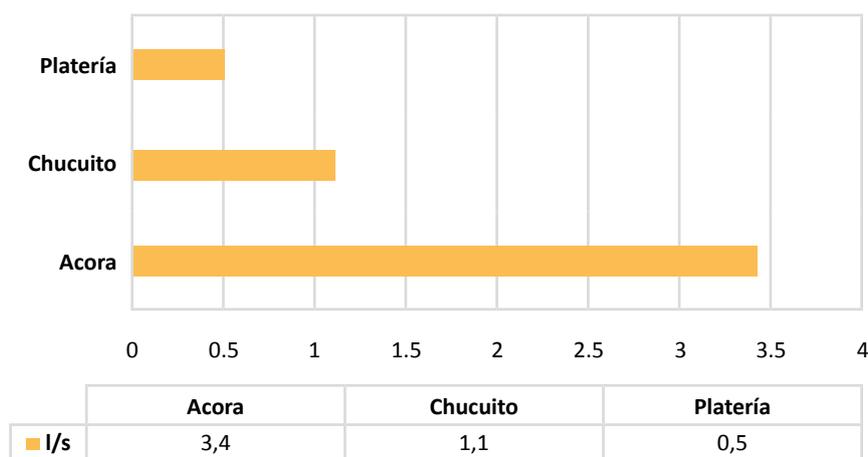
Fuente: (1) Población estimada a 2015, con base en los cálculos y proyecciones de población total y edades quinquenales, según departamento, provincia y distrito, 2005-2015, del INEI (2010. Boletín especial N.º 21). (2) Elaboración propia. (3) Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú, gestión 2012 (MINAM, 2012). (4) Elaboración propia.

s.i. = sin información.

El río Coata es el principal afluente de la bahía de Puno, cuyo cauce aguas abajo de la ciudad de Juliaca y después de un recorrido de aproximadamente 35 km hasta su desembocadura se caracteriza por ser de tipo meandro debido a la baja pendiente, factor que favorece el proceso de eutrofización²⁵ del agua, que se manifiesta con mayor incidencia en el periodo de estiaje, entre los meses de junio y diciembre, cuando el agua es de color verde oscuro. La eutrofización del cuerpo de agua afecta directamente la calidad del agua para uso poblacional de todos los centros poblados aledaños al cauce del río, entre ellos Huata y Coata, así como la calidad del agua para consumo del ganado.

Figura 3.58

Caudales estimados de aguas residuales según centro urbano-área circunlacustre bahía Mayor de Puno.

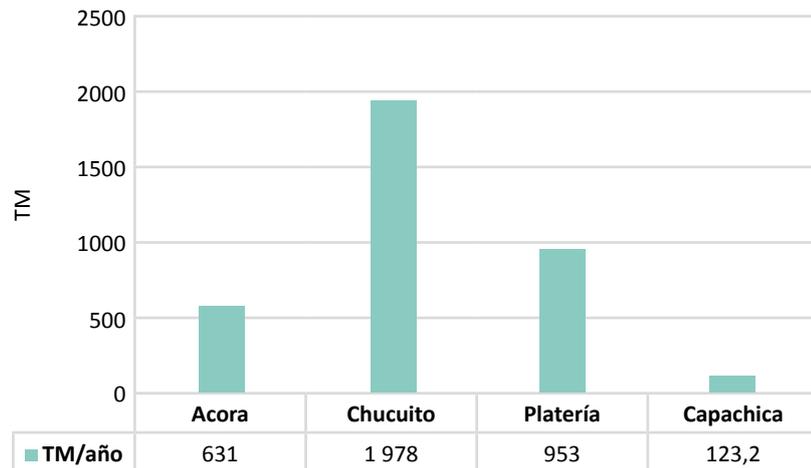


²⁵ Eutrofización: el aumento de materias nutritivas, especialmente de compuestos de fósforo y nitrógeno en las aguas, puede tener su origen en aguas residuales, en materiales residuales que contengan álcalis, en el lavado de sustancias alimenticias y en la erosión del suelo (Diccionario Riudero – Ecología, 1973).

Entre la desembocadura del río Coata y 18 km de la costa oeste de la península de Capachica se ha formado un “canal” natural amplio, que tiene un ancho medio de 1,6 km, rodeado por la margen derecha de densos totorales, y por la margen izquierda por zonas de cultivo y caseríos. Allí se realiza, además, la crianza de ganado vacuno y ovino, actividades que de alguna manera son una fuente de contaminación difusa, debido a que las excretas de la ganadería, a través del lixiviado, pueden afectar la calidad del cuerpo de agua, ya que contienen materia fecal y nutrientes, principalmente.

Figura 3.59

Generación total de residuos sólido en los centros urbanos del ámbito circunlacustre de la bahía Mayor de Puno.



Un componente ambiental importante que rodea a la bahía de Puno son las 29 150 hectáreas de totorales (*Schoenoplectus tatora*), en las cuales existen más de 130 islas flotantes artificiales construidas a base de totora, y donde habitan alrededor de 2 500 pobladores que realizan actividades de pesca y caza. Estas islas son también receptoras de turistas nacionales y extranjeros, sobre todo las ubicadas a ambos lados del cauce del río Willy. De ahí que las actividades antropogénicas en el ámbito de las islas flotantes constituyan una fuente de contaminación del agua, teniendo en cuenta la generación de excretas y su disposición en el medio ambiente aledaño.

En la costa oeste, frente a la localidad de Chimu y cerca de la zona de acceso al canal de navegación que conecta con la bahía Interior de Puno, se localiza la principal zona de captación de agua potable de la ciudad de Puno, conocida como “Chimu”; desde este punto hacia el sur, en una franja de aproximadamente 1,2 km de ancho por 9 km de largo, se realiza la crianza intensiva de truchas en medios controlados (jaulas flotantes) que constituyen una fuente importante de contaminación de este cuerpo de agua.

En las orillas, entre la localidad de Chimu, Ichu y la zona baja de Platería y Ácora, se practica la agricultura de secano, así como la crianza de ganado vacuno, porcino y ovino, que, como en otras zonas circunlacustre, pueden ser consideradas con el paso del tiempo como fuentes difusas de contaminación del agua.

3.2.10.1 Inventario de fuentes contaminantes

En el ámbito circunlacustre se han identificado cuatro vertimientos de aguas residuales municipales, dos generados por la municipalidad distrital de Chucuito y dos por la municipalidad distrital de Paucarcolla (véase la tabla 3.42).

Tabla 3.42. Inventario de vertimiento de aguas residuales bahía Mayor de Puno

N.º	Tipo de vertimiento	Caudal (L/s)	Cuerpo receptor	Responsable	Coordenadas	
					Este	Norte
VARm-1	AR municipal – Ciudad de Chucuito	5,5	Lago Titicaca	MD de Chucuito	404 859	8 243 403
VARm-2	AR municipal – Ciudad de Chucuito	5,8	Lago Titicaca	MD de Chucuito	405 514	8 242 455
VARm-3	AR municipal – Ciudad de Paucarcolla	0,15	Superficie de suelo	MD de Paucarcolla	386 819	8 252 433
VARm-4	AR municipal – Ciudad de Paucarcolla	0,02	Superficie de suelo	MD de Paucarcolla	387 509	8 258 394
VARm-5	AR municipal – Ciudad de Ácora	0,3	Río Ccacca	MD de Acora	415 031	8 234 682
Total		11,74				

Fuente: ALA-Ilave, 2015 (VARm = agua residual municipal).

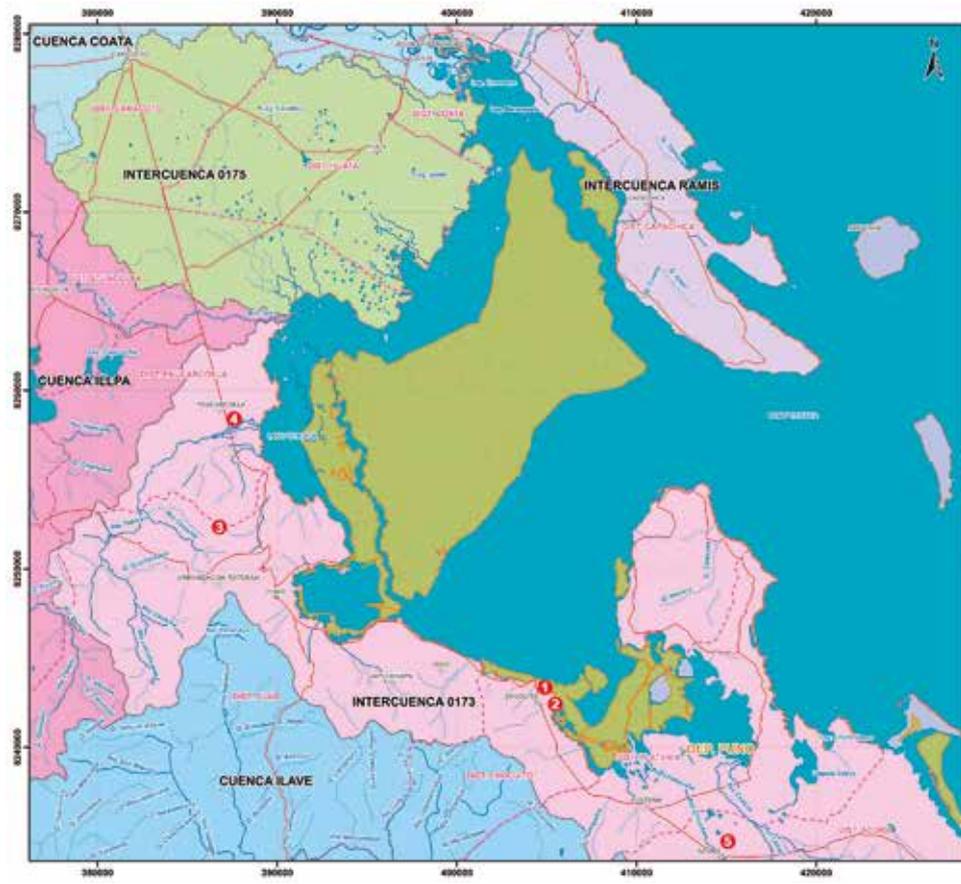
El caudal total aforado en los seis vertimientos es del orden de los 11,44 L/s, equivalente a 360 772 m³/año, de los cuales el 99 % se vierte directamente en el lago Titicaca y el resto en la superficie del suelo, como el caso de las aguas residuales de la ciudad de Paucarcolla (véase la tabla 3.43).

Tabla 3.43. Inventario de botaderos de residuos sólidos

N.º	Descripción	Zona	Responsable	Coordenadas	
				Este	Norte
BMrs-1	BM residuos sólidos	A 550 m de la bahía Mayor de Puno	MD de Chucuito	404 626	8 243 151
BMrs-2	BM residuos sólidos	A 2,6 km de la bahía Mayor de Puno	MD de Platería	410 543	8 236 604
BMrs-3	BM residuos sólidos	A 9 km de la bahía Mayor de Puno	MD de Ácora	413 892	8 230 660
BMrs-4	BM residuos sólidos	A 2,8 km de la bahía Mayor de Puno	MD de Paucarcolla	387 234	8 258 672
BMrs-5	BM residuos sólidos	A 4,8 km de la bahía Mayor de Puno	Municipalidad de Coata	397 917	8 278 146
BMrs-6	BM residuos sólidos	A 6,8 km de la bahía Mayor de Puno	Municipalidad de Huata	395 759	8 274 452
BMrs-7	BM residuos sólidos	A 1,4 km de la bahía Mayor de Puno	Municipalidad de Capa Chica	410 416	8 270 611

Fuente: ALA-Ilave 2015 (BMrs = botaderos de residuos sólidos).

Con respecto a la presencia de botaderos municipales de residuos sólidos (ver mapa adjunto), en el ámbito circunlacustre de la bahía Mayor de Puno se han inventariado siete, correspondientes a igual número de centros urbanos.



VERTIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN EL AMBITO DE LA BAHIA MAYOR PUNO - LAGO TITICACA

N°	CODIGO	TIPO DE VERTIMIENTO	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES				
1	VARn-1	A.R. municipal - ciudad de Chucuito	404 859	8 243 403
2	VARn-2	A.R. municipal - ciudad d de Chucuito	405 514	8 242 455
3	VARn-3	A.R. municipal - ciudad de Paucarcolla	395 819	8 252 433
4	VARn-4	A.R. municipal - ciudad de Paucarcolla	387 509	8 258 394
5	VARn-5	A.R. municipal - ciudad de Acora	415 031	8 234 682

LEYENDA

- Vertimientos de Aguas Residuales
- Capital de Distrito
- Centro Poblado
- Vías
- Quebradas
- Ríos
- Límite de las Cuencas Hidrograficas
- Límite de Departamentos
- Límite de Distritos
- Lagunas y Lagos
- Plantas de Totoras

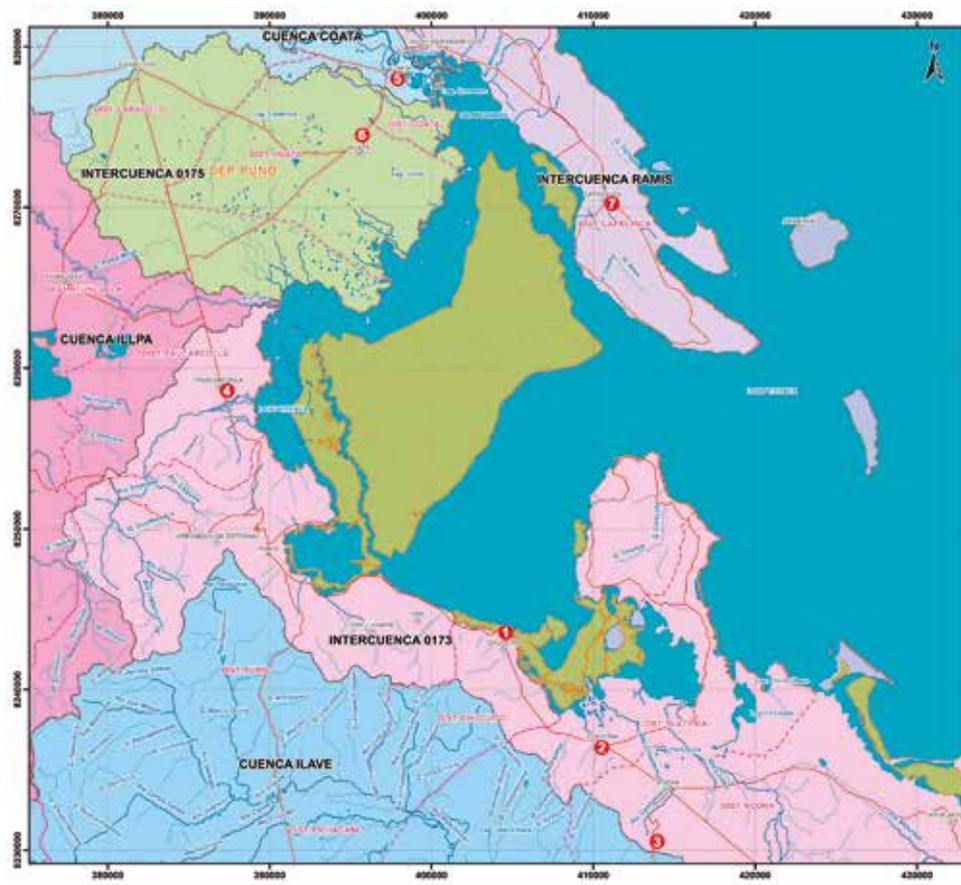


PERU Ministerio de Agricultura y Riego, Oficina Ejecutiva de Asesoría Técnica

DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

IDENTIFICACIÓN DE VERTIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DE LA BAHÍA MAYOR PUNO - LAGO TITICACA

Escala : 1:166,266
 Agosto 2018
 Proyección Universal Transversa Mercator
 Datum horizontal: WGS84
 Datum vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 18 Sur
 Fuente: ANA



INVENTARIO DE BOTADEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA BAHÍA MAYOR PUNO - LAGO TITICACA

N°	CODIGO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
1	BMs-1	B.M. residuos sólidos	404 626	8 243 151
2	BMs-2	B.M. residuos sólidos	410 543	8 236 604
3	BMs-3	B.M. residuos sólidos	413 892	8 230 660
4	BMs-4	B.M. residuos sólidos	387 234	8 258 672
5	BMs-5	B.M. residuos sólidos	397 917	8 278 146
6	BMs-6	B.M. residuos sólidos	395 759	8 274 402
7	BMs-7	B.M. residuos sólidos	410 416	8 270 811

LEYENDA

- Botadero de Residuos Sólidos
- Capital de Distrito
- Centro Poblado
- Vías
- Quebradas
- Ríos
- Límite de las Cuencas Hidrograficas
- Límite de Departamentos
- Límite de Distritos
- Lagunas y Lagos
- Plantas de Totoras



PERU Ministerio de Agricultura y Riego, Oficina Ejecutiva de Asesoría Técnica

DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

IDENTIFICACIÓN DE BOTADEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA BAHÍA MAYOR PUNO - LAGO TITICACA

Escala : 1:175,421
 Agosto 2018
 Proyección Universal Transversa Mercator
 Datum horizontal: WGS84
 Datum vertical: Nivel Medio del Mar
 Zona: 18 Sur
 Fuente: ANA

A fines del mes de septiembre, durante el monitoreo de la cuenca del río Coata, entre el puente Independencia y en un tramo de 1,4 km aguas abajo, se observó la presencia de basura dentro del cauce, en mayor proporción en la margen derecha, que genera la contaminación del agua arrastrada en el periodo de avenidas hacia el lago Titicaca. La causa de este problema es el deficiente sistema de limpieza pública a cargo de la municipalidad provincial de San Román.

3.2.11 Lago Huiñaymarca

Huiñaymarka (palabra aimara que se traduce al castellano como pueblo eterno) es el nombre del lago menor, ubicado en la parte sur del lago Titicaca, que tiene una superficie total de 1400 km² y una profundidad media de 20,30 m. Está conectado con el lago Mayor mediante el estrecho de Tiquina, de 850 m de ancho (Chura y Mollocondo, 2009). En la zona circunlacustre, en el lado peruano se encuentran los centros poblados de Unicachi, Ollaraya, Tinicachi, Zepita y Anapia; y, en el lado boliviano, Tiquina, Puerto Pérez, Cohana, Taraco y, hacia el sur, la bahía de Guaqui.

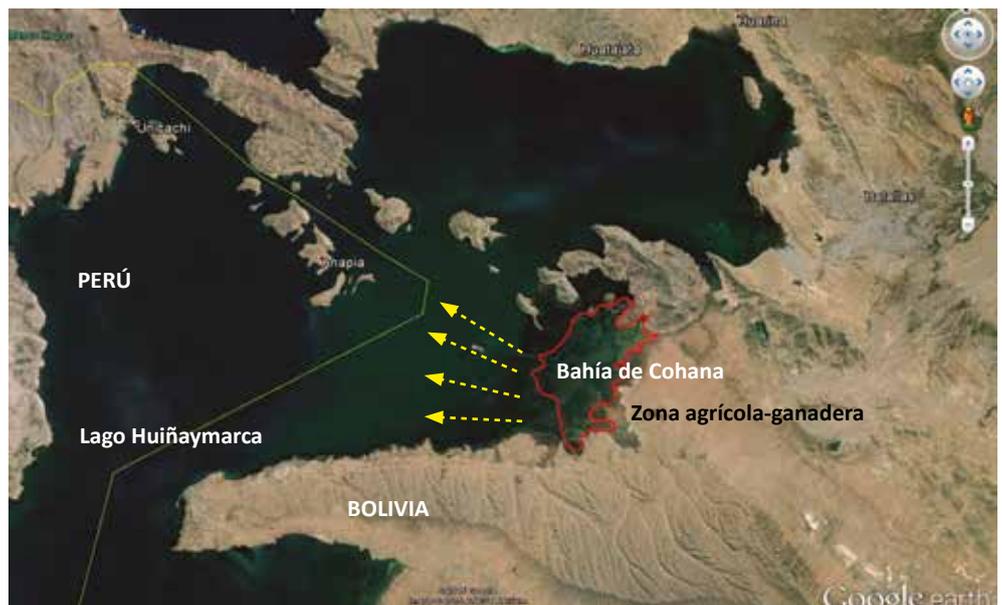
El afluente principal en el lado boliviano es el río Katari, cuyo caudal medio es 17,2 m³/s, equivalente a 1,48 millones de metros cúbicos/día (Ribera, 2008), el cual tiene un recorrido de aproximadamente 60 km entre el Alto La Paz y su desembocadura en la bahía de Cohana. Se forma por las descargas de los ríos Seco y Pallina.

Algunas estimaciones refieren que en el río Katari se vierten entre 1 y 1,2 millones de m³ de aguas residuales por día, de los cuales 300 000 litros son de orina. La cantidad de aguas residuales municipales e industriales que se vierten anualmente a este cuerpo de agua es de aproximadamente 440 Hm³ (440 millones de metros cúbicos) (Ribera, 2008).

Entre los afluentes del río Katari que reciben la mayor contaminación están el río Seco, que atraviesa la ciudad de El Alto, y el río Pallina, que circunda la ciudad de Viacha. Ambos reciben, durante su paso por estas ciudades, descargas de aguas residuales domésticas e industriales, efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Puchuckollo y Viacha y el vertido de residuos sólidos, lo que deteriora la calidad de sus aguas (Vega y Paz, 2008).

Figura 3.60

Imagen satélite en la que se aprecia la ubicación de la Isla Anapia en relación a la bahía de Cohana en Bolivia, considerada como la fuente de contaminación hacia el lado peruano.



La evaluación cualitativa, desde el punto de vista de las fuentes contaminantes, se realizó en el contexto geográfico general (Perú-Bolivia), teniendo en cuenta que es un cuerpo de agua influenciado por las actividades socioeconómicas tanto del lado peruano como del boliviano, en este último caso por el agua contaminada de la bahía de Cohana, que está generando la preocupación de los pobladores y de las autoridades de la isla Anapia.

La bahía de Coahana colinda con la bahía de Tarco al sur y con la bahía de Puerto Pérez al norte. Su contaminación constituye uno de los problemas socioambientales más críticos de Bolivia (LIDEMA 2008). Basta observar una imagen satelital para verificar la presencia de extensas áreas de color verde, coloración que indica que el cuerpo de agua se encuentra eutrofizado. Gracias a las observaciones realizadas en marzo de 2013, durante el monitoreo binacional del lago Titicaca, se constató la presencia de una densa vegetación acuática que crece en gran parte de la superficie del cuerpo de agua. Es posible apreciar la lenteja de agua (*Lemna gibba*), el *Hydrocotyle sp.* y la *Azolla filiculoides* (helecho de agua), plantas acuáticas que al término de su periodo vegetativo mueren y se convierten en sustrato de los organismos descomponedores de materia orgánica (bacterias). En ese proceso se incrementa sustancialmente el consumo de oxígeno disuelto y, por ende, aumenta la demanda bioquímica de oxígeno; pero cuando la materia orgánica presente en el cuerpo de agua es muy grande, ello da lugar a que la descomposición de esta se produzca en una fase anaeróbica o fermentativa, es decir, el proceso pasa de una fase de oxidación a una de reducción, dando lugar a la emisión de olores fétidos.



Figura 3.61

- (1) Panorámica del lago Huiñaymarca, sector peruano. (2) Panorámica de un sector del área circunlacustre en la bahía de Cohana (Bolivia). (3) Laguna de oxidación de aguas residuales de Copani. (4) Laguna de oxidación de aguas residuales de Tinicachi.

En el caso del sector peruano, no existen ríos importantes que descarguen en el lago Huiñaymarca; sin embargo, sí hay centros poblados, como Zepita y Tinicachi, que generan pequeños caudales de aguas residuales que llegan a determinadas zonas del lago.

La isla Anapia, en el sector peruano, está ubicada a 20 km de distancia en línea recta respecto de la orilla de la bahía de Cohana (Bolivia), en la cual el río Katari descarga

sus aguas, las cuales acarrearán las aguas residuales municipales de la ciudad de El Alto, actualmente con un poco más de 900 mil habitantes, y de la ciudad de Viacha. Asimismo, en el área circunlacustre se produce una intensa actividad ganadera, con más de 25 mil cabezas de ganado vacuno destinadas a la producción lechera (LIDEMA 2012); que constituye otra fuente importante de contaminación, teniendo en cuenta que cada una genera deyecciones de entre 15 kg/día y 35 kg/día (vacuno adulto) (Ribera, 2010).

Según el Observatorio Ambiental de la Liga de Defensa del Medio Ambiente de Bolivia (LIDEMA), uno de los temas priorizados en la zona de Bolivia es la contaminación urbano-industrial en la bahía de Cohana, que representa una de las problemáticas socioambientales más críticas del país, tanto por su magnitud cuanto como por el progresivo incremento de su gravedad, debido a la falta de atención y ausencia de esfuerzos orientados a dar soluciones estructurales y efectivas. Esta macrocontaminación tiene su raíz en las descargas de residuos a gran escala de El Alto, una ciudad conurbada de más de un millón de habitantes y numerosas industrias, y amenaza expandirse a otras zonas del lago Menor, lo que afectaría la forma y calidad de vida de sus pobladores, así como las de las zonas de alto potencial turístico (LIDEMA, 2012).

Los efectos de la contaminación en este cuerpo de agua se manifiestan a través de la gran cantidad de macrófitos flotantes, entre ellos la lenteja de agua (*Lemna giba*) y el berro (*Nastortium officinale*), plantas acuáticas consideradas indicadores típicos de contaminación orgánica de cuerpos de agua. En el caso de la segunda especie, actualmente es utilizada como forraje para ganado.

3.2.11.1 Inventario de fuentes contaminantes

Como en otras zonas del área circunlacustre, en el área del lago Huiñaymarca, sector peruano, también existen algunas fuentes contaminantes que pueden estar afectando directa o indirectamente la calidad de este importante cuerpo de agua. En la tabla 3.44 se presenta el listado de fuentes contaminantes.

Tabla 3.44. Inventario de vertimiento de aguas residuales lago Huiñaymarca

N.º	Tipo de vertimiento	Caudal (L/s)	Cuerpo receptor	Responsable	Coordenadas	
					Este	Norte
VARd-1	AR doméstica – CP de Tinichi	0,2	A 160 m del lago Huiñaymarca	MD de Tinicachi	503 998	8 208 302
VAEd-2	AR doméstica – CP de Copani	0,1	A 918 m del lago Huiñaymarca	MD de Copani	496 794	8 186 837
Total		0,3				
VARm-1	AR municipal – Ciudad de Zepita	0,5	A 130 m del lago Huiñaymarca	MD de Zepita	489 472	8 176 113
VARm-2	AR municipal – Ciudad de Ollaraya	0,6	Por filtración (1,3 km del lago)	MD de Ollaraya	501 289	8 206 010
VARm-3	AR municipal – Tinichi	0,4	A 120 m del lago Huiñaymarca	MD de Tinicachi	504 415	8 209 041
Total		1,5				

Fuente: ALA-Ilave 2015 (VARd = vertimiento de agua residual doméstica. VARm = vertimiento de agua residual municipal).

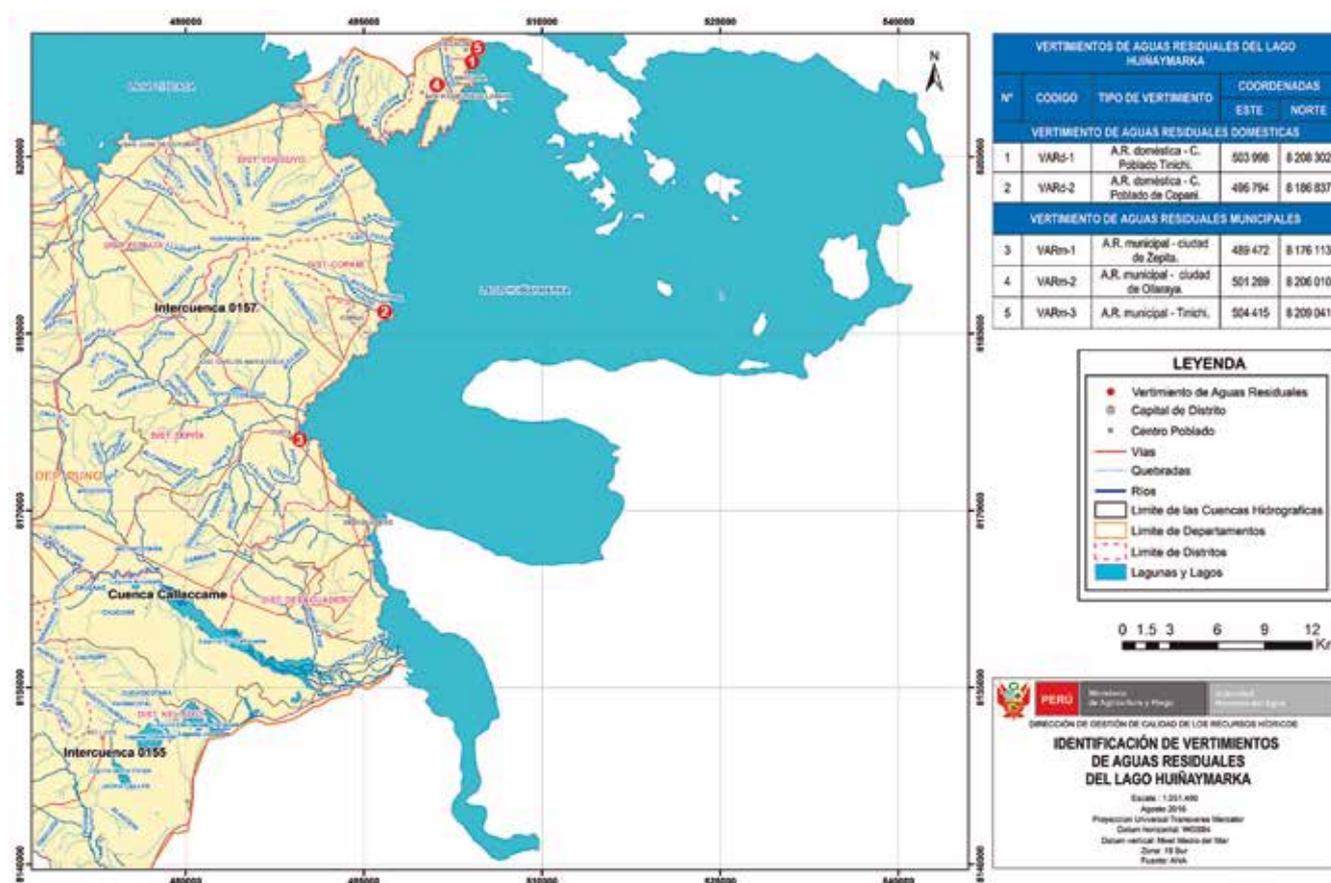
La cantidad de aguas residuales entre domésticas, municipales e industriales es del orden de los 56 764,8 m³/año, equivalentes a 1,8 L/s, las cuales se vierten directamente en el lago Huiñaymarca o se infiltran en el terreno. Este caudal resulta aparentemente pequeño en relación con el volumen y superficie del cuerpo de agua, pero a través de los años puede causar severos impactos, por lo menos en las zonas inmediatas a donde se realizan las descargas de aguas residuales. (Véase Tabla 3.45).

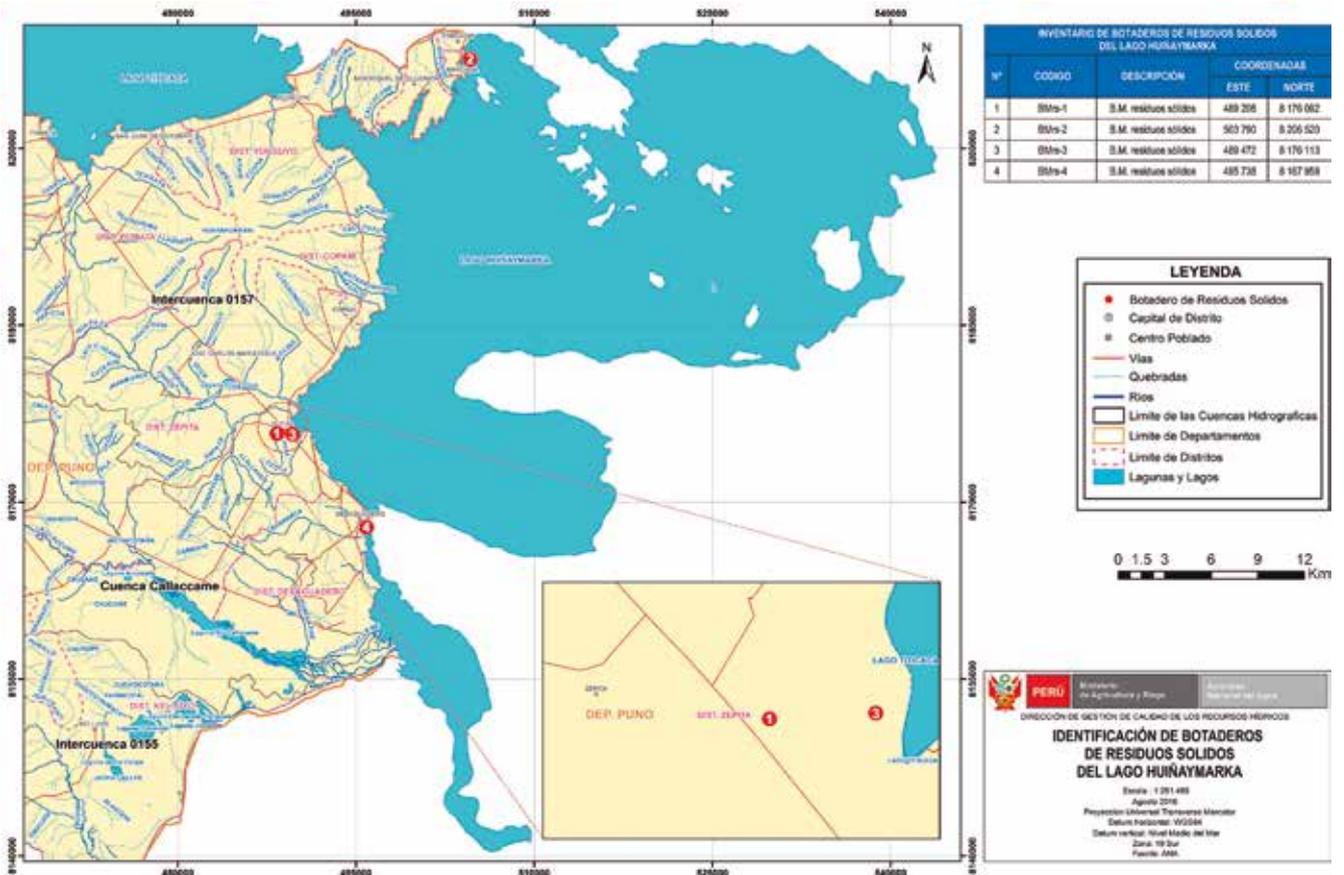
Tabla 3.45. Inventario de botaderos de residuos sólidos

N.º	Descripción	Zona	Responsable	Coordenadas	
				Este	Norte
BMrs-1	Botadero de residuos sólidos	Superficie de tierra	Municipalidad Distrital de Zepita	489 208	8 176 092
BMrs-2	Botadero de residuos sólidos	Superficie de tierra	Municipalidad de Distrital de Tinicachi	503 790	8 206 520
BMrs-3	Botadero de residuos sólidos	A 130 m del lago Huiñaymarka	Municipalidad Distrital de Zepita	489 472	8 176 113
BMrs-4	Botadero de residuos sólidos	En la orilla del río Desaguadero	Municipalidad de Desaguadero	495 738	8 167 959

Fuente: ALA-llave 2015 (BMRs = botadero municipal de residuos sólidos).

En el mapa adjunto se observa la localización de fuentes contaminantes en el ámbito circunlacustre del lago Huiñaymarka.





3.3 INTERCUENCA 0177

En la intercuencia 0177 se ubican los centros poblados de Hayrapata, Occopampa y Sullca, cuyas aguas residuales municipales son descargadas a diversas quebradas afluentes del río Ninantaya el cual después de un recorrido de 21 km, este último ingresa en territorio boliviano para continuar con dirección suroeste y desembocar en el lago Titicaca aguas abajo de la localidad de Escoma (véase la tabla 3.46).

Tabla 3.46. Inventario de vertimiento de aguas residuales en la cuenca del río Huaycho

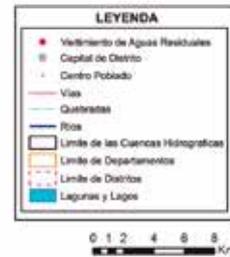
Orden	Tipo de vertimiento	Cuerpo receptor	Caudal (L/s)	Responsable	Coordenadas		
					Este	Norte	
A	VARm-1	AR municipales – CP de Occopampa	0,80	Quebrada Cajatacuyo	Municipalidad CP Occopampa, cuenca del río Suches	459 911	8 303 515
B	VARm-2	AR municipales – CP de Sullca	0,70	Quebrada Curcupuncu	Municipalidad CP de Sullca, cuenca del río Suches	456 687	8 307 223
C	VARm-3	AR Municipales – Ciudad de Huayrapata	0,70	Quebrada Huayrapata	MD de Huayrapata, cuenca río Suches	462 635	8 305 062
D	VARm-4	AR municipales – Ciudad de Huayrapata	0,70	Quebrada Huañajhuira	MD de Huayrapata, cuenca del río Suches	464 240	8 305 190
Total			2,9				

Fuente: ALA-Huancané 2015 (VARm = vertimiento de aguas residuales municipales).

La cantidad de aguas residuales municipales que se vierten anualmente a la mencionada cuenca es de aproximadamente 91 454 m³. En el caso de los vertimientos generados por el centro urbano Huayrapata, proceden de lagunas de oxidación, y en el caso de Occopampa y Sullca, son aguas residuales crudas. En el mapa ajunto se observa la ubicación de las fuentes contaminantes identificadas.



VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN EL AMBITO DE LA INTERCUENCA 9171				
N°	CODIGO	TIPO DE VERTIMIENTO	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES				
1	VARm-1	A.R. municipales - centro P. de Occopampa.	459 911	8 303 515
2	VARm-2	A.R. municipales - Centro P. Sullca.	456 687	8 307 223
3	VARm-3	A.R. municipales - ciudad de Huayrapata.	462 635	8 305 062
4	VARm-4	A.R. municipales - ciudad de Huayrapata.	464 240	8 305 190



INVENTARIO DE BOTADEROS DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL AMBITO DE LA INTERCUENCA 9171				
N°	CODIGO	DESCRIPCION	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
1	BMs-1	B.M. residuos sólidos	444 825	8 304 481



3.4 LOS BOFEDALES Y EL AGUA

Los bofedales ubicados en la zona altoandina de la cuenca del lago Titicaca, por encima de los 3800 msnm, dan lugar a la formación de riachuelos que confluyen con otros ríos para finalmente desembocar en el lago Titicaca. Estas formaciones hidromórficas se comportan como esponjas de almacenamiento de agua y constituyen zonas de importancia ecológica para el mantenimiento de gran número de especies de flora y fauna. Ocupan extensiones considerables, muy productivas, ya que mantienen una humedad crítica y son hábitat de una gran variedad de especies de flora y fauna; son, además, fuente de sustento para la actividad ganadera, por sus forrajes altamente nutritivos y porque son el principal hábitat de los camélidos sudamericanos.

Cumplen un rol fundamental en el funcionamiento del ecosistema altoandino: almacenan eficientemente el agua, favoreciendo el desarrollo de una vegetación rica y diversa, y albergan numerosas especies de plantas endémicas de importancia mundial. Los factores que determinan su estructura y su dinámica son la latitud, la altitud, la temperatura, la precipitación, la cantidad de agua que reciben y la aridez del suelo, pero, al mismo tiempo, están sufriendo el efecto de las acciones del hombre, como el sobrepastoreo o la intervención a través de las vías de comunicación y canales, o, en algunos casos, la sobreexplotación del agua subterránea, que, asociada a las bajas precipitaciones pluviales, puede exacerbar la gradación del humedal.

En la tabla 3.47 se observa la distribución de las superficies de bofedales existentes en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca. Desde el punto de vista de la calidad del agua, se destaca que en muchos de ellos las aguas son ligeramente ácidas, debido a la alta concentración de materia orgánica, y que se encuentran formando las turberas que caracterizan a los bofedales.

Tabla 3.47. Presencia de bofedales en la cuenca del lago Titicaca

Cuenca	Provincias	N.º de bofedales	Área (Ha)	Perímetro (km)
Ramis	Azángaro	24	10 001,68	292,98
	Carabaya	18	2 472,20	126,52
	Melgar	66	15 752,60	646,51
Ilave	El Collao	99	32 224,03	1 442,38
Coata	Lampa	59	14 389,19	517,84
	San Román	8	1 376,56	67,38
Huancané	Huancané	14	13 389,41	270,86
	San Antonio de Putina	16	9 008,32	210,68
Total		304	98 613,99	3 575,15

Fuente: ALT (2001).

La importancia de los bofedales desde el punto de vista hidrológico se basa en que el agua acumulada en ellos durante la época húmeda está disponible en los periodos secos, en especial cuando se trata de bofedales drenados o canalizados; es decir, cumplen un papel importante en la regulación del régimen hidrológico de los cursos de agua; en otros casos, cuando se trata de turberas “intactas” (no drenadas), desempeñan cierto papel en la alimentación de las fuentes de agua freática o para mantener el nivel freático de tierras agrícolas vecinas, sobre todo si están destinadas para tal fin.

Vistos desde la distancia, en muchos lugares los bofedales dominan el paisaje altoandino, tienen una estructura semejante a la de los archipiélagos y están conformados por una gran cantidad de “cojines” o “almohadas” vegetales de un color verde intenso, rodeados o bañados por un gran número de cursos de agua, así como por la presencia de pequeñas lagunas en su superficie.

Los bofedales soportan una carga importante de ganado cámelido, principalmente alpacas, la cual puede variar entre 2 UAA/Ha y 2,7 UAA/Ha²⁶ (Sigua, 2008). Con el tiempo, las excretas de estos animales se acumulan y se degradan, aportando importantes cargas de nutrientes (nitrógeno y fósforo) que afectan la calidad del agua de los bofedales y de los cursos de agua abajo de estos; además, la misma materia orgánica de los bofedales, a través de los procesos de descomposición, puede dar lugar a la acidificación del agua, aunque se puede decir que este no representa un problema ambiental.

26 UAA/unidad animal alpaca/Ha, reproductor macho adulto de 65 kg de peso vivo.

CAPÍTULO IV

LOS CONTAMINANTES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA

4.1 INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, las poblaciones urbanas y rurales del ámbito de la cuenca del lago Titicaca han modificado sustancialmente los hábitos de consumo, como resultado del acceso a la información que fluye en los medios de comunicación, así como de la diversidad de productos manufacturados que se expenden en los mercados. Predominan los productos líquidos embotellados (agua y variedad de refrescos) en botellas PET,²⁷ en envases de HDPE²⁸ (detergentes, mantequilla, botellas de aceite para motor), frascos de PV²⁹ (botellas de champú y de aceite de cocina). Hoy en día, cualquier producto que se compra en un mercado o tienda es entregado en bolsas de plástico (LDPE).³⁰ Una vez que quien compra llega a casa, desecha estas bolsas, que pasan a constituir así uno de los principales componentes de la basura de origen domiciliario que finalmente termina en los botaderos municipales, en las calles o en campo abierto.

Los plásticos son materiales sintéticos derivados del petróleo, aunque recientemente algunos de ellos se están obteniendo a partir de materia orgánica (plásticos biodegradables). Se los usa masivamente debido a sus propiedades físicas: son fácilmente moldeables, impermeables y tienen baja densidad, por lo que son muy livianos, resistentes a la corrosión y a la intemperie, además, son muy baratos.

Existen muchos otros productos o materiales relacionados con los electrodomésticos, la industria, el parque automotor, los centros de salud, etcétera, que al final de su vida útil terminan en los botaderos municipales. Por sus características químicas, físicas y, en algunos casos, biológicas, generan procesos de descomposición, lo que da lugar a la formación de sustancias que contaminan el suelo, el aire y principalmente el agua.

Además de la basura municipal, existen otras fuentes de contaminación del agua que pasan desapercibidas, como la actividad ganadera y el uso de letrinas. No se cuenta con información precisa sobre los impactos que pueden causar en la calidad del agua, pero se estima que en el primer caso puede ser considerada una fuente de contaminación en el largo plazo, debido a la naturaleza de los desechos (excretas) de la ganadería, que contienen gran cantidad de nutrientes y materia orgánica, que pueden ser buenos para el suelo pero no necesariamente para las fuentes de agua, además del aporte de organismos patógenos. Respecto de las letrinas, estas pueden afectar la calidad del agua subterránea, debido a que son construidas sobre el suelo natural, sin mayor precaución.

27 PET: polietilentereftalato.

28 HDPE: polietileno de alta densidad.

29 PV: policloruro de vinilo.

30 LDPE: polietileno de baja densidad.

Este capítulo se ocupa de revisar y exponer los aspectos técnicos asociados a los factores que caracterizan a los diversos tipos de fuentes de contaminación del agua, con el fin de dejar sentado que las fuentes contaminantes no están constituidas solo por los botaderos de basura, los vertimientos de aguas residuales domésticas, municipales e industriales, sino que detrás de cada una de ellas hay determinados componentes o elementos que agravan la situación del entorno ambiental.

4.2 CONTAMINANTES DEL AGUA

4.2.1 Aguas residuales municipales y sus características

Todos los días, en nuestra casa o en la oficinas públicas y privadas, usamos el agua como “vehículo” para transportar nuestros desechos, que terminan en la red de alcantarillado y desde allí llegan a la orilla de un río, lago o laguna de oxidación abandonada o colapsada; sin embargo, mucha gente no tiene idea de a dónde se conducen sus aguas residuales ni, mucho menos, si estas son tratadas o requieren tratamiento. Tampoco tienen idea de los efectos que ellas causan en los ríos, lagos o lagunas, ni la intención de asumir el costo que implicaría la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento.

La producción de aguas residuales domésticas, municipales e industriales generadas por las actividades humanas (en domicilios, oficinas y plantas industriales) es inevitable, y su cantidad y calidad están determinadas por los hábitos de consumo de la gente, así como por el tamaño de la población urbana, del mismo modo como la cantidad de aguas residuales industriales depende de la magnitud del parque industrial. A falta de plantas de tratamiento, estas aguas residuales son vertidas directamente a los cuerpos naturales de agua (ríos, lagunas o lagos), ocasionando su contaminación, debido a que los cuerpos de agua, en la mayoría de los casos, tienen una capacidad limitada de autodepuración.

Todos los cuerpos de agua poseen una capacidad natural y limitada de dilución y autopurificación de los elementos que se incorporan a ellos, conocida como capacidad de asimilación o capacidad de carga (Lozano-Rivas, 2012). Se trata de un concepto muy poco conocido y entendido por la población y sus autoridades.

Se considera la contaminación de un cuerpo de agua como la presencia de diversas formas de energía, elementos, compuestos orgánicos o inorgánicos que, disueltos, dispersos o en suspensión, alcanzan una concentración que limita cualquier tipo de uso (consumo humano, agrícola, pecuario, industrial, recreativo, estético, de conservación de fauna y flora acuática, etcétera). La definición aclara que el uso del agua está en función directa de sus características físicas, químicas, microbiológicas y organolépticas que definen su calidad a partir del uso establecido en la normativa pertinente, en este caso, de los estándares de calidad ambiental para agua establecidos en el D.S N.º 015-2015-MINAM.

En el ámbito de la cuenca del lago Titicaca, las aguas residuales domésticas y municipales, como se ha visto a lo largo del presente estudio, son una de las principales fuentes contaminantes de las aguas superficiales, ríos, lagos y lagunas. Están compuestas por elementos físicos, químicos y biológicos, es decir, son una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua; sin embargo, este es un tema poco y mal conocido por los pobladores y las autoridades municipales.

Por ello, se consideró pertinente realizar una breve descripción de las características físico-químicas y microbiológicas de estas aguas residuales (véase la tabla 4.1).

Tabla 4.1. Características físico-químicas de las aguas residuales municipales y sus efectos en un cuerpo de agua

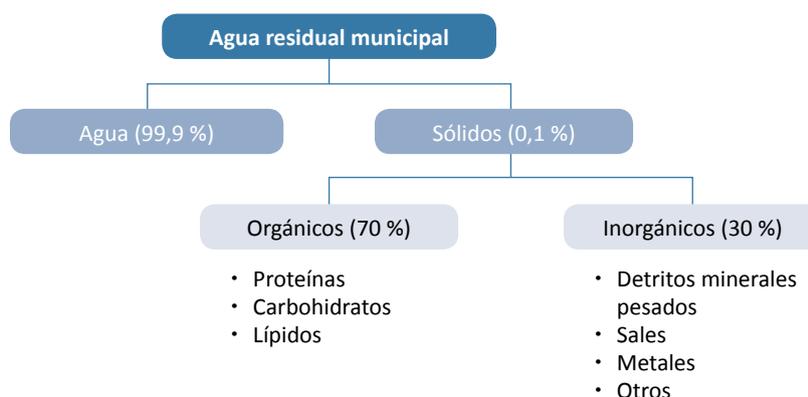
Contaminantes	Descripción del efecto
Patógenos	En los cursos de agua donde se descargan las aguas residuales, domésticas o municipales, pueden transmitir enfermedades gastrointestinales y contagiosas por medio de organismos patógenos como bacterias, virus y parásitos, presentes en las aguas residuales.
Contaminantes prioritarios	Son los compuestos orgánicos e inorgánicos determinados sobre la base de su carcinogenicidad ³¹ , mutagenicidad ³² , teratogenicidad ³³ o toxicidad aguda conocida o sospechada. Muchos de ellos se encuentran en las aguas residuales. Este tipo de contaminantes está representado por los residuales de detergentes, productos farmacéuticos y de uso personal (contaminación emergente).
Sólidos en suspensión	Representados por la materia suspendida o disuelta presente en las aguas residuales, cuyas características físicas más importantes son el contenido total de sólidos, que incluye la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta, la cual al llegar a los cuerpos de agua genera la fango de condiciones anaeróbicas. Afectan la reproducción de los organismos bentónicos y generan trastornos a la cadena trófica. Pueden ser sólidos suspendidos (SS) o disueltos (SD), los que también pueden ser volátiles (SV); estos se presumen orgánicos o fijos (SF), que suelen ser inorgánicos. Parte de los sólidos suspendidos puede ser sedimentable (SSed) (Collazos, 2008). Cuando se descomponen, tienden a flotar debido al empuje de los gases.
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas de origen animal y vegetal que, al ser descargadas en un cuerpo de agua sin ser tratadas, generan el agotamiento del oxígeno, lo que produce condiciones sépticas (olores indeseables) debido a la descomposición en fase anaeróbica, que genera altas concentraciones de sulfuro de hidrógeno, consecuencia de la reducción de los sulfatos por acción microbiana.
Nutrientes	El nitrógeno, el fósforo y el carbono son nutrientes esenciales presentes en las aguas residuales; al ser vertidos en un cuerpo de agua, favorecen el crecimiento acelerado de determinados organismos acuáticos (fitoplancton) y diversas plantas acuáticas.
Sólidos inorgánicos disueltos	Constituidos principalmente por calcio, sodio y los sulfatos.
Sustancias tóxicas: cianuros, metales, fenoles, etcétera	Si están presentes en las aguas residuales en altas concentraciones, generan la extinción de la vida acuática, eliminan las bacterias e interrumpen el proceso de autodepuración.

Fuente. Tomado y adaptado de Romero (2010).

Las aguas residuales municipales están constituidas por 99,9 % de agua y 0,1 % de sólidos suspendidos coloidales y disueltos, muchos de ellos de naturaleza orgánica.

Figura 4.1

Composición porcentual de las aguas residuales municipales (fuente: tomado y adaptado de Olivos, 2010).



31 Carcinogénesis: capacidad de un agente de producir una neoplasia (Boada, 2004).

32 Mutagénesis: se define como teratogénesis o dismorfogénesis la alteración morfológica, bioquímica o funcional, inducida durante el embarazo, que es detectada durante la gestación, en el nacimiento o con posterioridad (Pérez et al., 2002).

33 Teratogénesis: se define como teratogénesis o dismorfogénesis la alteración morfológica, bioquímica o funcional, inducida durante el embarazo, que es detectada durante la gestación, en el nacimiento o con posterioridad (Pérez et al., 2002).

Contienen altas concentraciones de materia orgánica, en su mayor parte conformada por residuos alimenticios, heces, materia vegetal, sales minerales, aceites y grasas, y materiales orgánicos diversos, además de sales minerales y sustancias de todo tipo, derivadas de un gran número de productos de uso doméstico (jabones, detergentes, solventes contenidos en los lavavajillas, etcétera). Como resultado de los procesos mecánicos durante la conducción de las aguas residuales por medio de los sistemas de alcantarillado, la materia orgánica y otros componentes de las aguas residuales tienden a fraccionarse hasta formar partículas que quedan suspendidas en el agua, lo que comúnmente se conoce como *sólidos sedimentables*.

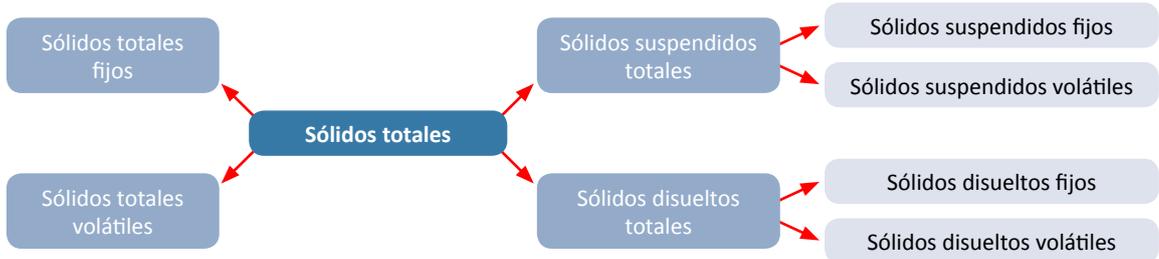


Figura 4.2

Esquema de la clasificación de los sólidos en las aguas residuales (fuente: Collazos, 2008).

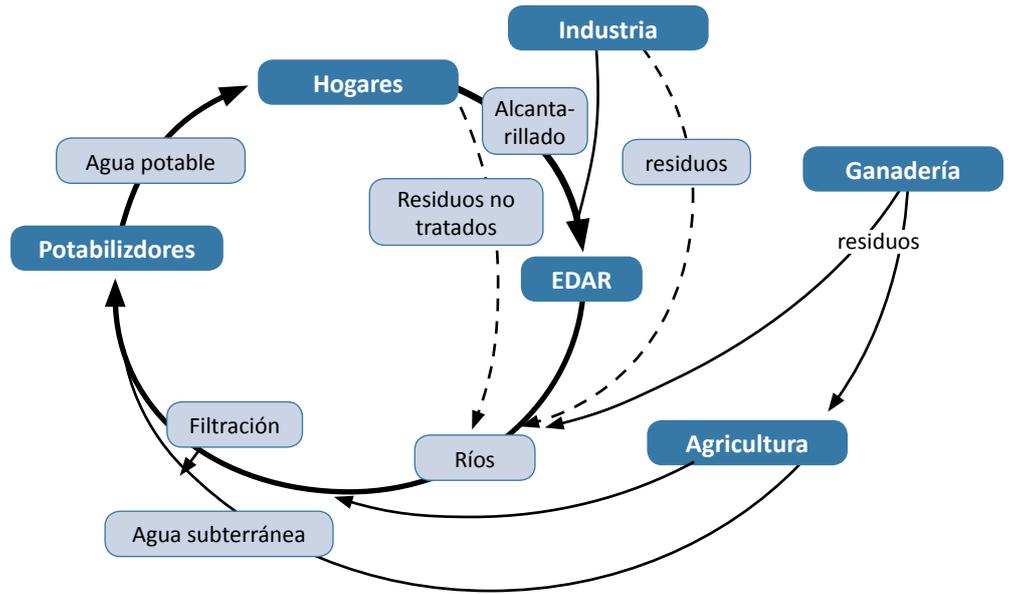
Donde:

- Sólidos totales fijos: formados por componentes inorgánicos o minerales.
- Sólidos totales volátiles: formados por componentes orgánicos.

Los vertimientos de aguas residuales domésticas, municipales e industriales contienen diversas sustancias contaminantes, cuya cantidad y clase dependen del tipo de fuente generadora (industria), de los derivados del consumo y uso por la población urbana de diversidad de productos de uso doméstico, así como del uso de fármacos. La contaminación difusa generada por las actividades productivas como la agricultura y la ganadería, igualmente, acarrea determinados contaminantes. En ambos casos, los caudales puntuales o difusos, finalmente, terminan siendo parte del régimen y del ciclo hidrológico en una determinada cuenca. Así, las mayores concentraciones de contaminantes con efectos adversos fácilmente observables se pueden presentar en el periodo de estiaje, debido a que, en el caso de los ríos, los niveles de autodepuración de los cuerpos de agua disminuyen sustancialmente; mientras que, para el caso de los lagos, estos terminan siendo los receptores de toda la carga contaminante transportada por los ríos, sea en época de avenidas o de estiaje.

Figura 4.3

Esquema del ciclo hidrológico y su relación con la contaminación (fuente: tomado de Barceló y López 2003). EDAR = estación depuradora de aguas residuales.

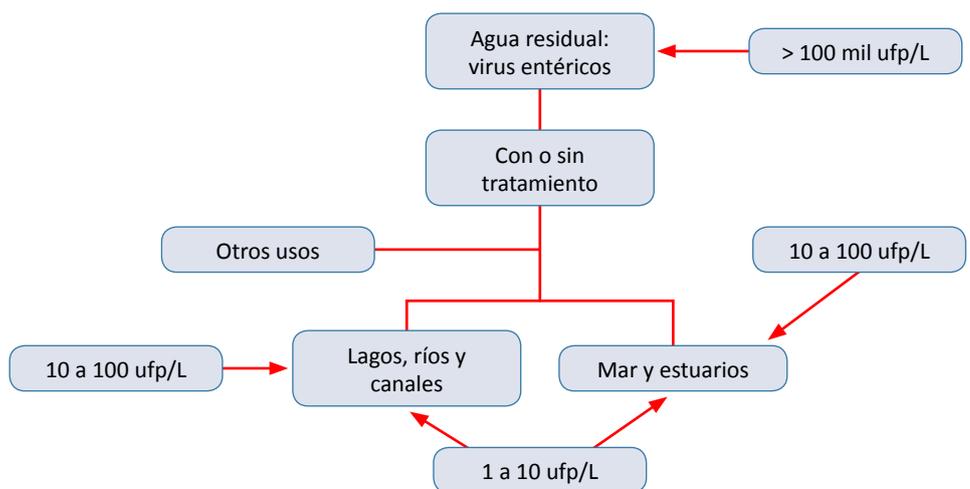


Cuando se vierten aguas residuales municipales a un río, los efectos se pueden notar inmediatamente aguas abajo del punto de vertimiento, y son fácilmente observables principalmente en el periodo de estiaje, como en el caso de los ríos Coata, llave, Putina y Ayaviri; y, en el mediano o largo plazo, en lagos como la bahía interior de Puno y la bahía de Yunguyo en el lago Titicaca.

Muchos estudios refieren que los virus entéricos se introducen en los cuerpos de agua por medio de las heces fecales y la orina de individuos infectados, aunque no muestren signos de enfermedad. En un gramo de heces fecales pueden excretarse incluso 1011 partículas virales, como en el caso del rotavirus.³⁴ Si las aguas residuales no reciben ningún tratamiento previo a su descarga final en cuerpos receptores, la concentración de virus puede ser de hasta 105 ufp/L (unidades formadoras de placa por litro) (Pina, 2001, citado por Jiménez et al., 2010).

Figura 4.4

Concentraciones de virus entéricos en agua de diferentes tipos a partir de la descarga de heces fecales en agua residual (fuente: Pina, 2001, citado por Jiménez et al., 2010).



34 Rotavirus: son virus sin envoltura, de estructura icosaédrica, con un ácido ribonucleico (RNA) segmentado de doble cadena y de un tamaño de 70 nm de diámetro (http://vacunasaep.org/manual/Cap8_18_Rotavirus.pdf).

Se debe precisar que las fuentes de contaminación viral del agua incluyen al ser humano y a otros mamíferos. Este problema, asociado a la contaminación de los cuerpos de agua, es un tema, como muchos otros, de los que no se habla comúnmente, por lo que constituye una línea de investigación importante que pueden abordar las universidades.

4.2.2 Las aguas residuales municipales y los contaminantes emergentes

Otros contaminantes presentes en las aguas residuales, de los cuales tampoco se conoce mucho, son los denominados “emergentes”, también conocidos como contaminantes no regulados, pero que en el futuro pueden ser materia de regulación siempre y cuando las universidades y otros centros de investigación realicen, con el aporte del Estado, las investigaciones necesarias como primer paso para responder algunas de las incógnitas relacionadas con los contaminantes emergentes. Las líneas de investigación por atender son: estudios de toxicidad, de degradación, de biodisponibilidad y ambientales.

Los contaminantes emergentes están compuestos por una amplia variedad de productos de uso diario con aplicaciones tanto domésticas como industriales. Entre los más relevantes están los surfactantes, medicamentos, productos para el cuidado personal, aditivos de las gasolinas, retardantes del fuego, antisépticos, aditivos industriales, esteroides, hormonas, subproductos de la desinfección del agua, plaguicidas, productos para diagnósticos médicos y aditivos alimentarios.

La característica de este grupo de contaminantes es que no necesitan persistir en el ambiente para causar efectos negativos, puesto que sus altas tasas de transformación/remoción se pueden compensar por su introducción continua en el ambiente. Para la mayoría de estos contaminantes emergentes, la incidencia, la contribución de riesgo y los datos ecotoxicológicos no están disponibles. La mayor parte de este tipo de contaminantes no son ni acumulativos ni volátiles, a diferencia de los perfumes, que son tóxicos, bioacumulativos,³⁵ persistentes y volátiles. Los efectos que pueden llegar a producir en el hombre y en la biota son desconocidos, y al ser introducidos de una forma continuada en el medio se convierten en contaminantes persistentes, incluso si su semivida es corta (Daughton, 2001).

Los detergentes de tipo alquilfenol etoxilado y algunos fármacos son disruptores endocrinos, lo que implica que una exposición a ellos puede dar lugar a alteraciones en el crecimiento, desarrollo, reproducción y comportamiento de los organismos vivos, de las que una de las más alarmantes y mejor documentadas es la feminización en organismos acuáticos superiores (Barceló, 2008).

El mayor porcentaje de los contaminantes emergentes procede de las medicinas que son excretadas a través de la orina y las heces, y que se incorporan a las aguas procedentes de los hospitales y domicilios. En algunos casos se originan a partir del lixiviado de botaderos de residuos sólidos urbanos o agroindustriales; este es un problema común en el ámbito de los centros urbanos de la cuenca del lago Titicaca, donde no existen sistemas de rellenos sanitarios.

A manera de información general y de manera referencial para intentar comprender las posibles implicancias ambientales de algunos contaminantes emergentes, se ha considerado pertinente incluir, en la tabla 4.2, algunos compuestos o medicamentos como esteroides y productos antimicrobianos detectados en aguas de Estados Unidos y algunos países europeos.

35 Bioacumulativos: captación de un químico por un organismo desde el medio biótico (alimento) o abiótico concentrándolo en el organismo (Rad et al., 1995).

Tabla 4.2. Algunos ejemplos de medicamentos

Compuesto genérico	Uso terapéutico	Nombre comercial
Acetaminofen, Diclofenac, Ibuprofeno, Ketapofen, Naproxen	Analgésicos/antiinflamatorios	Tylenol, Voltaren, Advil, Oruvail, Naprosin
Sulfamidas, flouroquinolonas	Antimicrobianos	Diversos
Carbamazepina	Antiepilépticos	Tegretal
Bisoprolol, Metropolol	Antihipertensivos	Concor, Leopresor
Ciclofosfamida, Ifosfamida	Antineoplásicos	Cyclobastn, Holoxan
Triclosan	Antisépticos	Igrasan DP 300, dentríficos
Estradiol	Anticonceptivo	Oradiol
Abuterol	Broncodilatores	Ventolín
Clofibrato, Gemfibrozil	Reductores de colesterol	Lopoid
Fragancias policíclicas	Fragancias	Celestolida
Diazepan	Ansiolíticos	Valium
Metibencilideno	Pantallas solares (protectores)	Eusolex 6300

Fuente: Candela (2002).

Aunque los productos farmacéuticos son un amplio grupo de compuestos químicos utilizados en grandes cantidades y variedad, el estudio del comportamiento de estas sustancias al ingresar en las aguas superficiales, su impacto en el ambiente y su posible incidencia en la salud han recibido atención solo en los últimos años. Los fármacos, luego de su administración, son absorbidos y metabolizados por el organismo y finalmente excretados, con lo que alcanzan a los sistemas acuáticos, aunque en pequeñas cantidades, de forma continua a través de los efluentes cloacales (Ankley et al., 2007). Los seres humanos excretan hasta el 90 % de los medicamentos ingeridos (Rodríguez, 2002).

Tras pasar por el cuerpo, los ingredientes activos a nivel farmacéutico son excretados, bien en su misma forma activa, bien como sustancia metabolizada. Los sistemas de aguas residuales municipales recogen una gran variedad de fármacos humanos (y sus metabolitos) administrados en hogares privados y hospitales. Los medicamentos sin utilizar desechados inadecuadamente en lavabos y sanitarios también desembocan en el sistema municipal de aguas residuales. Las instalaciones de tratamiento de estas aguas, incluyendo los procesos de fangos activados, no consiguen eliminar en su totalidad los fármacos. De hecho, el nivel de eficiencia de eliminación oscila entre por debajo del 20 % y por encima del 80 % en el caso de los fármacos individuales. De este modo, los residuos llegan a ríos, lagos y acuíferos subterráneos. Además, se ha demostrado que las instalaciones de fabricación de productos farmacéuticos desprenden ingredientes activos en corrientes de agua cercanas (Larsson et al., 2007, citado por Frank-Andreas Weber et al., 2014).

El problema derivado de la presencia de estas drogas en el agua reside en que pueden llegar a producir procesos neurovegetativos, es decir, aquellos que regulan las funciones independientes de la voluntad (sistema respiratorio, cardiovascular, digestivo, etcétera), alteraciones inmunológicas y endocrinas con efecto acumulativo en el hombre; además, hay que tener en cuenta que estos efectos pueden ser mucho más graves sobre la biota, dado que el umbral de daños es inferior al requerido por los humanos (Candela, 2002).

Es preciso anotar que la contaminación emergente va más allá de los medicamentos de uso humano, pues incluye a los de empleo veterinario; en ambos casos, están compuestos por diversidad de elementos químicos sintéticos, sustancias obtenidas a partir de plantas o animales, o moléculas sintetizadas mediante técnicas de ingeniería genética. Los compuestos de los medicamentos pueden ser introducidos de manera continua en los cuerpos de agua como mezclas complejas a través de una serie de rutas con o sin tratamientos (Daughton et al., 1999).

Entre los fármacos más prescritos en medicina humana destacan los analgésicos/antiinflamatorios como el Ibuprofeno y el Diclofenaco, los antiepilépticos como la Carbamacepina, antibióticos como la Amoxicilina y el Sulfametoxazol, y el β -bloqueantes como el Metoprolol, entre otros. A estos se deben añadir los cada vez más utilizados en veterinaria, en actividades como la acuicultura, la ganadería y la avicultura. Según las propiedades físico-químicas de los fármacos y sus metabolitos y productos de degradación, y las características de los suelos, estas sustancias pueden llegar a alcanzar las aguas subterráneas y contaminar los acuíferos, o quedar retenidas en el suelo y acumularse, de modo que afectarían el ecosistema y a los humanos a través de la cadena trófica. En consecuencia, para una evaluación realista del medio acuático es necesario un estudio integrado agua subterránea – suelo/sedimento – agua superficial. Los fármacos que se han detectado en el medio ambiente acuático, sea directamente o sus metabolitos, incluyen analgésicos/antiinflamatorios, antibióticos, antiepilépticos, β -bloqueantes, reguladores de lípidos, medios de contraste en rayos X, anticonceptivos orales, esteroides y otros, como broncodilatadores, tranquilizantes, etcétera (Hernando M. D. et al., 2006).

Los retardantes de llama bromados,³⁶ entre los que destacan el tetrabromo bisfenol A (TBBPA³⁷), el hexabromociclododecano (HBCD³⁸) y los polibromodifenil éteres (PBDE), se emplean en gran variedad de productos comerciales, entre ellos muebles, plásticos, tejidos, pinturas, aparatos electrónicos, etcétera. La producción de retardantes de llama a nivel mundial es 200 000 toneladas por año (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2008). Estos retardantes de llama bromados (BFR) están ampliamente distribuidos en el medio ambiente y hay una evidencia creciente de su bioacumulación en animales y en el hombre (Fernández et al., 2001).

36 Los retardantes de llama son sustancias químicas que se añaden a los plásticos y otras sustancias potencialmente inflamables para mejorar sus propiedades de resistencia al fuego. Un retardante de llama debería inhibir o suprimir el proceso de combustión (Díaz, Alonso y Martínez, 2008).

37 TBBPA: tetrabromobisfenol A; es una sustancia química utilizada fundamentalmente como monómero en la producción de plástico de policarbonato (OMS, 2009).

38 PBDE: hexabromociclododecano retardante de la llama que se utiliza principalmente para espumas y materiales textiles de aislamiento con base de poliestireno.

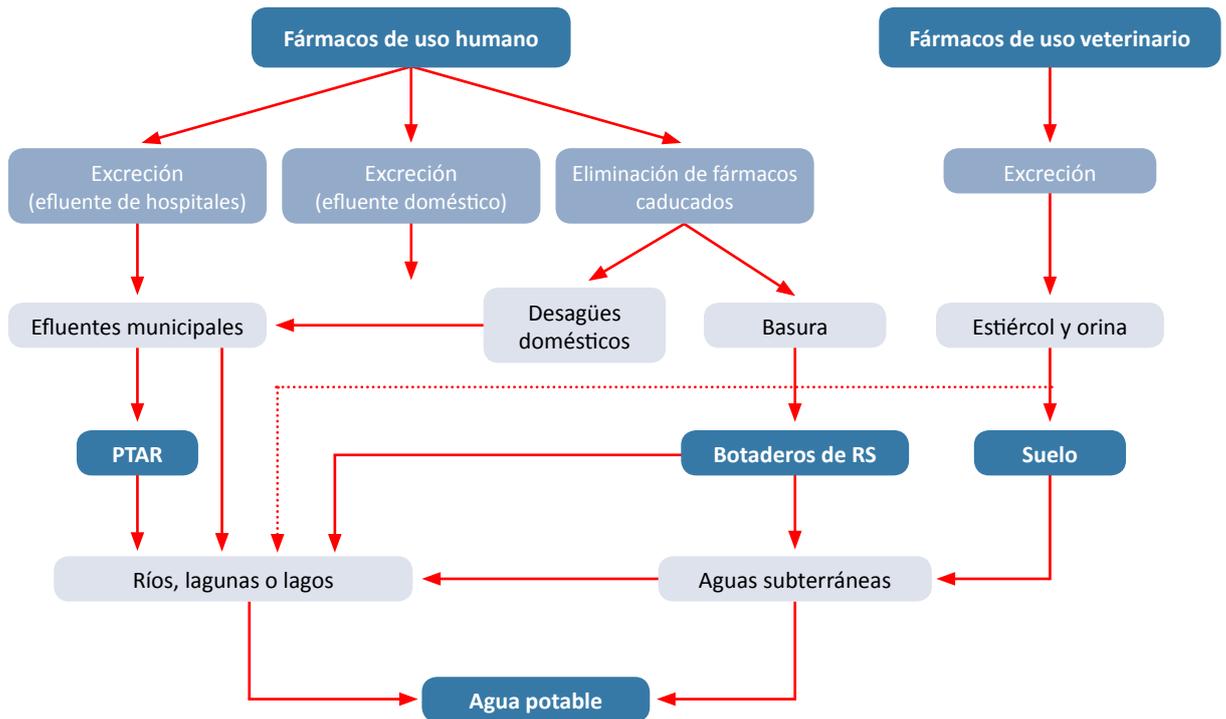


Figura 4.5

Esquema de la ruta de contaminación de los cuerpos naturales de agua (fuente: tomado y adaptado de Halling et al., 1998; Heberer, 2002).

Los fármacos de uso veterinario empleados en la cría de animales pasan al entorno del suelo, donde se utilizan como abonos fertilizantes. Con el tiempo, los residuos de estos medicamentos se acumulan en el suelo o penetran en las aguas freáticas o superficiales, si bien también pueden ser absorbidos por plantas (Carter et al., 2014). Los fármacos veterinarios empleados en la acuicultura penetran directamente en las aguas superficiales. En el medio ambiente, las reacciones de transformación y degradación alteran la movilidad, la persistencia y el destino de los residuos farmacéuticos. En ambos casos, temas totalmente desconocidos a nivel local, regional y nacional.

Hoy en día muchas personas, en menor o mayor grado, dependiendo de las enfermedades o dolencias, recurren al consumo de medicamentos, llegando incluso a la automedicación. Las farmacias y boticas están abarrotadas de gran diversidad de medicamentos; sin embargo, ni los pobladores ni los dueños de estos negocios ni las autoridades tienen idea de los efectos que estos pudieran estar causando en la calidad del agua y, por ende, en el ecosistema acuático.

En 2012, un grupo de investigadores analizó en muestras de agua de la cuenca del río Katari, en Bolivia, los siguientes antibióticos: Sulfamethoxazol (SMX), Trimetropim (TMP), Sulfatiazol, Chloramhenicol y Sulfadiletoxine, y encontró que la concentración de los dos primeros aguas abajo de las dos principales ciudades de la cuenca (El Alto y Viacha) fue de 8832 ng/L y 14 624 ng/L, respectivamente, mucho mayores a las detectadas en el río Sena en París (3,6 ng/L a 18 ng/L) y en el río Mekong en Vietnam (1720 ng/L). Ambos antibióticos se utilizan comúnmente en el mundo, a veces juntos, para el tratamiento de la enfermedad para humanos y animales (C. Duwiga et al., 2014).

Y aunque estos resultados pueden ser considerados muy específicos, son un claro referente de que, en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca, los cuerpos de agua receptores de aguas residuales municipales están afectadas por este tipo de contaminantes, cuyos efectos en los organismos acuáticos se desconocen.

4.3. RESIDUOS SÓLIDOS COMO FUENTE DE CONTAMINACIÓN

Los residuos sólidos incluyen todos aquellos que provienen de actividades humanas y animales y que son desechados como inútiles o superfluos. Comprenden tanto la masa heterogénea de los desechos de la comunidad urbana como la acumulación más homogénea de los residuos agrícolas, industriales y mineros (Tchobanoglous, Theisen y Vigil, 1994).

El inadecuado manejo de los residuos sólidos urbanos, sea en los centros urbanos o en las zonas rurales, constituye un problema ambiental sin precedentes en el ámbito de la cuenca del Titicaca, cuyos impactos a la fecha no han sido muy bien estudiados, sobre todo teniendo en cuenta que incluyen residuos peligrosos. De ahí la importancia de identificar y describir aquellos residuos que representan una fuente importante de contaminación de los cuerpos de agua en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca.

Se ha estimado que la generación total de residuos sólidos en los 63 centros urbanos de mayor importancia por su cantidad de población en la cuenca es de 132 654 TM/año que son vertidos en botaderos municipales a cielo abierto, o, en algunos casos, enterrados.

4.3.1 Residuos sólidos peligrosos

El artículo 22 de la Ley General de Residuos Sólidos (Ley N.º 27314) los define como aquellos que, por sus características o el manejo al que son o van a ser sometidos, representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente. Sin perjuicio de lo establecido en las normas internacionales vigentes para el país o las reglamentaciones nacionales específicas, se considerarán peligrosos los que presenten por lo menos una de las siguientes características: autocombustibilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad, radiactividad o patogenicidad.

Pese a que los residuos sólidos se generan en los domicilios, oficinas, plantas industriales, servicentros (lavaderos de carros), restaurantes, etcétera, el nivel de conocimiento que de ellos tienen la población y las autoridades locales y regionales respecto de su composición y peligrosidad para el medio ambiente es mínimo.

Están compuestos por elementos que, por su composición química y en algunos casos biológica, son considerados peligrosos porque son fuentes de contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos; entre ellos se tienen: pilas o baterías,³⁹ tubos fluorescentes, focos ahorradores, aceites y grasas inorgánicas procedentes de talleres de mecánica, filtros de aceite, etcétera. A pesar de constituir una fracción pequeña de la composición de los residuos domésticos, son importantes cualitativamente debido a las sustancias químicas que los constituyen. A este tipo de residuos se les denomina residuos peligrosos urbanos (RPU) (véase la tabla 4.3).

39 Pilas y baterías: son consideradas residuos peligrosos por contener elementos tóxicos.

Tabla 4.3. Clasificación de los residuos peligrosos domésticos urbanos

Tipo	Descripción
Envases de aerosoles	Se consideran residuos peligrosos debido al envase (extremadamente inflamable por el gas propelente que contiene). En muchos casos el contenido del aerosol es una sustancia de naturaleza tóxica y peligrosa, por lo que resulta un producto doblemente peligroso.
Residuales de productos farmacéuticos	Aquí se encuentran pastillas, sobres, jarabes, aerosoles, pomadas, jeringuillas y objetos punzantes, ampollas y radiografías, productos caducados domiciliarios o de consultas y centros de salud, productos veterinarios.
Productos de limpieza de cocina, sanitarios, suelos, paredes y cristales	Productos con sustancias altamente tóxicas y envasados a veces en forma de aerosol. Comprenden desengrasantes, desincrustantes, desinfectantes, desatascadores, ceras, limpiacristales, productos para la limpieza de alfombras y moquetas, productos amoniacales.
Residuales de detergentes (vajilla y ropa)	Jabones, detergentes, lavavajillas (Sapolio), cuyos envases con algo de producto van a los botaderos y desde allí al suelo y a los cuerpos de agua. Actualmente suelen ser biodegradables, pero contribuyen con la contaminación del agua.
Aceites vegetales	En algunos casos se eliminan a través de los desagües, pero también se desechan en los recipientes de basura, terminando finalmente en los botaderos. En el ámbito doméstico, este problema no es de gran magnitud, pero sí lo es en consumidores de grandes cantidades como hoteles, restaurantes, comedores colectivos, etcétera.
Pinturas y disolventes	Las pinturas están compuestas por pigmentos (5 % a 25 %) y disolventes (75 % a 95 %). Pinturas basadas en agua o látex y esmaltes o pinturas basadas en aceite, disolventes, diluyentes y decapantes. El problema son los envases que contienen restos o se desechan sin estar terminados y acaban en la basura; en vertedero pueden producir un aumento de la DQO de los lixiviados. También pueden contaminar suelos y acuíferos si se eliminan inadecuadamente. En algunas comunidades se consideran residuo especial. Los disolventes son sustancias que sirven para diluir pinturas y barnices y para eliminar los restos en herramientas y superficies; la mayoría son tóxicos e inflamables.
Productos para la conservación de la madera	Limpiadores, decapantes y barnices. Destinados a la limpieza: limpiadores y abrillantadores. Todos contienen sustancias químicas que ayudan a la aplicación de las ceras o aceites a la superficie de la madera. Productos destinados a la conservación de la madera: son productos con pesticidas para proteger de plagas como la polilla y productos para proteger de las inclemencias del tiempo.
Productos de bricolaje	Sellantes, disolventes y colas. Existe gran variedad de productos, debido a la gran cantidad de actividades que incluyen.
Productos para el revelado fotográfico	Negativos, baños inhibidores, reveladores y fijadores. Se consideran los generados en pequeños laboratorios por fotógrafos aficionados.
Productos eléctricos y electrónicos	Engloban pilas, acumuladores, tubos fluorescentes, etcétera. Pilas de formato normal (zinc-carbono); pilas de botón con óxido de mercurio son las más contaminantes (30 % de mercurio). Acumuladores de níquel- cadmio. Tubos fluorescentes: muy utilizados por su bajo consumo energético y alta durabilidad. Detectores de humos, etcétera.
Productos para automóviles	Aceites de motores, baterías, líquido de frenos, de transmisión, filtros y neumáticos. Son productos destilados del petróleo que pueden además contener plomo (de la gasolina), magnesio, cobre, zinc y otros metales pesados transferidos en el contacto con el motor. Las baterías contienen plomo (65 %) y ácido sulfúrico (27 %); consumen dos terceras partes del plomo total producido y, por tanto, son una fuente de plomo secundario importante.

Fuente: Tomado y adaptado de López y Dorado (2008).

Las pilas y baterías están presentes en muchas de las actividades cotidianas de la población, ya sea en los hogares, en las oficinas, en el campo, etcétera. Se clasifican en primarias, que son las que, agotada su energía, ya no pueden recuperarse o recargarse, como las pilas de radio, de juguetes y de relojes (pilas tipo botón), y pilas secundarias, que son recargables pero que después del tiempo de su vida útil terminan en la basura.

Químicamente, las pilas están compuestas por un gran porcentaje de manganeso, además de hierro, zinc y carbono como constituyentes principales, y sales de amonio, potasio, litio, cobre, níquel, mercurio, cobalto, aluminio y estaño como componentes secundarios,, tanto en pilas secas, alcalinas, pilas botón como en pilas secundarias (Bonilla et al., 2010); por ende, constituyen fuentes importantes de contaminación del suelo, el agua subterránea y la superficial.

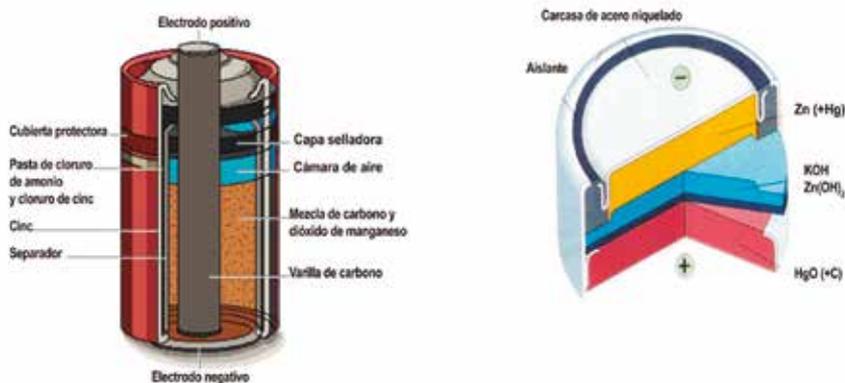


Figura 4.6

Esquema de una pila seca (a) y una pila botón (b) (fuente: tomado de Bonilla et Al., 2010).

Las sustancias (mercurio, cadmio, litio, plomo, etcétera) son consideradas muy tóxicas para la salud y el ambiente, ya que bajo la influencia de factores ambientales (humedad y temperatura), algunos de sus componentes (en ciertos casos muy tóxicos) pasan al ambiente. Por ejemplo, el mercurio y el cadmio, y otros metales, no se destruyen con la incineración: son emitidos a la atmósfera. Metales como el mercurio se pueden vaporizar. Otros metales, como el cadmio y el plomo, pueden concentrarse en las cenizas producto de la incineración. Cualquiera que sea el camino, causan enormes problemas ambientales. La fuente más grande de mercurio en la basura doméstica son las baterías de la casa, especialmente las alcalinas y las baterías de botón, vía por la que aumenta el riesgo de contaminación del agua.

Tabla 4.4. Componentes principales de las pilas primarias y su toxicidad

Tipo de pila	Características tóxicas	Usos	Toxicidad
Primarias (no recargables)			
Secas de carbón-zinc	Contienen muy poco mercurio (0,01 %)	Linternas, radios, juguetes	Muy baja
Alcalinas	Tienen un contenido en mercurio de 0,5 %	Juguetes, tocacintas, cámaras fotográficas, grabadoras. (duran el triple o más que las secas)	Muy tóxicas
Botón óxido de mercurio (HgO)	Algunas contienen hasta un 30 % de mercurio y litio	Aparatos contra la sordera, calculadoras, relojes e instrumentos de precisión	Muy alta
Litio	Litio de 10 % a 30 %	En comunicación, radios portátiles, transmisores, instrumentos médicos, computadoras, calculadoras, celulares, cámaras, agendas	Muy alta
Secundarias (recargables)			
Recargables	Contienen cadmio, plomo y níquel. No contienen mercurio Níquel-Cadmio (Ni-Cd). Cadmio: 18 %	Una pila recargable puede sustituir 300 desechables Juguetes, lámparas, artículos electrónicos, equipos electrónicos portátiles, teléfonos inalámbricos. Pueden durar 500 veces más que una pila de carbón-zinc	Tóxicas
	Níquel – metal hidruro (NiMH). Níquel: 25 %	Productos electrónicos portátiles	
	Ion-Litio (Ion-Li)	Telefonía celular, computadoras, cámaras fotográficas y de video	
	Plomo	Uso automotriz, industrial y doméstico	

Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Greenpeace (2005).

La contaminación ambiental y el riesgo para la salud por este tipo de residuos, en la cuenca del lago Titicaca como a nivel nacional, es un tema no estudiado; sin embargo, la revisión bibliográfica especializada pone en evidencia que constituyen una fuente importante de contaminación ambiental.

Figura 4.7

(1) Pilas incineradas encontradas en un botadero ubicado en la margen derecha del río llave. (2) Filtros de aceite de vehículos y pilas encontradas en el botadero ubicado en las orillas del río llave (26 de mayo del 2015).



Otro de los residuos peligrosos observados en los botaderos municipales son los filtros de aceite de todo tipo de vehículo. Estos tienen por función retener todas las partículas que circulan dentro del sistema de lubricación del motor y que son generados por el propio desgaste del motor (se los llama contaminantes inorgánicos), así como por los residuos de la combustión conocido como sludge o lodo (llamado contaminante orgánico). Se los cambia cada cierto kilometraje, y finalmente pasan a formar parte de los residuos sólidos municipales, terminando en los botaderos. Los filtros desechados contienen residuos de aceite mineral (40 %, aproximadamente), papel, metales y productos de la transformación del carbono, los cuales son tóxicos e inflamables.

La problemática ambiental asociada a este tipo de residuos es el resultado del desconocimiento de las autoridades competentes, de la carencia de alternativas técnicas para el manejo adecuado, de la falta de conciencia y cultura ambiental de los dueños y trabajadores de servicentros, así como de la ausencia de normativa técnica sobre el tema y de sistemas formales de almacenamiento, recolección y aprovechamiento de filtros de aceite usado.

Otros residuos peligrosos de los que no se tiene información son los aceites lubricantes⁴⁰ usados de motor y de transmisión, la grasa mineral desechada y los refrigerantes, que, al parecer, como los filtros de aceite, terminan en los botaderos municipales.

En el año 2001, el parque automotor de la región Puno estaba constituido por 37 074 unidades (MTC 2012) que requieren necesariamente de mantenimiento, lo que incluye cambio de aceite y, por tanto, de filtros de aceite de petróleo o gasolina, cuyo número de veces depende del recorrido del vehículo. Algunas investigaciones sugieren que un vehículo recorre como mínimo 55 km/día, equivalentes a 20 075 km/año. Se considera que, normalmente, un vehículo debe cambiar de aceite cada 5000 km, es decir, unos cuatro cambios de aceite por año (Mena 2009), lo que implica 6 galones/año. En cuanto

⁴⁰ Aceite lubricante usado es todo aquel aceite lubricante (de motor, de transmisión o hidráulico, con base mineral o sintética) de desecho, generado a partir del momento en que deja de cumplir la función inicial para la cual fue creado (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, 2006).

a los refrigerantes, deben ser cambiados cada 40 000 km en cantidad de 2 L en promedio, lo que significa 1 L/año. Tomando como referencia estos datos, se estima que en la región Puno se generan aproximadamente 222 mil galones/año, cuyo destino se desconoce, mientras la generación anual de filtros usados es de alrededor de 148 296, que terminan en los botaderos municipales.

El aceite usado contiene diversos compuestos químicos, como metales pesados (por ejemplo, cromo, cadmio, arsénico, plomo), hidrocarburos aromáticos polinucleares, benceno y algunas veces solventes clorados, PCB, etcétera. Estos compuestos químicos producen un efecto directo sobre la salud humana y varios son cancerígenos.

Disponer el aceite usado y materiales contaminados con este aceite en los rellenos sanitarios o en los botaderos a cielo abierto no es una solución adecuada. El aceite se convierte en parte del lixiviado y termina en las aguas subterráneas, de modo que estas no son aptas para el consumo humano. La contaminación del agua superficial o del suelo no solamente es perjudicial para el hombre, sino también para todas las demás formas de vida, puesto que la presencia del aceite altera los procesos de intercambio con el medio ambiente (por ejemplo, intercambio de oxígeno en el agua) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, 2006).

El aceite usado de motor es insoluble, persistente y contiene sustancias químicas tóxicas y metales pesados (véase la tabla 4.5). Se degrada lentamente. Se adhiere a todo, desde la arena hasta las plumas de las aves. Es además una fuente principal de contaminación de las vías navegables y puede contaminar nuestras fuentes de agua potable (EPA, 2013) (véase la tabla 4.5).

Tabla 4.5. Contaminantes generales presentes en aceites usados

Contaminantes	Origen	Concentración (ppm)
Bario	Aditivos detergentes	Menor de 100
Calcio	Aditivos detergentes	1000-3000
Plomo	Gasolina plomada – desgaste de piezas	100-1000
Magnesio	Aditivos detergentes	100-500
Fósforo	Aditivos antidesgastantes y antioxidantes	500-1000
Zinc	Aditivos antidesgastantes y antioxidantes	500-1000
Hierro	Desgaste del motor	100-500
Cromo	Desgaste del motor	Trazas
Níquel	Desgaste del motor	Trazas
Aluminio	Desgaste de rodamientos	Trazas
Cobre	Desgaste de rodamientos	Trazas
Estaño	Desgaste de rodamientos	Trazas
Cloro	Aditivos – gasolinas plomadas	300
Silicio	Aditivos	50-100
Azufre	Base lubricante-productos de combustión	5 %-10 %
Hidrocarburos livianos	Dilución del combustible	5 %-10 %
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Combustión incompleta	Menor de 1000

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2006).

El aceite lubricante usado que se quema bajo condiciones no controladas puede emitir más plomo al aire que cualquier otra fuente industrial, según estudios desarrollados por la Agencia de Protección Ambiental.

4.3.2 Residuos sólidos hospitalarios

Otros de los residuos peligrosos que forman parte de los residuos sólidos urbanos son generados en los diversos centros de salud como hospitales, clínicas, policlínicos, centros médicos, laboratorios clínicos y consultorios, ubicados en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca. Estos residuos se producen durante la prestación de servicios de hospitalización, diagnóstico, prevención, tratamiento y curación, incluyendo los generados en los laboratorios.

Se caracterizan por estar contaminados con agentes infecciosos que pueden contener altas concentraciones de microorganismos que son de potencial peligro, tales como agujas, hipodérmicas, gasas, algodones, medios de cultivo, órganos patológicos, restos de comida, papeles de embalaje, material de laboratorio, entre otros (véase la tabla 4.6).

Tabla 4.6. Clasificación de los residuos sólidos hospitalarios

Clase de residuo	Descripción	Tipos
Residuos sólidos infecciosos	Los residuos infecciosos se generan en las diferentes etapas de la atención de salud (diagnóstico, tratamiento, inmunización, investigación, etcétera), y contienen patógenos en cantidad o concentración suficiente para contaminar a la persona expuesta a ellos.	<p><i>Materiales provenientes de salas de aislamiento de pacientes:</i> residuos biológicos, excreciones, exudados o materiales de desecho provenientes de salas de aislamiento de pacientes con enfermedades altamente transmisibles. Se incluye a los animales aislados y cualquier tipo de material que haya estado en contacto con estos.</p> <p><i>Materiales biológicos:</i> cultivos, muestras almacenadas de agentes infecciosos, medios de cultivo, placas de Petri, instrumentos usados para manipular, mezclar o inocular microorganismos, vacunas vencidas o inutilizadas, filtros de áreas altamente contaminadas, etcétera.</p> <p><i>Sangre humana y productos derivados:</i> sangre de pacientes, bolsas de sangre inutilizadas, con plazo de utilización vencida o serología positiva, muestras de sangre para análisis, suero, plasma y otros subproductos. También se incluyen los materiales empapados o saturados con sangre; materiales como los anteriores aunque se hayan secado, incluyendo el plasma, el suero y otros, así como los recipientes que los contienen o que se contaminaron, como bolsas plásticas, tubos de venoclisis, etcétera.</p> <p><i>Residuos anatómicos patológicos y quirúrgicos:</i> desechos patológicos humanos, incluyendo tejidos, órganos, partes y fluidos corporales, que se remueven durante las autopsias, la cirugía u otros, incluyendo las muestras para análisis.</p> <p><i>Residuos punzocortantes:</i> elementos punzocortantes que estuvieron en contacto con fluidos corporales o agentes infecciosos, incluyendo agujas hipodérmicas, jeringas, pipetas de Pasteur, agujas, bisturís, tubos, placas de cultivos, cristalería entera o rota, etcétera. Se considera también cualquier objeto punzocortante desechado, aun cuando no haya sido utilizado.</p> <p><i>Residuos de animales:</i> cadáveres o partes de animales infectados, provenientes de los laboratorios de investigación médica o veterinaria, así como sus camas de paja u otro material.</p>
Residuos especiales	Los residuos especiales se generan principalmente en los servicios auxiliares de diagnóstico y tratamiento, y usualmente no han entrado en contacto con los pacientes ni con los agentes infecciosos. Constituyen un peligro para la salud, por sus características agresivas, como corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o radiactividad.	<p>Residuos químicos y peligrosos</p> <p>Residuos farmacéuticos</p> <p>Residuos radiactivos</p>

Fuente: Martínez et al., (2005).

Al no existir rellenos sanitarios, todos los residuos sólidos hospitalarios terminan en los botaderos municipales, quedando expuestos a la lluvia, factor que contribuye al proceso de descomposición y transporte de contaminantes hacia las aguas subterráneas y, en algunos casos, a los cuerpos de agua superficial.

4.4 LAS LETRINAS Y LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La mayoría de los pobladores del ámbito rural circunlacustre que no cuentan con sistemas de alcantarillado para la deposición de sus excretas utilizan letrinas de hoyo seco o pozos sépticos, considerados fuentes de contaminación de las aguas subterráneas (véase la figura 4.8), ya que estas son construidas sobre el suelo natural, sin mayor acondicionamiento que la apertura de un pozo que tiene una profundidad de aproximadamente 2 m y que en muchos casos puede estar a escasos metros por encima del nivel freático, que en el área circunlacustre puede variar entre 3 m y 8 m. Gómez y Ramírez (2007).

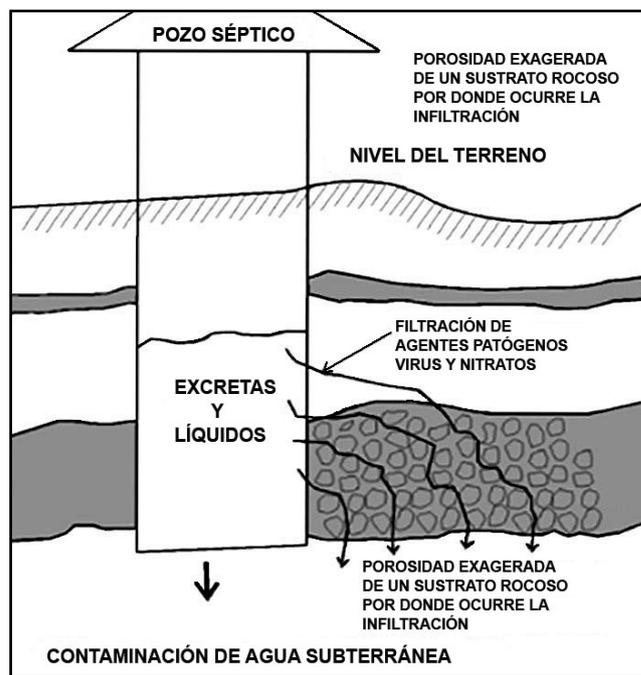


Figura 4.8

Modelo de contaminación de los mantos acuíferos por un pozo séptico (letrina) (fuente: tomado de Gómez y Ramírez (2007)).

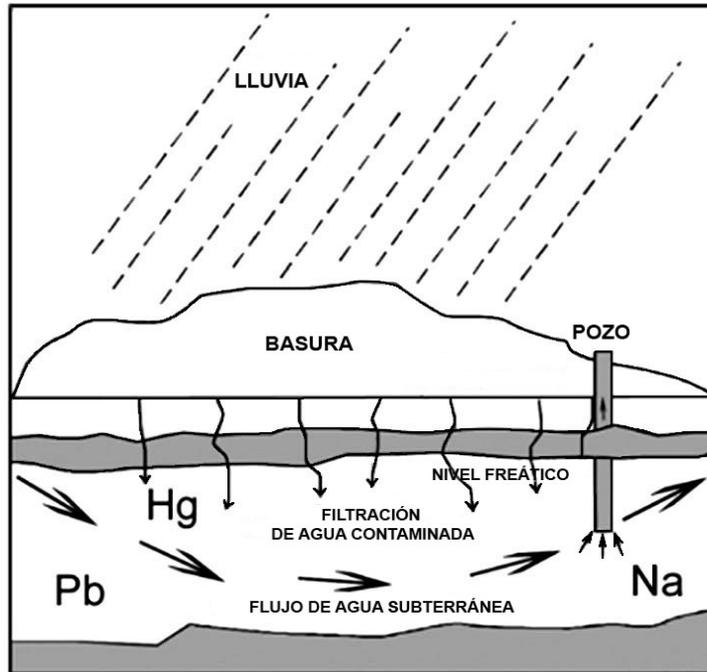
4.5 LOS BOTADEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación del agua subterránea se origina por la presencia de agentes patógenos, nitratos, fosfatos contenidos en las excretas, que por filtración contaminan las aguas subterráneas; por ello, representan un riesgo para la salud de la población, que utiliza aguas subterráneas con fines poblacionales.

Un botadero es el lugar donde se disponen los residuos sólidos sin ningún tipo de control; los residuos no se compactan ni cubren diariamente, lo que produce olores desagradables, gases y líquidos contaminantes. El relleno sanitario es una alternativa comprobada para la disposición final de los residuos sólidos. Estos se confinan en el menor volumen posible, se controla el tipo y la cantidad de residuos, hay ventilación para los gases, se evitan los olores no deseados y hay drenaje y tratamiento de los líquidos que se generan por la humedad de los residuos y por las lluvias (CONAM, 2004).

Figura 4.9

Modelo conceptual de las aguas subterráneas por botaderos de residuos sólidos (fuente: tomado de Gómez y Ramírez, 2007).



La presencia de botaderos municipales es el común denominador en todos los centros urbanos del ámbito de la cuenca del lago Titicaca, de modo que representan un problema ambiental crítico debido a la presencia de diversos tipos de materiales contaminantes en ellos. En el corto y mediano plazo, su descomposición se convierte en fuente importante de contaminación ambiental y riesgos para la salud, debido a las siguientes causas:

- Alteran la calidad del suelo porque lo contaminan con agentes patógenos procedentes de laboratorios clínicos, hospitales, centros de salud y clínicas particulares, que pueden sobrevivir o reproducirse en suelos ricos en materia orgánica.
- Transmiten diferentes tipos de zoonosis por artrópodos y roedores que viven en los botaderos.
- Contaminan el suelo por excretas de roedores, perros, cerdos y aves.
- Transmiten organismos patógenos de animales infectados al hombre, por contacto con el suelo, alimentos, agua y por la crianza de animales alimentados con residuos orgánicos contaminados.
- Contaminan el suelo con sustancias químicas o subproductos tóxicos de la materia orgánica que no puede ser absorbida por el medio debido a la cantidad exagerada y concentrada de sustancia orgánica.
- Contaminan el suelo por el vertido inadecuado de residuos especiales (químicos y biocontaminados) y peligrosos (metales pesados y otro tipo de residuos de la industria formal e informal).
- Aumentan los vectores de enfermedades, tales como moscas, cucarachas, zancudos y mosquitos, tanto en las zonas aledañas al botadero como en él mismo.
- Producen olores desagradables.
- Contaminan el agua subterránea por percolación de lixiviados.
- Contaminan directamente los cuerpos de agua y modifican los sistemas naturales de drenaje por el vertido incontrolado de residuos en ellos.
- Contaminan la atmósfera por acción de los gases que se producen en la quema de los residuos de los botaderos.

Figura 4.10

(a) Panorámica de la ciudad de Yunguyo. (b) Botadero municipal de residuos sólidos sobre un terreno permeable y cercano a curso natural de agua.



El botadero de basura es una de las prácticas de disposición final más antiguas que utilizan las municipalidades del departamento de Puno para deshacerse de los residuos que generan los pobladores de las ciudades o centros urbanos bajo su administración. La mayoría de los botaderos son a cielo abierto; en muchos casos se convierten en comederos de cerdos, ovejas y perros, y en hábitat de fauna transmisora de enfermedades, por lo que representan un peligro para la salud y seguridad de los pobladores aledaños, y en especial para los segregadores. Otro aspecto importante observado es la quema de los residuos sólidos, que contribuye con la contaminación atmosférica, ya que se quema gran cantidad de plásticos (bolsas, botellas, etcétera), caucho, además de otros materiales. La contaminación está representada por componentes químicos tóxicos, producto de la combustión incompleta liberada al medio ambiente en forma de gases peligrosos, principalmente dioxinas (policloro dibenzo-p-dioxinas) y furanos (policloro-dibenzofuranos). Ambas sustancias son consideradas como muy tóxicas, activas fisiológicamente en dosis extremadamente pequeñas; son muy persistentes, es decir, no se degradan fácilmente, y, por tanto, pueden permanecer muchos años en el medio ambiente; son bioacumulables en los tejidos grasos de los organismos y se biomagnifican.

Según el artículo 80 de la Ley Orgánica de Municipalidades (Ley N.º 27972), el saneamiento, salubridad y salud es una función específica; mientras, el artículo 10 del DS N.º 057-2004-PCM establece que las municipalidades provinciales son responsables por la gestión de los residuos sólidos de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generen residuos sólidos similares a estos en todo el ámbito de su jurisdicción.

Según el artículo 9 del DS N.º 057-2004-PCM, los gobiernos regionales (ahora gobernaciones regionales) deben promover la adecuada gestión y manejo de los residuos sólidos en el ámbito de su jurisdicción. Priorizan programas de inversión pública o mixta para la construcción, puesta en valor o adecuación ambiental sanitaria de la infraestructura de residuos sólidos en el ámbito de su jurisdicción, en coordinación con las municipalidades provinciales correspondientes.

Pese a la existencia de normativa en materia de gestión de residuos sólidos, la situación actual refleja la ausencia de políticas ambientales municipales y regionales, así como el desinterés de las autoridades y de la ciudadanía en general.

4.6 FUENTES DE CONTAMINACIÓN DIFUSA

4.6.1 Escorrentías urbanas y drenaje de carreteras

Cuando se habla de la contaminación de un cuerpo de agua, por lo general se la asocia a una fuente específica (aquella que se puede medir, caracterizar y monitorear); sin embargo, en la realidad existen otras fuentes difíciles de medir, a las que se llama comúnmente fuentes de *contaminación difusa*, ya que no es posible determinar las características de estas descargas ni, mucho menos, monitorearlas.

Las fuentes de contaminación difusa incluyen la escorrentía urbana generada en el periodo lluvioso, que puede discurrir por la superficie de las calles o ser conducida por los sistemas de drenaje urbano ya sea de tipo separativo o unitario; también, los drenajes de las carreteras o autopistas (incluidos aquellos generados en el periodo de construcción), y los derivados de los sistemas de letrinas, de la agricultura, la ganadería y, en algunos casos, de la minería y las actividades de construcción.

Existen además los drenajes de las carreteras o autopistas, así como de las calles de los centros urbanos sobre las cuales transitan gran cantidad de vehículos motorizados. El desgaste de sus neumáticos, los gases de combustión emitidos por los tubos de escape, etcétera, pueden aportar un gran número de contaminantes sobre la superficie de las vías, desde donde pueden ser movilizados por la acción del agua (en el periodo de lluvia) o por el viento hacia los sistemas de drenaje y al aire.

En algunos países han sido caracterizadas las escorrentías de las autopistas de alto tránsito, y se ha encontrado que contienen diversos contaminantes generados por los distintos componentes de los vehículos, de los carburantes (gasolina y diésel) y del pavimento (véase la tabla 4.7).

Tabla 4.7. Fuentes antrópicas de contaminantes en escorrentías de pavimentos urbanos

Parámetros	Frenos	Ruedas	Carrocería	Carburantes y aceites	Pavimentos		Basura
					Hormigón	Asfalto	
Cadmio							
Cromo							
Cobre							
Hierro							
Plomo							
Níquel							
Vanadio							
Zinc							
Cloruros							
Sólidos orgánicos							
Sólidos inorgánicos							
PAH							
Fenoles							

Fuente: Suárez et al. (2014).

Estudios realizados han permitido valorizar la problemática de los drenajes de autopistas y sus impactos sobre los medios receptores y sobre las técnicas de control y tratamiento, información que está permitiendo propugnar el uso de técnicas de drenaje de autopistas sostenibles. En Francia, Inglaterra y Alemania existe legislación específica para el control de este tipo de contaminación (Suárez et al., 2014). En la tabla 4.8 se presentan las concentraciones de los diversos parámetros contaminantes reportados en el ámbito de influencia de una autopista.

Tabla 4.8. Niveles de contaminantes en el ámbito de una autopista

Contaminante	Niveles típicos	
Materia particulada		
Partículas totales en suspensión en el aire	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Humos negros en la atmósfera	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Sólidos en suspensión totales en escorrentía	100 g/m^3	
Polvo superficial	50 g/m^3	
Partículas de carbón elemental en suspensión en el aire	3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Contaminantes atmosféricos en forma gaseosa		
CO	2 mg/m^3	
SO ₂	60 mg/m^3	
NO ₂	50 mg/m^3	
NO _x	150 mg/m^3	
Hidrocarburos totales	1 500 mg/m^3	
Compuestos orgánicos volátiles	500 mg/m^3	
Metales pesados		
Plomo	En el aire	0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	En el polvo	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	En las escorrentías	100 mg/m^3
Zinc	En el aire	0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	En el polvo	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	En las escorrentías	100 mg/m^3
Cadmio	En el aire	0,001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	En el polvo	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	En las escorrentías	2 mg/m^3
Cobre	En el aire	0,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	En el polvo	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	En las escorrentías	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Hidrocarburos policíclicos aromáticos (hap)		
Benzeno (a) pireno	En el aire	2 ng/m^3
	En el polvo	0,5 $\mu\text{g}/\text{g}$
	En las escorrentías	0,1 mg/m^3
Fluoranteno	En el aire	10 ng/m^3
	En el polvo	1,1 $\mu\text{g}/\text{g}$
	En las escorrentías	0,3 mg/m^3

Fuente: Suárez et al. (2014).

El origen de determinados parámetros contaminantes presentes en la escorrentía urbana y de carreteras está asociado principalmente a diversas fuentes relacionadas con los vehículos: insumos (combustibles y lubricantes), estructuras vehiculares (carrocerías y neumáticos), así como a otras partes móviles del motor (véase la tabla 4.9).

Tabla 4.9. Principales fuentes de contaminación en aguas de escorrentía urbana y de carreteras

Contaminante	Fuente
Plomo	Gasolinas con plomo, cubiertas de neumáticos, aceites lubricantes y grasas, compuestos empleados en sales de deshielo
Zinc	Caucho vulcanizado de la cubierta de los neumáticos, acero galvanizado, infraestructura, aceite del motor (aditivos estabilizantes), grasas
Hierro	Óxidos de la carrocería del vehículo, estructuras de acero en carreteras (guardarrales, puentes, etcétera), partes móviles del motor
Cobre	Revestimientos metálicos, partes móviles del motor, pastillas de freno, fungicidas e insecticidas (operaciones de mantenimiento en carretera)
Cadmio	Neumáticos (material de relleno), insecticidas, superficies galvanizadas con zinc
Cromo	Revestimientos metálicos, partes móviles del motor, pastillas de freno
Níquel	Gases de combustión del gasoil y aceites lubricantes, revestimientos metálicos, pastillas de freno y asfalto
Manganeso	Partes móviles del motor
Bromo	Gases de combustión del vehículo
Cianuro	Compuestos antiapelmazantes (férricos y ferro-cianuros, etcétera) empleados para mantener la sal granulada
Cloruros	Sales de deshielo
Sulfatos	Capas de la calzada, fuel, sales de deshielo
Petróleo	Derrames y pérdidas de lubricantes del motor, anticongelantes, fluidos hidráulicos, lixiviados de superficies asfálticas
PCB	Sprays empleados en cunetas, deposiciones atmosféricas, catalizadores en neumáticos
Caucho	Cubiertas de neumáticos
SSV	Cubiertas de neumáticos y abrasión del asfalto
Amianto	Embrague y pastillas de freno

Fuente: Suárez et al. (2014).

Si bien es cierto que los valores de los diversos contaminantes citados no pueden ser extrapolados a los espacios geográficos de la cuenca del Titicaca y a otras regiones del país, constituyen un referente que debe ser tomado en cuenta en futuras investigaciones orientadas a la caracterización de los drenajes de las del país, y sobre todo en las escorrentías urbanas, donde existen grandes superficies expuestas al tráfico vehicular intenso. Como ejemplo se puede citar el proyecto de drenaje pluvial de la ciudad de Juiaca, diseñado para recolectar y drenar las aguas pluviales que se acumulan en la superficie de la ciudad, que será descargado al río Coata. Desde este punto de vista, este puede constituir una fuente importante de contaminación del cuerpo de agua mencionado.

Se debe destacar que la carga contaminante de la escorrentía urbana varía de un suceso de tormenta a otro, dependiendo de diversos factores, entre los cuales se pueden citar el tiempo seco precedente, la intensidad de la lluvia y el volumen de esta. El efecto de

“primer lavado” ha sido analizado en algunos estudios; la idea se apoya en la premisa de que una buena parte del material contaminante que se acumula en la superficie urbana durante el periodo seco es arrastrado con las primeras aguas de escorrentía ya sea a los sistemas de drenaje unitarios o al independiente (Hunter et al., 1981; Weibel et al., 1964, citado por Cagiao, 2002).

La atmósfera del entorno de las ciudades está compuesta por los receptores directos de diversos tipos de contaminantes generados por el parque automotor, la industria, la quema de basura, etcétera, los cuales, de una u otra forma, son atrapados por la lluvia durante su caída y transportados por la escorrentía sobre las superficies impermeables hacia los cuerpos de agua ubicados aguas abajo de las ciudades, de modo que constituyen, en definitiva, una fuente importante de contaminación difusa. Igualmente, los contaminantes acumulados durante el periodo de estiaje son lavados y mezclados con los contaminantes precipitados durante la caída de la lluvia.

Como resultado de las actividades diarias, las zonas urbanas del ámbito de la cuenca del Titicaca generan grandes cantidades de residuos sólidos: plásticos, cartones, baterías, colillas de cigarrillos, residuos de textiles, latas, botellas, papel, vidrios, residuos vegetales, fluorescentes, tierra, etcétera, que en muchos casos son depositados temporalmente en las calles y en otros vertidos en las alcantarillas pluviales, por lo que sufren procesos de degradación física o química cuyos residuos terminan en el suelo o en el agua.

Estudios realizados en escorrentías urbanas refieren que el plomo y el zinc son los metales pesados más abundantes. La fuente principal de este último son los neumáticos de los vehículos, además de la corrosión de fachadas, cubiertas y tejados (fuente de metales pesados como Cd, Pb, Zn y Cu) de los techos de las viviendas. Los pavimentos de las ciudades son también una fuente importante de contaminación, y están en función del tipo de pavimento: los de hormigón aportan finos y arenas de carácter inorgánico, y los de revestimiento bituminoso,⁴¹ además de material inorgánico, hidrocarburos y fenoles.

Una fuente importante de sedimentos en las ciudades es provista por la actividad de construcción y expansión urbana, que implica el movimiento de materiales y la remoción y alteración de las capas naturales del suelo en ciudades como las de la cuenca del Titicaca. Su cantidad puede ser diez a veinte veces mayor que la que se genera en los terrenos agrícolas (Cagiao, 2002).

Ni en el ámbito de influencia de la cuenca del Titicaca ni en otras partes del país se han realizado estudios sobre la naturaleza de estas fuentes de contaminación; sin embargo, por los referentes internacionales, se puede concluir que tanto las carreteras asfaltadas —o no— como las ciudades del ámbito de la cuenca del Titicaca constituyen fuentes importantes de contaminación difusa de las aguas superficiales. En muchas de ellas la tendencia es al crecimiento impermeable (asfaltado de calles), que redundará en el aumento de la impermeabilidad y, por ende, en la reducción de la infiltración. En el caso de los lagos, el aumento de los volúmenes de sedimentación y la incidencia en la reducción de las concentraciones de oxígeno contribuyen al incremento de la concentración de nutrientes, aportan contaminantes patógenos y otras sustancias tóxicas. En definitiva, las escorrentías urbanas, por sus efectos en los cuerpos de agua, deberían merecer especial atención.

41 Revestimiento bituminoso: capa superior de un pavimento, constuida por un tratamiento o por una mezcla bituminosa. Los materiales bituminosos son sustancias de color negro, sólidas o viscosas, dúctiles, que se ablandan por el calor y comprenden aquellos cuyo origen son los crudos petrolíferos como también los obtenidos por la destilación destructiva de sustancias de origen carbonoso. Entre ellos se encuentra el asfalto. (<http://ocw.usal.es/enseñanzas-tecnicas/ciencia-y-tecnologia-de-los-materiales/contenido/TEMA%207-%20MATERIALES%20BITUMINOSOS.pdf>).

4.6.2 El uso del suelo El suelo y el agua son recursos naturales vitales para el desarrollo de los pueblos. El primero de ellos es el soporte físico sobre el que habitan todos los seres vivos; es la fuente primordial de materias primas y constituye uno de los elementos básicos del medio natural (Seoánez, 1999). Sus diferentes usos, en determinadas zonas del departamento y del país, son cada vez más intensos, sea para la producción agropecuaria o para el desarrollo de los centros urbanos, principalmente. El conjunto de actividades antropogénicas que se desarrollan sobre él genera alteraciones de sus características físicas, químicas y biológicas, directa o indirectamente, que, al interactuar con las lluvias, pueden constituir fuentes importantes de contaminación de los cursos de agua cuya cantidad y tipo dependen del uso o actividad que se desarrolle sobre el suelo (véase la tabla 4.10).

Tabla 4.10. Tipos de uso del suelo, generación de contaminantes y susceptibilidad de ser arrastrados por la escorrentía fluvial

Tipo de uso del suelo	CONTAMINANTE			
	Sólidos en suspensión	DQO	Metales pesados e hidrocarburos	Contaminación bacteriológica
Rural	Baja	No significativa	No significativa	Media
Urbano	Media-alta	Media	Media	Alta
Urbano denso/comercial	Alta	Alta	Alta	Alta
Industrial	Alta	Media-Alta	Media-Alta	Alta
Aparcamientos y carreteras	Media-Alta	Media	Media-Alta	Baja-Media
Autovías y autopistas	Media-Alta	Media	Alta	Baja-Media
Gasolineras, estaciones de transporte	Media-Alta	Media	Alta	Baja-Media

Fuente: Suárez et al. (2014).

En la cuenca del lago Titicaca, el uso intensivo del suelo no es ajeno, principalmente para el desarrollo urbano. Hoy en día, la tendencia de los centros poblados rurales es a la urbanización, y las ciudades tienden a ser cada vez más grandes. Con el paso del tiempo, esto agravará los problemas de contaminación del suelo y de los cuerpos de agua aledaños.

4.7 PASIVOS AMBIENTALES MINEROS

Son considerados pasivos ambientales aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas, y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad (Ley N.º 28271).

Los pasivos ambientales mineros que afectan la calidad del agua son las bocaminas con drenajes de aguas ácidas, los desmontes cuya superficie expuesta a la lluvia genera drenaje de aguas ácidas y cuyos caudales dependen del periodo de lluvias (enero-marzo); también, las relaveras abandonadas, que son erosionadas durante el periodo de lluvias y cuyo material (relave) es transportado hacia los cuerpos de agua aledaños.

La generación o producción de aguas ácidas (también conocido como *drenaje ácido de roca*) está controlada según los siguientes factores:

- Material sulfuroso con presencia de pirita (FeS_2), Arsenopirita (FeAsS) u otros.
- Presencia de oxígeno.
- Existencia de humedad en el suelo o en la atmósfera.
- Disponibilidad de agua para transportar los productos de oxidación.

La pirita, al fragmentarse por la acción de agentes meteorizantes, principalmente el agua y el oxígeno, genera sulfato férrico (FeSO_4) y ácido sulfúrico (H_2SO_4), sustancias o compuestos que, al estar presentes en el agua, percolan en forma de iones SO_4^{2-} (ion sulfato), H^+ (ion hidrógeno), Fe^{3+} (ion férrico) y Fe^{2+} (ion ferroso). Estos actúan como lixiviantes, produciendo finalmente la disolución de metales en forma de sulfatos.

La velocidad de reacción depende de numerosas variables, como el pH, la temperatura del agua y del ambiente, el tipo de mineral sulfuroso y la superficie expuesta, la concentración de oxígeno, los agentes catalíticos y la actividad química del hierro férrico, la energía de actuación química requerida para que se inicie la reacción y la presencia de *Thiobacillus ferrooxidans* u otras bacterias que actúan como catalizadoras (Baquero et al., 2008).

La acidez, con el descenso del pH del agua, tiene las siguientes consecuencias principales:

- El agua se hace fuertemente corrosiva.
- La solubilidad de muchos metales pesados aumenta, con lo que las aguas se tornan tóxicas.
- El ecosistema fluvial se degrada, hasta ser incapaz de mantener muchas formas de vida acuática, y los sistemas acuíferos se contaminan.

Las aguas ácidas presentan por lo general una coloración rojiza, suave o intensa, pero también pueden lucir un color ladrillo; y al ser descargadas en un cuerpo natural de agua, toman el mismo color. Este color obedece a la presencia de altas concentraciones de hierro en forma de hidróxido. Se debe precisar que los drenajes ácidos de mina, además de un bajo pH, contienen una gran cantidad de sólidos en suspensión con un alto contenido en sulfato y metales (Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Pb, Hg, Cd, Ni), del orden de varios cientos de miligramos por litro. Estos elementos, en altas concentraciones, son nocivos para la actividad biológica, contaminan los cursos de agua y pueden llegar a causar daños a las estructuras construidas por el hombre (Aduviri, 2008).

4.8 LA PISCICULTURA Y SUS EFECTOS EN LA CALIDAD DEL AGUA

La crianza de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) en sistemas controlados (jaulas flotantes) es una actividad de carácter intensivo (uso de alimento balanceado) que se lleva a cabo principalmente en determinadas zonas del lago Titicaca, del lago Arapa (132 km²) y de la laguna Lagunillas (50 km²), la cual en los últimos diez años ha crecido significativamente. Aun cuando no existe una cifra certera de producción de trucha, se estima que esta actualmente puede sobrepasar las 30 mil toneladas anuales, con una proyección a un poco más de 40 mil toneladas en los próximos años.

En el lago Titicaca la piscicultura se desarrolla en diversas zonas, principalmente en la bahía Mayor de Puno (540 km²) y en el lago Mayor, desde el noroeste, en zonas próximas a la península de Chucuito, hasta la zona sur en Pomata, y en la zona este, en las inmediaciones de Vilquechico (Huancané) y Jacantaya (Moho).

La actividad demanda una cantidad de alimento balanceado calculada en aproximadamente 35 mil TM/año. Es una actividad muy importante económicamente, pues genera un gran número de puestos de trabajo entre directos (los piscicultores) e indirectos (comerciantes, transportistas, comercializadores de ovas, restaurantes, constructores de embarcaciones, construcción de jaulas, etcétera). A la fecha, tanto en el lago Titicaca como en el lago Arapa y la laguna Lagunillas existen 17 242,32 Ha concesionadas y/o habilitadas para el cultivo de la trucha (PRODUCE, 2008), cantidad que representa el 0,81 % del área efectiva de crianza (PRODUCE, 2010).

Si bien es cierto que la piscicultura es una actividad económica importante por el aporte a la economía de miles de familias, también lo es que en el futuro ocasionará un severo impacto ambiental negativo en el ecosistema, principalmente en la calidad del agua, si se continúa con el crecimiento un poco desordenado de la actividad. Sin embargo, el tema aún no ha sido tratado a fondo por las entidades involucradas ni, mucho menos, con los piscicultores, quienes al parecer desconocen los impactos que ocasionará la crianza intensiva de truchas en los próximos años, por la acumulación de materia orgánica sobre los fondos, procedente de las excretas, de materia orgánica muerta y de la fracción de alimento no consumido (Buschmann, 2001). El aumento de materia orgánica en los fondos produce hipoxia y anoxia, que conducen a la disminución de la diversidad de las especies bentónicas y la predominancia de otras más tolerantes (Cornell y Whoriskey, 1993).

Algunas investigaciones realizadas en otras latitudes indican que la fracción no digerida del alimento es eliminada por los peces en forma de heces sólidas, mientras que aquellos nutrientes absorbidos en exceso son excretados junto a los productos finales del catabolismo de las proteínas en forma de amonio y urea disueltos, a través de las branquias. En líneas generales, algunos autores sugieren que alrededor de la cuarta parte de los nutrientes aportados por la alimentación de peces es convertida en carne, mientras que tres cuartas partes permanecerán en el medio (62 % del nitrógeno y 11 % del fósforo en forma disuelta; 13 % del nitrógeno y 66 % del fósforo en forma de sedimentos sólidos).

Las descargas medias totales estimadas son de 10 kg de fósforo (P) y 90 kg de nitrógeno (N) por tonelada de peces producidos por estación, para una tasa de alimentación de 1,3 % y un contenido del pienso de 1,62 % de P y 8,45 % de N en peso seco. Por término medio, 2,2 kg de P son liberados en forma disuelta y 7,3 kg de P lo son en forma particulada por tonelada de peces producidos, mientras que se liberan 61 kg de N disuelto y 17 kg en forma particulada (Vergara et al., 2005). Tomando en cuenta esta información, se estima que la piscicultura incorpora anualmente 300 toneladas de fósforo y 2700 toneladas de nitrógeno, nutrientes importantes en el proceso de eutrofización de los cuerpos de agua.

El lago Titicaca, así como las lagunas Arapa y Lagunillas, son importantes cuerpos naturales de agua, en los cuales el ciclo de la materia orgánica y de los nutrientes (N y P) es de tipo cerrado, es decir, el aporte de materia orgánica y nutrientes de origen externo, entre ellos el provisto por la actividad acuícola, tiene una vía de ingreso, pero no de salida. Por tanto, con el paso del tiempo originará cambios críticos en la estructura trófica de estos, porque las condiciones ya están dadas: aporte constante de materia orgánica, nutrientes y alta disponibilidad de energía solar. En los lagos, tanto en la columna de agua como en el fondo, existen microorganismos descomponedores que siempre tienden a mantener igual el nivel de concentración de las diferentes sustancias como la materia orgánica y los nutrientes que están presentes en él, proceso al que se denomina *capacidad de autodepuración* del agua. Cuando la cantidad de material contaminante es constante y alcanza niveles excesivos, llegará un momento en el que la capacidad de autodepuración resultará imposible (Ocola y Flores, 2008) (véase la figura 4.11).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- El lago Titicaca es el cuerpo natural de agua, único receptor de toda la carga contaminante contenida en las aguas residuales domésticas, municipales e industriales, así como de las generadas por las actividades mineras ilegales e informales. También lo es de fuentes difusas, como la agricultura y la ganadería, cuyos impactos en la calidad del agua son evidentes en determinadas zonas como la bahía Interior de Puno, la bahía de Yunguyo, la bahía Mayor de Puno, la parte baja del río Coata en el tramo comprendido entre la ciudad de Juliaca y la desembocadura en el lago Titicaca, y en ciertos tramos de los ríos Putina y Ayaviri.
- La fuente generadora de aguas residuales domésticas y municipales está representada por los 63 centros urbanos principales cuya población oscila entre 1128 y 268 018 habitantes, en este caso correspondientes a los centros urbanos de Cojata y Juliaca, respectivamente.
- Es preciso anotar que la población urbana total en el ámbito de la cuenca del Titicaca es de 541 331 habitantes.
- Las principales fuentes de contaminación del agua en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca son el vertimiento directo e indirecto de aguas residuales municipales y domésticas, crudas o inadecuadamente tratadas, cuyo volumen total anual aforado es de **22 757 639 m³/año**, lo que representa el 95,3 % respecto del total proyectado (23 690 229,90 m³); el vertimiento de **236 520 m³/año** de aguas residuales industriales; el vertimiento de **2 987 405 m³/año** de aguas residuales de origen minero; los **794 707 m³/año** de aguas procedentes de pasivos ambientales mineros; los **94 608 m³/año** de aguas termales utilizadas en recreación, y las **132 654 TM/año** de basura, que son depositadas en botaderos municipales a cielo abierto, expuestos a la lluvia.
- En el ámbito de la cuenca del lago Titicaca existen 840 fuentes de contaminación del agua: 562 pasivos ambientales mineros, que representan el 66,9% respecto del total del departamento de Puno, de los cuales 239 son bocaminas, 169 desmonteras, 24 relaveras, 14 plantas de procesamiento, siendo estas las de mayor importancia; 119 (14,2 %) vertimientos de aguas residuales municipales; 105 (12,5 %) botaderos de residuos sólidos; 14 (1,7 %) vertimientos de aguas residuales domésticas; 14 (1,7 %) vertimientos de aguas residuales industriales; 22 (2,6 %) vertimientos de pasivos ambientales mineros, y 3 (0,4 %) vertimientos de aguas termales de uso medicinal.
- En la cuenca del lago Titicaca existen 10 072 cuerpos naturales de aguas superficiales entre ríos, manantiales, bofedales, quebradas, lagunas, represas y glaciares, que constituyen parte del patrimonio hídrico del departamento de Puno y del país. Son las fuentes de recursos hídricos que sustentan el desarrollo económico y el bienestar de la población.
- La sociedad puneña en su conjunto se beneficia ampliamente de los servicios ambientales que brindan los diversos cuerpos naturales de agua, pero, al mismo tiempo, está ejerciendo una presión intensa sobre la calidad del agua, de la que, al parecer, aún no ha tomado conciencia.

- En el ámbito de influencia de las cordilleras Carabaya y Apolobaba existen 1424 lagunas de origen glaciar, de las cuales el 12,5 % (178 lagunas) se ubican en la cuenca del Titicaca, y el restante 87,5 % en la cuenca los ríos Inambari y Tambopata.
- El volumen de agua otorgado mediante los derechos de agua correspondientes para satisfacer los diversos usos en el ámbito de la cuenca es de 280 023 Hm³, de los que el 72,03 % es destinado al uso agrario, 18,4 % al abastecimiento poblacional, 4,9 % al uso minero y una mínima cantidad a la producción acuícola, principalmente para laboratorios de producción de alevinos de trucha.
- Actualmente, la situación ambiental en la cuenca del lago Titicaca en materia de gestión de aguas residuales, así como de residuos sólidos municipales, es solo el resultado de la escasa importancia que brindan las autoridades municipales y regionales, así como la población en general, a la búsqueda de soluciones técnicas y presupuestales.
- El número, tipo y distribución espacial de cada una de las fuentes de contaminación identificadas que afectan directa o indirectamente la calidad del agua en el ámbito de la gran cuenca del lago Titicaca ponen en evidencia la existencia de un problema ambiental concreto e irrefutable, que necesita impostergablemente ser solucionado; de lo contrario, muchas de sus consecuencias ambientales y ecológicas, principalmente en el lago Titicaca, se tornarán irreversibles.
- La crianza de truchas de manera intensiva, tanto en la bahía Mayor de Puno como en determinadas zonas del lago Mayor, cuyo volumen anual supera las 25 mil toneladas anuales, es una fuente potencial de contaminación y eutrofización del cuerpo de agua, situación que puede agravarse con el paso del tiempo.

Subcuenca Crucero-Azángaro

- Existen diez centros urbanos, con una población total de 110 541 habitantes, que generan y vierten directa o indirectamente a los cuerpos de agua desde la naciente en la laguna Sillacunca y Lunar de Oro hasta la confluencia con el río Ayaviri-Pucará, alrededor de 102 L/s, equivalentes a 3,2 Hm³/año de aguas residuales municipales crudas, y 25 177 TM/año de basura en los botaderos municipales a cielo abierto. Las zonas más afectadas son las áreas de influencia del centro poblado Lunar de Oro y La Rinconada, que atentan contra las lagunas Lunar de Oro y Sillacunca, respectivamente.
- Existen 132 pasivos ambientales mineros, de los cuales 6 son relaveras; 63, bocaminas; 41, desmontaras, y 6, tajos.
- Se vierten aproximadamente 31 536 m³/año de aguas residuales industriales sin tratamiento en diversos cuerpos de agua.
- Se estima que la actividad minera ilegal en la zona de Pampa Blanca vertió un poco más de 2,7 Hm³/año de aguas residuales, con alto contenido de sólidos sedimentables, lo que afectó la calidad del agua de la laguna Sillacunca; asimismo, los vertimientos de la actividad minera y domésticos del Cerro Lunar de Oro afectaron la calidad del agua de la laguna Lunar de Oro, cuyo efluente da origen al río Ramis.
- Existen dieciocho botaderos municipales de residuos sólidos donde las municipalidades vierten la basura a cielo abierto sin ningún tipo de manejo, de modo que constituyen fuentes importantes de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, debido a la exposición a la lluvia de todo tipo de residuos, entre los que destacan los residuos sólidos peligrosos de origen hospitalario, las baterías o pilas de uso doméstico, los residuos electrónicos, los filtros de aceite de motor, los aceites usados, etcétera. La cantidad anual de basura es del orden de las 25 177 TM/año.
- La actividad minera en los centros poblados Lunar de Oro y La Rinconada ha afectado dramáticamente los bofedales de la quebrada Lunar de Oro, naciente de la laguna del mismo nombre; asimismo, se está produciendo el deshielo forzado de la zona baja del glaciar Ananea.

Subcuenca Ayaviri-Pucará

- En la cuenca Ayaviri-Pucará existen aproximadamente 33 090 habitantes, distribuidos en ocho centros urbanos, que generan alrededor de 1 075 179 m³/año de aguas residuales municipales que se vierten, en algunos casos, directamente a los ríos sin tratamiento, y, en otros, son inadecuadamente tratadas. Asimismo, generan 5717 TM/año de basura, que se vierten en botaderos municipales a cielo abierto.
- Existen veintisiete pasivos ambientales mineros: seis bocaminas, cinco desmonteras y una pila de lixiviación.
- Hay seis vertimientos industriales que, en total, generan y vierten 138 758 m³/año, generalmente procedentes de plantas lecheras y camales.
- Se registran en la cuenca trece vertimientos de aguas residuales municipales, cuyo caudal total aforado es de aproximadamente 409 968 m³/año. Los vertimientos de la ciudad de Ayaviri, que representan el 55,2 %, están afectando significativamente la calidad del agua del río Ayaviri, en un tramo de aproximadamente 4 km.
- Se ha identificado la presencia de seis botaderos municipales de residuos sólidos, igualmente a cielo abierto y sin ningún tipo de manejo. Se ha observado que algunas municipalidades realizan el vertimiento en trincheras sobre suelos permeables, sin ningún tipo de acondicionamiento; en otros casos, como el del botadero de Ayaviri, se los entierra con material permeable que generará lixiviados que afectaran la calidad del agua del río.

Cuenca del río Coata

- En la cuenca del río Coata viven aproximadamente 280 523 habitantes distribuidos en diez centros urbanos. Allí, el 95,5 % corresponde a la ciudad de Juliaca, cuyos pobladores generan en total 10 777 994,5 m³/año de aguas residuales municipales que son vertidas directa o indirectamente al río Coata, así como 54 685 TM/año de basura que se arrojan en botaderos a cielo abierto y de las cuales el 93,6 % es generado por la ciudad de Juliaca. Del total de aguas residuales, el 94,3 % es producido por la ciudad de Juliaca.
- El tramo comprendido entre el puente Maravillas y 1,4 km aguas abajo del puente Independencia es utilizado por pobladores de la ciudad de Juliaca como lavadero de vehículos y ropa, además de como botadero de basura, situación que afecta la calidad del agua de este importante cuerpo de agua, cuyos impactos se manifiestan en la parte baja de la cuenca, la cual es materia de un conflicto socioambiental.
- En el ámbito circunlacustre de la bahía Mayor de Puno, en las inmediaciones de la desembocadura del río Coata, se lleva a cabo la crianza de ganado, importante fuente de contaminación del agua tanto superficial como subterránea.
- El río Torocoha se encuentra dramáticamente afectado por la contaminación con basura, aguas residuales domésticas, así como por los vertimientos de aguas residuales procedentes de las lagunas de oxidación de Juliaca, las cuales se encuentran colapsadas; sin embargo, existen allí alrededor de 35 Ha de totorales que contribuyen a la degradación de la materia orgánica.
- La carga contaminante que el río Torocoha descarga anualmente en el río Coata es de aproximadamente 1021 TM, cuyo impacto evidente es la eutrofización del cuerpo de agua hasta la desembocadura en la bahía Mayor de Puno. En este tramo, el nivel de autodepuración es de aproximadamente 26 %, quedando un aporte de DBO₅ a la bahía Mayor de Puno de 1363,6 TM/año.
- En la cuenca del río Coata existen 247 pasivos ambientales mineros, de los cuales 11 son relaveras; 107, bocaminas; 74, desmonteras; 5, tajos; y 50, otros tipo de pasivos ambientales.

- Se han identificado ocho vertimientos de aguas residuales municipales, con un caudal total puntual aforado del orden de los 290 L/s; de ellos, el 88 % corresponde al vertimiento generado por las lagunas de oxidación.
- Existen veintidós botaderos municipales de residuos sólidos en todo el ámbito de la cuenca del río Coata, que incluyen los de los cauces del río a la altura de los puentes Maravillas, Independencia, Unocolla y Cacachi.

Cuenca del río Illpa

- En la cuenca del río Illpa existen 3697 habitantes distribuidos en tres centros urbanos. La producción total anual de aguas residuales es de aproximadamente 107 952 m³, y la de basura, de 623 TM.
- Existen setenta pasivos ambientales mineros en el ámbito de la cuenca.
- La principal actividad productiva es la agropecuaria, sustentada en la irrigación Cabana-Mañazo, que es irrigada con aguas del embalse Lagunillas, cuyas aguas de drenaje terminan finalmente en la laguna Umayo.
- En el ámbito de la cuenca existen dos vertimientos municipales y tres botaderos municipales de residuos sólidos.

Cuenca del río llave

- A 2015, la población urbana total en el ámbito de la cuenca del río llave era de 30 779 habitantes, distribuida en cinco centros urbanos. Ella genera 754 294 m³/año de aguas residuales municipales y 4030,9 TM anuales de basura.
- En el ámbito de la cuenca existen treinta pasivos ambientales mineros, tres vertimientos industriales, once vertimientos municipales y catorce botaderos municipales de residuos.
- La principal fuente de contaminación del río llave es el vertimiento de aguas residuales municipales procedentes de las lagunas de oxidación actualmente colapsadas, cuyo volumen se ha estimado en 3 153 600 m³/año, así como el botadero abandonado ubicado en la margen izquierda del río llave, el cual tiene un volumen aproximado de 3444,3 TM.

Cuenca del río Huancané

- A 2015, la población urbana de la cuenca del río Huancané era de 30 779 habitantes, distribuidos en seis centros urbanos y que produce 1 005 871 m³ anuales de aguas residuales municipales y 5298 TM/año de basura.
- En esta cuenca, el Ministerio de Energía y Minas ha reportado la presencia de 56 pasivos ambientales mineros.
- Existen 4 vertimientos industriales, 39 de aguas residuales municipales y 9 botaderos municipales de residuos sólidos.

Cuenca del río Suches

- La cuenca del río Suches es transfronteriza; en el sector peruano, a 2015 la población urbana fue de 1128 habitantes, y ha generado aproximadamente 31 592 m³/año de aguas residuales y 179,7 TM/año de basura.
- En el ámbito de la cuenca, sector peruano, existe un pasivo ambiental minero, dos vertimientos de aguas residuales municipales y tres botaderos municipales de residuos sólidos.
- La principal fuente de contaminación del agua es la actividad minera localizada en territorio boliviano, con altas concentraciones de sólidos sedimentables descargados en el río Japocollo, afluente del río Suches.

Área circunlacustre lago Mayor

- En el ámbito circunlacustre comprendido entre Tilali por el sureste y Kasani por el suroeste, a 2015 la población urbana total era de 625 185 habitantes distribuidos en diez centros urbanos donde se producían alrededor de 637 027 m³/año de aguas residuales municipales y 5160 TM/año de basura.
- Existen veintitrés vertimientos de aguas residuales municipales y treinta botaderos municipales de residuos sólidos, donde se deposita la basura sin ningún tratamiento.

Área circunlacustre de la bahía Mayor de Puno

- En el ámbito circunlacustre de la bahía Mayor de Puno, comprendido entre la península de Capachica por el este y la península de Chucuito por el sur, a 2015 se reportó una población urbana de 12 609 habitantes, distribuida en seis centros urbanos, incluyendo los de las islas Amantaní y Taquile.
- La producción total de aguas residuales municipales fue de 157 680 m³/año, y la de residuos sólidos, de 4392 TM/año.

Área circunlacustre de la bahía Interior de Puno

- El ámbito circunlacustre de la bahía Interior de Puno del lago Titicaca, que tiene una superficie de 17,1 km², está comprendido entre la isla Esteves por el este y la isla Chimu por el sur. Allí se despliega la ciudad de Puno, con 134 964 habitantes a 2015.
- La ciudad de Puno genera aproximadamente 5 909 846 m³/año de aguas residuales descargadas en la laguna de oxidación “El Espinar”, y 27 389,6 TM/año de residuos sólidos depositados en el botadero municipal de Cancharani.
- La principal fuente de contaminación del agua de la bahía Interior de Puno son las aguas residuales municipales derivadas a las lagunas de oxidación “El Espinar”, colapsada desde la década del 90 y cuyo efluente se vierte en la zona suroeste del cuerpo de agua.
- Se estima que en los últimos diecinueve años se han vertido en la bahía Interior de Puno aproximadamente 106,4 Hm³ de aguas residuales municipales inadecuadamente tratadas, volumen que ha superado en 120 % el volumen natural del cuerpo de agua.
- El botadero municipal de residuos sólidos de Cancharani tiene aproximadamente 611 928 TM de basura acumulada desde 1997, que constituyen la principal fuente de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas aledañas al botadero.

Área circunlacustre del lago menor o Huiñaymarca

- El área circunlacustre correspondiente al lago Huiñaymarca está comprendida en el sector peruano entre el puente Desaguadero, por el sur, en cuya área existen cinco vertimientos de aguas residuales entre municipales y domésticas, y cinco botaderos de residuos sólidos.
- La principal amenaza de contaminación del agua del lago Huiñaymarca, sector peruano, está representada por la bahía de Cohana, ubicada en territorio boliviano, cuyo cuerpo de agua es el receptor de las aguas residuales municipales e industriales generadas por la ciudad de El Alto, Viacha, así como la actividad ganadera localizada en el ámbito circunlacustre.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

Teniendo en consideración la importancia ambiental, ecológica, social y económica de la calidad del agua existente en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca, así como la gran cantidad de fuentes contaminantes que con el paso del tiempo pueden afectar irreversiblemente la calidad del agua del lago Titicaca y las de sus ríos afluentes, se recomienda:

- Implementar un Plan Maestro de Saneamiento Ambiental, cuya finalidad sea diseñar, construir y operar sistemas de tratamiento de aguas residuales, los cuales deben ser adecuadamente socializados a nivel de la población con el fin de asegurar el pago por el servicio de tratamiento de aguas residuales y residuos sólidos. Se ha de tomar en cuenta que, para su adecuado funcionamiento, cualquier sistema de tratamiento requiere recursos para cubrir los costos de operación y mantenimiento, que incluyen pago por consumo de energía, personal, insumos, repuestos, etcétera.
- Diseñar y ejecutar un programa regional de educación ambiental sostenido en el tiempo, orientado a generar conciencia y sensibilización de la población que habita en el ámbito de la cuenca del lago Titicaca respecto de la problemática ambiental, sus causas y los efectos que estas están provocando en la calidad del agua de ríos y el lago Titicaca.
- Que el Gobierno central, a través de la empresa Activos Mineros, previa priorización de cierre de pasivos ambientales mineros, asigne los presupuestos necesarios para el cierre de cada uno de ellos.
- Teniendo en cuenta que los ríos afluentes del lago Titicaca son los principales receptores y vía de transporte de contaminantes, es necesario realizar el correspondiente estudio de carga contaminante, así como un estudio de capacidad de carga del lago Titicaca, para lo cual, además se deberá tomar en cuenta el aporte de carga contaminante generada por la piscicultura.
- Involucrar a las universidades e institutos tecnológicos en el desarrollo de investigaciones en materia de gestión de residuos sólidos peligrosos.
- Sistema Hídrico del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó, Salar de Coipasa (ALT), coordine con las autoridades bolivianas competentes, la realización del inventario y caracterización de las fuentes contaminantes, así como el estudio de contaminación y eutrofización del cuerpo de agua, como base para establecer las correspondientes medidas de control.
- Teniendo en cuenta que el lago Titicaca es un cuerpo natural de agua indivisible y compartido con Bolivia, donde las fuentes de contaminación en territorio boliviano, también está afectando directa o indirectamente la calidad de sus aguas (tal es el caso de la bahía de Cohana) se sugiere que la Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó, Salar de Coipasa (ALT), coordine con las autoridades bolivianas competentes, la realización del inventario y caracterización de las fuentes contaminantes, así como el estudio de contaminación y eutrofización del cuerpo de agua, como base para establecer las correspondientes medidas de control.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aduviri, O. (2008). *Drenaje ácido de mina: generación y tratamiento*. Instituto Geológico y Minero de España, Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente. Disponible en: http://info.igme.es/SIDIMAGENES/113000/258/113258_0000001.PDF.
2. Aguilar, A. (2010). *Calidad del agua: un enfoque multidisciplinario*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas.
3. Aguirre, C. (2009). *Simulación numérica de la hidrodinámica del lago Titicaca, frente a las costas de la ciudad de Puno en el Perú*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Físicas. Unidad de Postgrado. Tesis para optar el grado académico de Magíster en Física con Mención en Geofísica.
4. ALT (2001). *Evaluación de las características y distribución de los bofedales en el ámbito peruano del Sistema TDPS. Proyecto Conservación de la biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca-Desaguadero-Poopo-Salar de Coipasa*.
5. ANA (2009). *Inventario de fuentes de agua superficiales en la cuenca del río Ilave*. Lima: ANA – Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos. Administración Local de Agua Ilave.
6. ANA (2008). *Delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Perú*. Resumen Ejecutivo. Lima, Perú.
7. ANA (2010). *Inventario de fuentes de agua superficiales en la cuenca del río Huancané*. Lima: ANA – Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos. Administración Local de Agua Huancané.
8. ANA (2014a). *Inventario de lagunas y glaciares del Perú*. Lima: ANA – Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos. Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos.
9. ANA (2014b). *Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas*. Lima: ANA – Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos. Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos.
10. ANA (2014c). *Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos*. Lima: ANA.
11. ANA (2015). *Estado situacional del nevado Riticuchu*. Lima: ANA – Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos.
12. Ankley, G. T., Brooks, B. W., Huggett, D. B. y Sumpter, J. P. (2007). *Repeating History: pharmaceuticals in the environment*. Environmental Science & Technology. Disponible en: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es072658j>
13. Baquero et al. (2008). *Tratamiento de aguas Ácidas. Prevención y reducción de la contaminación*. Disponible: http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_44.pdf.
14. Boada, L. (2004). *Principios generales de carcinogénesis: carcinogénesis química y hormonal*. Departamento de Ciencias Clínicas. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Instituto Canario de Investigación del Cáncer. Disponible en: http://www.inen.sld.pe/portal/documentos/pdf/educacion/01102014_CARCINOGENESIS_III.pdf

15. Bonilla et al. (2010). *Recuperación y reutilización de componentes químicos provenientes de pilas y/o baterías por vía húmeda. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Central del Ecuador, Laboratorio de Coloideo química. Disponible en: file:///C:/Users/jocola/Downloads/01%20Revista%20Química%20Central%20,%20Utilización%20de%20componentes%20de%20pilas%20y%20baterías.pdf.*
16. Buschmann, A. y Fortt, A. (s.a.). *Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA. Fundación Oceana, Santiago de Chile. Disponible en: http://www.cipma.cl/web/200.75.6.169/RAD/2005/3_BUSCHMANN.pdf*
17. Buschmann, A. H. (2001). *Impacto ambiental de la acuicultura. El estado de la investigación en Chile y el mundo.* Registro de Problemas Públicos, 4. Santiago de Chile: Terram Publicaciones.
18. Cáceres, W (2013). Informe de Investigación N.º 33/2012-2014: Protección y conservación de los bofedales y humedales en el Perú, Bolivia, España, Paraguay y Venezuela. Congreso de la República del Perú.
19. Cagiao, J. (2002). *Estudio del funcionamiento hidráulico y de la movilización de la contaminación durante sucesos de lluvia en una cuenca unitaria y una separativa en el noroeste de España. Tesis Doctoral, Universidad de la Coruña, Escola Técnica Superior de Enxeñeros de Camiños, Canis e Portos.*
20. Camacho, A., Borja, C., Valero-Garcés, B., Sahuquillo, M., Cirujano, S., Soria, J. M., Rico, E., De la Hera, A., Santamans, A. C., García de Domingo, A., Chicote, A. y Gosálvez, R. U. (2009). Lagos y lagunas naturales distróficos. En: VV.AA. *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España.* Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Gobierno de España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Disponible en: http://www.jolube.es/Habitat_Espana/documentos/3160.pdf.
21. Candela, L. (2002). *Contaminación de las aguas subterráneas: tipo doméstico e industrial. Disponible: http://aguas.igme.es/igme/publica/lib108/pdf/lib108/in_n7.pdf.*
22. Carter, L. J., Harris, E., Williams, M., Ryan, J. J., Kookana, R. S. y Boxall ABA (2014). Fate and uptake of pharmaceuticals in soil plant systems. *J. Agr. Food Chem*, **62**, 816-825. Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24405013>.
23. Cirujano, S, Meco, A y Cezón, K (2010). *Flora acuática: macrófitos. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Gobierno de España. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/agua/formacion/06-Macrofitos-Santos_Cirujano_tcm7-174291.pdf*
24. Comunidad Andina (2007). *¿El fin de las cumbres nevadas? Glaciares y cambio climático en la Comunidad Andina. Disponible en: http://www.comunidadandina.org/Upload/20116618340libro_fin_cumbres_nevadas.pdf.*
25. CONAM (2004). *Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos. Disponible en: http://www.bvsde.paho.org/cursoa_rsm/e/fulltext/040525.pdf*
26. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (2008). *Aguas continentales: gestión de recursos hídricos, tratamiento y calidad del agua. Disponible en http://digital.csic.es/bitstream/10261/22637/1/aguascontinentales.pdf.*
27. Cornell, G. E. y F. G. Whoriskey (1993). The effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos, benthos and sediments of Lac du Passage, Quebec. *Aquaculture*, **109**, pp. 101–117.
28. Daughton, C. G. (2001). Pharmaceutical in the Environment: Overarching Issues and Overview. En Dauhton y Jones-Lepp (eds.), *Pharmaceuticals and personal Care Products in the Environment: Scitific and Regulatory Issues.* Symposium Series 791: American Chemicla Society, Washington, D. C., pp. 2-38. Disponible en: www.epa.gov/esd/chemistry/pharma/book-summary.htm
29. Díaz, E., R. Alonso y L. Martínez (2008). *Determinación de retardantes de llama bromados en plásticos de equipos eléctricos y electrónicos. Disponible en: file:///C:/Users/jocola/Downloads/ARTICULO%20(Forum%20de%20sostenibilidad%202008).pdf.*

30. DL N.º 1105 (2012). Decreto Legislativo que establece disposiciones para el proceso de formalización de las actividades de pequeña minería y minería artesanal.
31. DS N.º 057-2004-PCM. Reglamento de la Ley 27314. Ley General de Residuos Sólidos. Disponible en: http://www.minsa.gob.pe/dgsp/observatorio/documentos/infecciones/DS057_2004_reglam_Residuos%20S%C3%B3lidos.pdf
32. Duwiga, C., Archundiaa, D. Lehebrea, F., Spadinia, L., Morela, M. C., Uzua, G. Chincherosc, J., Cortezd, R. y Martins, J. M. F. (2014). *Impacts of anthropogenic activities on the contamination of a sub watershed of Lake Titicaca. Are antibiotics a concern in the Bolivian Altiplano. Procedia. Earth and Planetary Science. Disponible en: file:///C:/Users/jocola/Downloads/Impactos%20de%20las%20actividades%20humanas%20en%20la%20Bahia%20Cohana%20(2).pdf*
33. EPA (2003). *Si lo tira, se lo toma. Recicle el aceite usado de motor. Disponible en: https://www.winchesterva.gov/sites/default/files/documents/go-green/teens/dump-oil-spanish.pdf.*
34. Fernández, F., G. Laboa, C. Pinedo, L. M. Irasarri y R. Miguel (2001). Identificación de retardadores a la llama bromados en plásticos de equipos eléctricos y electrónicos al final de su vida útil. *Residuos*, 61, pp. 34-40.
35. Gómez y Ramírez (2007). *Fuente de contaminación de las aguas subterráneas en la Heroica Ciudad de Huajuapán de León, Oaxaca-México.*
36. Goyzueta, G. y C. Trigos (2009). *Riesgos de la salud pública en el centro poblado minero artesanal La Rinconada (5200 m.s.n.m.) en Puno, Perú.*
37. Halling-Sorensen, B., S. Nors Nielsen, P. F. Lanzki, F. Ingerslev, H. C. Holten Liitzhofl y S. A. Jorgensen (1998). *Occurrence, fate and effects of pharmaceutical substances in the environment. A review. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9569937.*
38. Heberer, Thomas (2002). *Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: a review of recent research data. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11988354.*
39. Hernando, M. D., M. Mezcuca, A. R. Fernández-Alba y D. Barceló (2006). Environmental risk assessment of pharmaceutical residues in wastewater effluents, surface waters and sediments. *Talanta*, 69, pp. 334-342. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/23438211_Environmental_Risk_Assessment_of_Pharmaceutical_Residues_in_Wastewater_Effluents_Surface_Waters_and_Sediments
40. Hiruelas, N (2016). ¿Cómo nos golpeará la inexorable escasez mundial del agua? *Hidebrant en sus Trece*, 27 de mayo de 2016. Lima, Perú.
41. INEI (2013). *Perú: estimaciones y proyecciones de población total y edades quinquenales, según departamento, provincia y distrito, 2005- 2015.* Lima: INEI – Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales Boletín Especial N.º 21.
 - INRENA (2008a). *Inventario de fuentes de agua superficiales en las cuencas de los ríos Cabanillas y Lampa.* Intendencia de Recursos Hídricos. Administración Técnica del Distrito de Riego Juliaca.
 - INRENA (2008b). *Inventario de fuentes de agua superficiales en la cuenca del río Ramis.* Administración Técnica del Distrito de Riego Ramis.
42. Instituto de Ingenieros de Minas (2007). *Estudio de investigación de la minería ilegal en el Perú.* Trabajo de Investigación de la XXVIII Convención Minera.
43. Larsson, D. G. J., C. de Pedro y N. Paxeus (2007). Effluent from drug manufactures contains extremely high levels of pharmaceuticals. *J. of Hazardous Materials* 148, pp. 751-755.
44. Ley N.º 27972. 2003. Ley Orgánica de Municipalidades. Disponible en: [https://www.google.com.pe/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=PDF.Ley+N.%C2%B0+27972.+2003.+Ley+Org%C3%A1nica+de+Municipalidades.](https://www.google.com.pe/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=PDF.Ley+N.%C2%B0+27972.+2003.+Ley+Org%C3%A1nica+de+Municipalidades)
45. Ley N.º. 28271. Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera. Disponible en: [http://www.fonamperu.org/general/pasivos/documentos/ley_pam.pdf.](http://www.fonamperu.org/general/pasivos/documentos/ley_pam.pdf)
46. LIDEMA (2012). *Problemas socioambientales Bahía de Cohana.* La Paz – Bolivia.

47. López, G y Dorado, S (2008). *Residuos peligrosos domésticos en los residuos sólidos urbanos. I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos*. REDISA 2008.
48. Lozano-Rivas, W. (2012). *Diseño de plantas de potabilización de agua*. Material de clase. Bogotá D.C. Disponible en <http://wlozano.blogspot.com>.
49. Martínez et al. (2005). *Guía para la gestión integral de residuos sólidos peligrosos. Fichas Temáticas Tomo II. Disponible en: http://www.ccbasilea-crestocolmo.org.uy/wp-content/uploads/2010/11/gestion_r02-fichas_tematicas.pdf*.
50. Mauro et al. (2010). *Contaminación producida por piscicultura intensiva en lagunas andinas de Junín, Perú. Disponible en: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/biologia/v17n1/pdf/a18v17n1.pdf>*.
51. Ministerio de Agricultura (2003). *Estudio integral de los recursos hídricos de la cuenca del río Ramis*. Puno.
52. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2006). *Manual técnico para el manejo de aceites y lubricantes usados*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. Disponible en: https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosAmbientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_qu%C3%ADmicas_y_residuos_peligrosos/manual_aceites_usados.pdf
53. Ministerio de la Producción (2010). *Elaboración del estudio de mercado de la trucha en Arequipa, Cusco, Lima, Huancayo y Puno*. Lima: Produce. Disponible en: <http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/DGA-PUBLICACIONES/estudio-de-mercado-trucha.pdf>.
54. Ministerio de la Producción (2011). *Análisis regional de empresas industriales*. Ministerio de la Producción. Disponible en: http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/2/jer/PRODUCTIVIDAD_COMPETITIVIDAD/Informes/analisis_junin.pdf
55. Olivos, O. (2010). *Características de las aguas residuales*. Universidad Alas Peruanas, Facultad de Ingeniería Ambiental. Lima, Perú.
56. OMS (2009). *Bisfenol A (BPA): estado actual de los conocimientos y medidas futuras de las OMS y FAO*. Roma: FAO. Nota Informativa de INFOSAN N° 5/2009-Bisfenol. Disponible en: http://www.who.int/foodsafety/fs_management/No_05_Bisphenol_A_Nov09_sp.pdf.
57. PELT (2002). *Estudio de circulación de aguas en la Bahía Interior de Puno*. Puno: PELT.
58. Perdomo, C. H., O. N. Casanova y V. S. Ciganda (2001). Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes en el litoral sudoeste de Uruguay. *Agrociencia*, volumen 1, pp. 10-22. Agrociencia (2001) Vol.V N° 1 10-22. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4239/1/AGROCIENCIA-UY-v.5.n.1.p.10-22-PERDOMO.pdf>.
59. Pérez et al. (2002). *Teratogénesis: clasificaciones*. Disponible en: <http://www.sefh.es/fh/2002/n3/6.pdf>.
60. Pérez, T. (2012). *Estado de contaminación actual de los cuerpos de agua que componen la cuenca del río Suchez. Informe final. La Paz, Bolivia*.
61. PNUD (2008). *El Uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala*. Disponible en: http://www.ige.org/archivos/IGE/mercurio_en_la_Mineria_de_Au.pdf.
62. PNUMA (2011). *Perspectivas del medio ambiente en el Sistema Hídrico Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa*. Panamá: PNUMA.
63. Ribera, M. (2008). La Hiper-contaminación de la la Bahía de Cohana. Liga de Defensa del Medio Ambiente. La Paz – Bolivia.
64. RNT (2012). *Plan de Manejo de la Reserva Nacional del Titicaca*. Puno: RNT.
65. RNT (2005). *Plan de Uso Turístico de la Reserva Nacional del Titicaca*. Puno: RNT.

66. Rodríguez, C. (2002). *Residuos ganaderos*. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/05-residuos_ganaderos.pdf.
67. Secretaría de la Convención Ramsar (2006). *Manual de la Convención de Ramsar*. 4.a edición. Disponible en: http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib_manual2006s.pdf.
68. Seoáñez, M. (1999). *Contaminación del suelo: estudios, tratamiento y gestión*. Editorial Mundi Prensa. España.
69. Sigua, R. (2008). *Evaluación Agrostológica y capacidad receptiva estacional en bofedales de puna seca y húmeda del Altiplano de Puno*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno.
70. Suárez et al. (2014). *La contaminación de las escorrentías de autopistas como presión significativa sobre las masas de agua. Universidad de A Coruña. Congreso Nacional del Medio Ambiente. Disponible en: <http://www.conama2014.conama.org/conama2014/download/files/conama2014/CT%202014/1896711524.pdf>*.
71. Vergara Martín, J.M., Haroun Tabraue, R., González Henríquez, M.N., Molina Domínguez, L., Briz Miquel, M.O., Boyra López, A., Gutiérrez Martínez de Marañón, L. y Ballesta Méndez, A (2005). "Evaluación de Impacto Ambiental de Acuicultura en Jaulas en Canarias". (Eds. Vergara Martín, J.M., Haroun Tabraue, R. y González Henríquez, N.) Oceanográfica, Telde. ISBN:84- 609-4073-X. 110pp.

Este libro se imprimió en los Talleres Gráficos de :
Anghelo M. Rodríguez Paredes
En el mes de marzo del 2017
Jr. Nicolás de Piérola N° 161, Lima 07, Perú
Correo Electrónico: editaimprimetulibro@gmail.com
Telf.: 525 6380 / 980 965729