

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**IMPACTO DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN EL
RECURSO HÍDRICO DE LA MICROCUENCA QUEBRADA PÁRAC,
DISTRITO DE SAN MATEO DE HUANCHOR, LIMA**

Tesis para optar el Grado de Magíster en Desarrollo Ambiental presentado por:

Amelia Corzo Remigio

ASESORA

Dra. Nadia Rosa Gamboa Fuentes

JURADOS

Dr. Carlos Henrique Tavares Corrêa

Mg. Sc. Pedro Vásquez Ruesta

Lima, mayo 2015



*Dedicado a mi padre, Santos. Por los árboles que
plantamos juntos hace más de 15 años.*

AGRADECIMIENTOS

Inicio esta lista expresando mi profundo agradecimiento a mi asesora la Dra. Nadia Gamboa Fuentes, quien me alentó y brindó confianza durante el desarrollo de la tesis. Su apoyo constante me permitió ser acreedora del premio del Programa de Apoyo a la Investigación para Estudiantes de Posgrado (PAIP 2014). Por lo cual, también hago extensivo mi agradecimiento al Vicerrectorado de Investigación de la PUCP.

Agradezco a la Escuela de Posgrado de la PUCP por concederme la Beca Aristóteles, la cual me ayudó a solventar mis estudios de maestría. Asimismo, agradezco de manera especial a la coordinadora de la Maestría en Desarrollo Ambiental la Dra. Ana Sabogal y a todo el equipo de docentes. Gracias a sus enseñanzas comprendí la complejidad de los asuntos socioambientales y la necesidad de su estudio y análisis desde diferentes enfoques.

Del mismo modo, agradezco al Dr. Vladimir Gil, quien me enseñó a profundizar en la investigación y ayudó a participar en cursos a nivel internacional para abordar adecuadamente la tesis. Entre estos cursos, el más importante fue *Watershed Conservation: Riparian Restoration* llevado a cabo en el *Smithsonian Conservation Biological Institute*, Estados Unidos. Por lo cual, también agradezco de manera muy especial al Dr. Tom Akre, coordinador del curso, por brindarme la beca para participar en el mismo.

Sin duda, una de las personas claves para el desarrollo del trabajo de campo fue el Sr. Palermo Riquelme, quien durante su infancia vivió en el campamento de la Compañía Minera Millotingo. A Palermo, mi eterna gratitud por su apoyo en la visita exploratoria y en la etapa de muestreo. Del mismo modo, agradezco a los miembros de las comunidades de San Antonio y San José de Párac, en especial al Sr. Ruperto Cáceda por su disponibilidad para el desarrollo de las entrevistas.

Agradezco al abogado Rafael Martín Velásquez Peláez y a la ingeniera Flor de María Huamaní de la Autoridad Nacional del Agua; al ingeniero Jaime Castro del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico; al abogado Elvis De La Cruz Suazo y a la ingeniera Magaly Anaya Hilario del Ministerio de Energía y Minas por facilitarme la información de acceso público y brindarme un espacio para desarrollar mis entrevistas.

Finalmente, agradezco a mis amigos: Laura Plasencia Ezaine, Silvia Espinal Meza, Carla Rodríguez Lázaro, Jacqueline Villanueva Vargas, Carla Remigio Palacios, José Carlos Silva Macher, Hermai Alfaro Roncal y André Ampuero León, quienes aportaron con el análisis interdisciplinar del estudio de caso planteado en la tesis.

RESUMEN

Los pasivos ambientales mineros constituyen una de las principales fuentes de contaminación del recurso hídrico porque exponen al ambiente los sulfuros y, como resultado, estos producen drenaje ácido de mina. Estas aguas ácidas liberan los metales y metaloides (Pb, Cd, Cu, Mn, Zn y As) los cuales son transportados por los cursos de agua y pueden llegar hasta el hombre por medio de la bioacumulación en la cadena trófica. Este es el caso de los relaves de la antigua Compañía Minera Millotingo ubicados en el cauce del río Aruri en la parte alta de la microcuenca quebrada Párac, distrito de San Mateo de Huanchor, donde, aguas abajo, las comunidades de San José de Párac y San Antonio utilizan este recurso para regar sus cultivos de papa y alfalfa en época de estiaje.

Sin duda, el caso de estudio presentado resulta complejo, por ello fue necesario abordarlo bajo un enfoque multidisciplinario. De esta manera, se han utilizado métodos físicos y químicos, como la microscopía y espectrometría, para verificar la existencia de sulfuros y medir la calidad de agua de los ríos Aruri y Rímac. Asimismo, se ha adecuado el enfoque ecosistémico para levantar información socioeconómica de las comunidades estudiadas. Finalmente, mediante la evaluación social multicriterio se ha identificado a los diferentes actores y sus discursos frente a la problemática de los pasivos de la microcuenca quebrada Párac.

Se encontró que los relaves contienen sulfuros, que aportan con elementos tóxicos a los ríos Aruri y Rímac. Estos superan los límites permisibles del estándar del Estado de Oregón, Estados Unidos que son más estrictos que el criterio peruano, sobre todo con el arsénico que es altamente tóxico. Asimismo, se observó que ambas comunidades riegan papa y alfalfa, cultivos caracterizados por bioacumular metales y metaloides. No obstante, resulta necesaria la comprensión del proceso toxicológico de estos elementos y su translocación en los cultivos a condiciones ambientales de la quebrada Párac, para conocer el riesgo al que se exponen las comunidades. Sobre la remediación de los relaves, pese a que están catalogados como riesgo muy alto para el ambiente el Estado está impedido de remediarlo. Las razones son que otorgó derechos para su reaprovechamiento a la empresa Proemina S.A.C y el pleito judicial que mantiene esta empresa en el Tribunal Constitucional.

ÍNDICE

Capítulo 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Actividad minera en el Perú.....	2
1.2 Agua y minería en el Perú	5
1.3 Contaminación del río Rímac	7
1.4 San Mateo de Huanchor: Primer distrito ecológico del Perú	10
1.5. Objetivos	14
1.5.1 Objetivo general	14
1.5.2 Objetivos específicos	14
Capítulo 2 MARCO TÉORICO	15
2.1 Desarrollo sostenible	15
2.2 Degradación ambiental.....	16
2.3 Contaminación ambiental	19
2.4 Estándares de Calidad Ambiental	21
2.5 Agua: Recurso limitado.....	24
2.6 Elementos tóxicos.....	27
2.7 Drenaje ácido de mina	29
2.7.1 Reacciones de oxidación de algunos minerales sulfurados	33
2.7.2 Efectos del drenaje ácido de mina	34
Capítulo 3 APROXIMACIONES METODOLÓGICAS.....	39
3.1 Métodos cuantitativos	39
3.1.1 Microscopía óptica de polarización	39
3.1.2 Fluorescencia de rayos X	40
3.1.3 Espectroscopia de emisión con fuentes de plasma	41
3.2 Métodos cualitativos.....	43
3.2.1 Enfoque ecosistémico	43
3.2.2 Evaluación social multicriterio	46
Capítulo 4 METODOLOGÍA	50
4.1 Análisis de los relaves Pacococha y Millotingo.....	50
4.1.1 Muestreo de relaves	50
4.1.2 Microscopía de polarización	53
4.1.3 Fluorescencia de rayos X	53
4.2 Análisis de calidad de agua de los ríos Aruri y Rímac.....	54
4.2 1 Muestreo de agua	54
4.2 2 Espectroscopía de emisión con fuentes de plasma.....	56

4.3 Aplicación del Enfoque Ecosistémico	57
4.4 Evaluación Social Multicriterio de los principales actores	59
4.4.1. Instrumentos para la recuperación de los pasivos ambientales mineros	60
4.4.2 Determinación de la responsabilidad legal.....	60
4.4.3 Reaprovechamiento de los pasivos.....	61
4.4.4 Plan de cierre de pasivos ambientales mineros.....	61
4.4.5 Designación del titular minero y la concesión	62
4.4.6 Facultades ambientales de los gobiernos regionales	65
Capítulo 5 RESULTADOS.....	66
5.1 Análisis de los relaves Pacococha y Millotingo.....	66
5.1.1 Microscopía de polarización	66
5.1.2 Fluorescencia de rayos X	68
5.2 Análisis de calidad de agua de los ríos Aruri y Rímac.....	69
5.3 Aplicación del Enfoque Ecosistémico	72
5.3.1 Paso A: Determinación de los actores principales y definición del área de acción y su gobernanza	72
5.3.2 Paso B: Estructura del ecosistema, función y manejo.....	73
5.3.3 Paso C: Aspectos económicos	76
5.3.4 Paso D: Manejo adaptativo en el espacio	77
5.3.5 Paso E: Manejo adaptativo en el tiempo	78
5.4 Evaluación Social Multicriterio a los principales actores	80
Capítulo 6 DISCUSIÓN	83
6.1 Evaluación de relaves Millotingo y Pacococha	83
6.2 Evaluación de la calidad de agua de los ríos Aruri y Rímac	84
6.3 Aplicación del monitoreo del enfoque ecosistémico	93
6.3.1 Determinación de actores	93
6.3.2 Estructura del ecosistema.....	94
6.3.3 Aspectos económicos	94
6.3.4 Manejo adaptativo en el espacio	94
6.3.5 Manejo adaptativo en el tiempo.....	95
6.4 Evaluación Social Multicriterio	95
Capítulo 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
7.1 Conclusiones	102
7.2 Recomendaciones	104
BIBLIOGRAFÍA.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Conflictos sociales en el Perú.....	4
Figura 2.1 Curva medioambiental de Kuznets.....	17
Figura 2.2 Distribución del agua en el planeta	25
Figura 2.3 Distribución de agua dulce en el planeta	25
Figura 2.4 Agua dulce disponible del total de agua en el planeta.....	26
Figura 2.5 Modelo de oxidación de la pirita	31
Figura 3.1 Esquema teórico de la evaluación social multicriterio	48
Figura 4.1 Antiguo campamento Millotingo	50
Figura 4.2 Relaves Millotingo y cauce Aruri	50
Figura 4.3 Relave Pacococha	51
Figura 4.4 Relave Millotingo.....	51
Figura 4.5 Área de muestreo.....	52
Figura 4.6 Briquetas para análisis por microscopía	53
Figura 4.7 Ciclo hidrológico en la subcuenca Quebrada Párac	55
Figura 4.8 Muestra Aruri 1	56
Figura 4.9 Muestra reservorio	56
Figura 4.10 Muestra Aruri 2.....	56
Figura 4.11 Muestra Rímac 1	56
Figura 4.12 Muestra Rímac 2.....	56
Figura 5.1 Partículas libres de bornita y gangas no opaca	67
Figura 5.2 Fragmento milimétrico de limonita.....	67
Figura 5.3 Fragmento de gangas no opacas con playas de bornita y partículas libres de gangas no opacas	68
Figura 5.4 Fragmento de gangas no opacas con diseminaciones de calcopirita y partículas libres de magnetita y gangas no opaca	68
Figura 5.5 Espectro de fluorescencia de rayos X de muestras de relave 1 y 2.....	69
Figura 6.1 Comparación de los resultados de arsénico con los ECA.....	88
Figura 6.2 Comparación de los resultados de cadmio con los ECA.....	88
Figura 6.3 Comparación de los resultados de hierro con los ECA	89
Figura 6.4 Comparación de los resultados de manganeso con los ECA.....	90
Figura 6.5 Comparación de los resultados de cinc con los ECA	90
Figura 6.6 Concentración sucesiva de metales en un ecosistema simple	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Subcuencas tributarias del río Rímac.....	8
Tabla 1.2 Tipos de fuentes contaminantes identificadas en la cuenca del río Rímac.....	9
Tabla 1.3 Pasivos ambientales mineros en la cuenca del río Rímac.....	9
Tabla 1.4 Situación minera en la cuenca del río Rímac en el año 2012.....	9
Tabla 2.1 Comparación de niveles máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero - metalúrgicas.....	23
Tabla 2.2 Comparación de niveles máximos permisibles para emisiones gaseosas de actividades minero - metalúrgicas.....	24
Tabla 2.3 Reservas de agua en el planeta	25
Tabla 2.4 Disponibilidad de agua superficial en el territorio peruano	26
Tabla 2.5 Ejemplos de sulfuros metálicos	30
Tabla 2.6 Sustancias tóxicas y sus efectos en la salud humana	35
Tabla 2.7 Sustancias tóxicas y sus efectos en las plantas	36
Tabla 2.8 Niveles aceptables de metales y metaloides para agua potable y protección de la vida acuática.....	37
Tabla 3.1 Tipos de atomizadores usados en espectroscopia	42
Tabla 3.2 Los doce principios del enfoque ecosistémico	45
Tabla 4.1 Profundidad del muestreo según el uso del suelo	51
Tabla 4.2 Ubicación de los puntos de muestreo de relaves según el sistema de coordenadas UTM y datum geodésico WGS84	51
Tabla 4.3 Ubicación de los puntos de muestreo de la calidad de agua según el sistema de coordenadas UTM y datum geodésico WGS84	55
Tabla 4.4 Los cinco pasos de la UICN y los indicadores utilizados para las entrevistas ..	58
Tabla 5.1 Análisis químico de muestras de relave	66
Tabla 5.2 Resultados de análisis de metales y metaloides disueltos	70
Tabla 5.3 Resultados de análisis de metales y metaloides totales.....	71
Tabla 5.4 Matriz de discursos e influencias de los principales actores.....	80
Tabla 6.1 Empresas minero metalúrgicas en la parte alta de la Quebrada Párac (1977)	84
Tabla 6.2 Clasificación y ubicación de los cuerpos de agua.....	85
Tabla 6.3 Estándares nacionales de calidad ambiental para agua en las categorías 1 y 3	85
Tabla 6.4 Estándares de calidad de agua del Estado de Oregón, Estados Unidos	86
Tabla 6.5 Normas oficiales para la calidad del agua en Colombia de acuerdo a la segunda revisión de la Norma Técnica Colombiana 813.....	86
Tabla 6.6 Comparación de estándares de calidad ambiental con los datos del muestreo de los ríos Aruri y Rímac	87

ANEXOS

Anexo 01: Resultados de los análisis químicos del agua

Anexo 02: Entrevistas

Anexo 03: Solicitudes de acceso a la información pública

Anexo 04: Hoja de seguridad del Froth 70 - MIBC



ABREVIATURAS

Å	Ångström
A	Amperio
ANA	Autoridad Nacional del Agua
ATP	Adenosín trifosfato
cm	centímetro
cm ³	centímetro cúbico
CMMAD	Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo
CNUMAD	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo
DDT	Dicloro difenil tricloroetano
DGM	Dirección General de Minería
DGAAM	Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros
ECA	Estándares de calidad ambiental
ej.	Ejemplo
eV	electrónvoltio
EIASd	Estudio de impacto ambiental semidetallado
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
hm ³	hectómetro cúbico
ICP-OES	Espectrofotómetro de emisión óptica con fuente de plasma acoplado por inducción
K	grados Kelvin
LMP	Límites máximos permisibles
MIBC	Metil isobutil carbinol
MINAM	Ministerio del Ambiente
MINEM	Ministerio de Energía y Minas
m	metro
mm	milímetro
Mm ³	millones de metros cúbicos
nm	nanómetro
OMS	Organización Mundial de la Salud
PBI	Producto Bruto Interno
PEA	Población Económicamente Activa
pH	Potencial de hidrógeno
PM	Material particulado
ppm	partes por millón
SMCE	Evaluación social multicriterio
SS	Sólidos suspendidos
TMD	Toneladas métricas por día
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UIT	Unidades Impositivas Tributarias
UTM	Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator
µg	microgramo

Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

La industria minera es una actividad productiva vital para la macroeconomía de muchos países; sin embargo, el impacto negativo y acumulativo del mal manejo de sus residuos constituye un problema grave para la salud de la población y del medio ambiente. Entre los riesgos asociados a la minería se encuentra la contaminación de cuerpos de agua, principalmente debido a la inadecuada disposición de relaves, aguas residuales, drenaje de aguas ácidas y desmontes. La mayoría de las actividades mineras se concentran en las cuencas altas de los ríos, y el mal manejo contribuye a desencadenar efectos ambientales adversos que repercuten en toda la cuenca y también en el desarrollo de otras actividades productivas. A pesar de los cambios y la modernización en la industria minera y de la preocupación por la protección, preservación y restauración del medio ambiente, las comunidades siguen expuestas a niveles altos de contaminación, fundamentalmente por los pasivos ambientales mineros (Amezaga, Röting, y otros 2008, 1, Amezaga y Balvín 2006, 7, Bebbington, Humphreys Bebbington y Bury 2010, 308-309, Coelho y Teixeira 2011, 792-799).

En el contexto internacional, China ha incrementado su demanda por minerales, debido a su alto crecimiento económico; sin embargo, al igual que varios países en desarrollo, la industria minera causa impactos en el medio ambiente, sobre todo en el recurso hídrico. En China se encuentra la meseta del Tíbet, conocida como la *Torre de Agua de Asia*, ya que abastece a más de un tercio de la población mundial ubicada en la cuenca baja de la meseta. Además de su riqueza hídrica, la meseta contiene gran cantidad de yacimientos mineros cuya explotación ha causado la contaminación del agua superficial con Cu, Pb, Zn, Fe y Al, lo cual ha ocasionado la muerte de ganado y enfermedades en la población local. Esta situación ha desencadenado una serie de enfrentamientos entre los mineros y agricultores; por tanto, estos efectos perjudiciales entran en conflicto debido a que las actividades mineras se han convertido en el principal contribuyente del crecimiento económico local y sobre todo nacional (Huang, y otros 2010, 4177-4180).

De manera similar a otros sistemas de montañas, la cordillera de los Andes concentra riqueza geológica y sirve como depósito de agua, lo cual permite el desarrollo de diversas actividades, como la agricultura, en las cuencas media y baja de los ríos (Comunidad Andina. Secretaría General 2010, 25, Huang, y otros 2010, 4177). Por ello, la actividad minera desarrollada mayormente sobre los 3 500 msnm, es un factor preocupante de la gestión del agua en las cuencas debido al alto riesgo de contaminación por los vertimientos del procesamiento de minerales y por la existencia de pasivos ambientales mineros (Bury 2002, 15, Bury 2007, 49-50, Isch 2011, Liverman y Vilas 2006, 338-339). En el Perú, la industria

minera libera anualmente ca. 13 000 Mm³ de efluentes tratados ineficientemente a los que se suma la presencia de los pasivos ambientales mineros (Autoridad Nacional del Agua 2009, 65, Bebbington y Williams 2008, 191).

Se ha estimado que más de la mitad de las 5 818 comunidades campesinas ubicadas principalmente en la sierra del Perú coexisten con actividades mineras, lo cual constituye un riesgo ambiental al modo de vida rural, porque ellos dependen de actividades agropecuarias como medios de sustento (Gil 2009, 54, Kitula 2006, 406, Ramirez 2005, 180). Esta idea se ha fortalecido por la existencia de aproximadamente 8 571 pasivos ambientales mineros (Ministerio de Energía y Minas 2014), ya que muchas cuencas fluviales, como las del Rímac, Mantaro, Pisco, Madre de Dios, Llaucano y Santa han sido contaminadas principalmente por estos pasivos (Banco Mundial 2005, 6-7, Damonte 2008, 35-36). Este es el caso de muchas comunidades en los Andes peruanos. Un claro ejemplo son las comunidades de San José de Párac y San Antonio, ubicadas en la microcuenca quebrada Párac, del distrito de San Mateo de Huanchor, donde la agricultura se encuentra amenazada por el riego de aguas contaminadas con metales pesados (elementos tóxicos), producto del ineficiente tratamiento de aguas residuales de la minería y de la presencia de pasivos (Gonzales y Aguirre 2002, 62).

1.1 Actividad minera en el Perú

La definición de una mina puede ser amplia. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) definió en 1982 una mina como "un área de terreno sobre o debajo de la superficie, donde los minerales o menas de metales son extraídos de los depósitos naturales de la tierra por diversos métodos, lo cual afecta el área total en el que se producen las actividades o se altera la superficie del terreno natural" (Coelho y Teixeira 2011, 790). Las actividades mineras proceden esencialmente en cuatro pasos: exploración, explotación, procesamiento de minerales, y proceso metalúrgico; y además una fase posterior, importante por el tema ambiental, el cierre. No obstante, es preciso señalar que en las diferentes etapas de las actividades mineras se generan residuos y emisiones y liberaciones con potencial de crear impactos en el medio ambiente y la salud (Coelho y Teixeira 2011, 790-792, Kitula 2006, 405).

La industria minera es un sector económico vital para muchos países, pero es también una de las actividades más peligrosas en el contexto ocupacional y ambiental (Bebbington y Williams 2008, 190, Coelho y Teixeira 2011, 790). Como se mencionó, el cierre de mina es una etapa clave de la actividad minera, ya que el incumplimiento del programa de rehabilitación, es decir, el abandono de las minas, genera pasivos ambientales mineros. Estos son definidos como instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de

residuos producidos por operaciones mineras abandonadas o inactivas que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población y los ecosistemas (Congreso de la República del Perú 2004, 1). A modo de referencia, antes de que existieran las normas ambientales, muchos terrenos utilizados para la actividad minera se quedaron sin remediación y sin ninguna comprensión integral de los impactos ambientales. Actualmente, varios países han implementado regulaciones para la actividad minera y programas de rehabilitación; sin embargo, se estima que hay más de un millón de minas abandonadas en todo el mundo, entre tajos, bocaminas y trabajos de minería aluvial (Coelho y Teixeira 2011, 793).

En el caso peruano, la industria minera está experimentando un *boom* desde mediados de la década de 1990 (Gil 2009, 53). Así, la minería se ha constituido como una de las actividades económicas más importantes del país pues representa 59 % de las exportaciones (Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía 2012, 1) y su contribución al incremento del Producto Bruto Interno (PBI) nacional es de 14,4 %¹ (Instituto Nacional de Estadística e Informática 2014, 55), aunque la Población Económicamente Activa (PEA) del sector minero es solo 1,3 % comparada con 24,2 % de agricultura (Instituto Nacional de Estadística e Informática 2013, 105). Por otro lado, el alto crecimiento del sector minero promovido por una política agresiva, en la que los temas ambientales y sociales fueron poco relevantes, ocasionó que en muchas áreas donde se ha asentado la actividad minera existan conflictos sociales y ambientales (Amezaga, Röting, y otros 2008, 1, Amezaga y Balvín 2006, 7, Banco Mundial 2005, 5, Bebbington, Connarty, y otros 2007, 9). Según el Reporte de Conflictos Sociales N° 125, actualmente existen 208 conflictos sociales de los cuales 133 son socioambientales y 95 de estos corresponden a conflictos relacionados a la actividad minera (Defensoría del Pueblo 2014, 9-12); es decir, el 46 % del total de conflictos está relacionado con la actividad minera (véase *Figura 1.1*).

El impacto negativo y acumulativo de las actividades mineras constituye un serio problema para la salud. La inadecuada disposición de relaves, aguas residuales y desmontes ha causado graves filtraciones de drenaje ácido y contaminación de cuerpos acuíferos, así como otros efectos negativos en la biodiversidad y los ecosistemas. En consecuencia, algunas cuencas fluviales como las del Rímac, Mantaro, Pisco, Madre de Dios, Llaucano y Santa han sido afectadas por la contaminación de pasivos ambientales mineros (Banco Mundial 2005, 6-7). De acuerdo con el Inventario de Pasivos Ambientales

¹ Hasta el 2013, el INEI utilizaba información del año 1994 para calcular el PBI; sin embargo, a partir de enero del 2014 utiliza la información del 2007. Con este cambio la actividad minera, que antes representaba 4,7% del PBI, ahora representa el triple, 14,4% y se constituye en la segunda actividad más importante del país.

Mineros del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), en la actualidad, existen 8 571 (Ministerio de Energía y Minas 2014). Además, se sabe que más de la mitad de las 5 818 comunidades campesinas existentes, ubicadas principalmente en la sierra del Perú, coexisten con actividades mineras, lo cual constituye un riesgo ambiental al modo de vida rural porque dependen de actividades agropecuarias como medios de sustento (Bebbington y Williams 2008, 191, Gil 2009, 54, Haslam 2009, 113, Kitula 2006, 406).

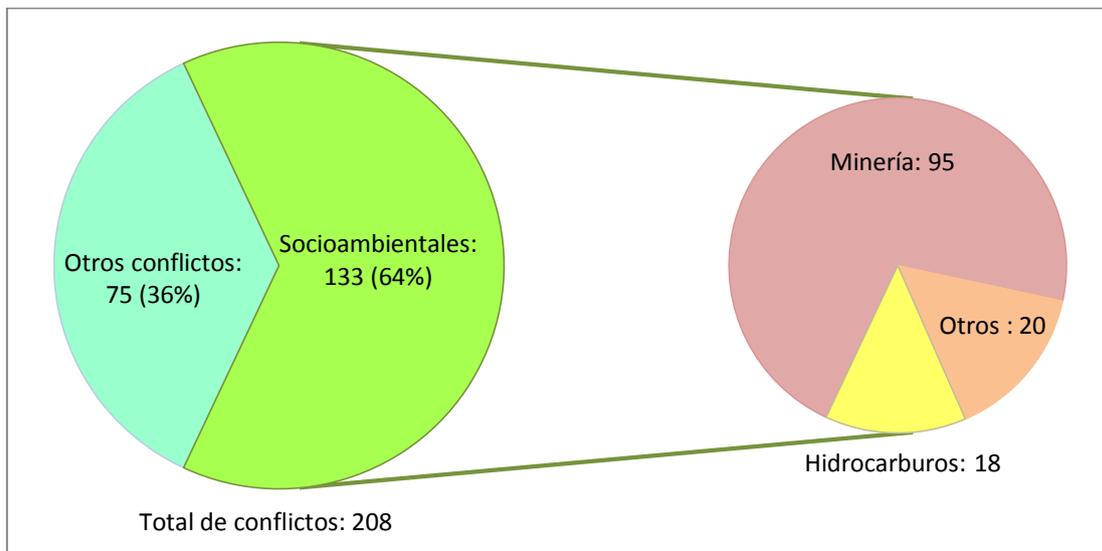


Figura 1.1 Conflicto sociales en el Perú

Fuente: Elaboración propia con datos de la Defensoría del Pueblo, 2014

Durante las últimas décadas, la preocupación pública por la protección, preservación y restauración de los ecosistemas se ha incrementado. Así, la implementación de herramientas de *evaluación ambiental* se ha desarrollado en un marco de desarrollo sostenible (Sadler 1996, 184) principalmente, debido a que la comprensión integral de los impactos de las actividades humanas lleva a una mejor toma de decisiones para prevenir y mitigar los impactos negativos en el medio ambiente. No obstante, la elaboración y aplicación de estudios de impacto ambiental no garantiza la consideración de contenidos relacionados con la sostenibilidad ambiental. Un informe del Banco Interamericano de Desarrollo sobre estudios de evaluación ambiental en Latinoamérica y el Caribe menciona que solo 4 % de los estudios de impacto ambiental analizados considera adecuadamente el aspecto de sostenibilidad ambiental mientras que del 96 % restante, 32 % están incompletos y 64 % son deficientes (Banco Interamericano de Desarrollo 2001, 80).

1.2 Agua y minería en el Perú

El agua que sale del altiplano andino sirve como depósito de agua que sustenta a la población aguas abajo y permite el desarrollo de actividades agrícolas (Bebbington y Williams 2008, 191). No obstante, el altiplano andino también puede incluir dentro de sus ventajas comparativas la riqueza geológica que se concentra principalmente en la cordillera de los Andes (Comunidad Andina 2010, 25). El desarrollo de actividades mineras requiere volúmenes grandes de agua durante los procesos de extracción y procesamiento de minerales. Sumado a ello, la mayoría de estas actividades se concentra en las cuencas altas de los ríos y su mal manejo afecta negativamente la calidad del agua y repercute en toda la cuenca llevando aguas abajo la contaminación o las especies contaminadas, extendiéndose a través del tiempo, espacio y persistiendo por varias generaciones (Bebbington, Humphreys Bebbington y Bury 2010, 307, Preciado 2011, 214, Sabogal 2009, 10). El desarrollo de actividades mineras no solo afecta la calidad de agua y sus funciones ecosistémicas sino también los derechos y las relaciones sociales y culturales en torno al recurso hídrico (Orlove y Caton 2010, 402, Urteaga 2011, 10).

Los impactos en la calidad y cantidad de agua están entre los aspectos más polémicos de los proyectos mineros. Algunos expertos calculan que más de la mitad de comunidades campesinas en el Perú han sido afectadas por actividades mineras. Se ha estimado que cada año la minería y la metalurgia liberan 13 000 Mm³ de efluentes en cursos de agua de Perú (Bebbington y Williams 2008, 191). Consecuentemente, a pesar de la atracción por los posibles beneficios económicos de la minería, las poblaciones también se preocupan por los potenciales efectos negativos al medio ambiente y las implicaciones para la subsistencia, el consumo, el bienestar y la salud. Muchas organizaciones no gubernamentales, comités ambientales comunitarios y civiles, y la Defensoría del Pueblo expresan significativa preocupación por el agua y la minería aunque las políticas de los gobiernos han fomentado el rápido crecimiento de la inversión minera. Otro factor importante es la ausencia de información clara, fiable, transparente e independiente sobre la naturaleza de los riesgos de la actividad minera. La larga historia corporativa de malas prácticas ambientales (pasivos ambientales mineros) y de la débil regulación del Estado han dejado comunidades que desconfían del gobierno central y las compañías mineras (Bebbington y Williams 2008, 191-192, Bebbington, Humphreys Bebbington y Bury 2010, 308-309).

El uso del agua en la industria minera ha crecido a medida que la producción mundial se ha incrementado. El orden de magnitud del consumo de agua en actividades mineras realizadas en Perú es ca. 206,8 Mm³/año, de los cuales 73 % se consume en la cuenca

del Pacífico y 26 % en la cuenca del Atlántico. El restante 1 % se usa en la cuenca del lago Titicaca (Kuroiwa 2012, 410). Existen, sin duda, acciones industriales que no se destacan por el alto consumo de recursos hídricos en el proceso productivo, pero que sí lo hacen por los daños generados mediante la contaminación de las fuentes hídricas (Isch 2011, 102). En esta línea, la Autoridad Nacional de Agua (ANA) menciona lo siguiente:

La actividad minera se ha constituido en un factor preocupante de la gestión del agua en las cuencas, no por el volumen de demanda, que es relativamente pequeño [2 % a nivel nacional], sino por el alto riesgo de su contaminación debido a los vertimientos resultantes del procesamiento de los minerales. Este temor se funda en la mala experiencia con antiguas minas, hoy convertidas en pasivos ambientales diseminados por todo el país. (ANA 2009, 65)

Evidentemente, la información de la ANA indica que tanto la empresa como el Estado solo se enfocan en el agua de consumo. Sin embargo, desde una visión de Gestión Integrada de Recursos Hídricos en las actividades mineras se debe considerar el agua de bombeo, de drenaje y la degradación del ecosistema, además del agua utilizada para la actividad. Por ejemplo, la empresa minera Yanacocha utiliza en sus actividades no solo 1 % (2 Mm³ anuales), sino que en realidad usa más de 32 Mm³ anuales, sin considerar el drenaje de minas y la degradación del ecosistema (Preciado 2011, 196).

Las visiones contradictorias sobre el agua producen una serie de conflictos socioambientales; por un lado, las poblaciones locales campesinas e indígenas conciben el agua como un ser vivo, un ser divino, creador y transformador, y un derecho universal y comunitario. Así, el agua ha sido reconocida en multitud de culturas como el origen y la fuente de vida. Por ello, le han conferido un carácter sagrado que ha sido y es parte fundamental de su cosmovisión (Albro 2005, 265, Boelens, Cremers y Zwartveen 2011, 14, Comunidad Andina 2010, 4). Por otro lado, una visión primordialmente económica sostiene que debe asignarse un criterio de eficiencia económica y productividad para responder a las necesidades económicas estatales y empresariales de la explotación de minerales. Así, "en esta propuesta, las consideraciones sociales, culturales, políticas e inclusive económicas locales se subordinan a una lógica economicista de gran escala que es capaz de postular el desplazamiento de las poblaciones locales con tal de usar de manera «eficiente» las aguas disponibles" (Urteaga 2011, 10).

La complejidad del agua requiere de una aproximación teórica y metodológica que tome en cuenta las diversas particularidades del agua, como composición biofísica y química, sus múltiples naturalezas, estados y usos, las funciones que cumple el ciclo hidrológico, y las relaciones que establece con otros elementos. Ciertamente, pocos elementos naturales son portadores de esta naturaleza multidimensional y diversa (Mollinga 2009,

195-196). Por lo tanto, el agua puede entenderse como un sistema complejo: "La cualidad de ser un sistema complejo adaptable [...] significa que los elementos constitutivos del mismo están fuertemente asociados entre sí [...] y tienen a la vez la capacidad potencial de actuar individualmente como agentes autónomos e influir sobre los demás" (Espina Prieto 2004, 22). El carácter sistémico y multidimensional del agua demanda la búsqueda de una aproximación metodológica que permita entender este elemento en su complejidad. Lo ideal es desarrollar una investigación transdisciplinaria que reconozca esta multidimensionalidad, para, de esta manera, crear vínculos entre diferentes particularidades del agua y áreas del conocimiento (Mollinga 2009, 197-198, Urteaga 2011, 13).

1.3 Contaminación del río Rímac

La cuenca del río Rímac nace en la cordillera de los Andes y pertenece a la vertiente del Pacífico. Su extensión aproximada es de 3 532 km² y el principal río es el Rímac, con una longitud de 140 km y un caudal de 29 m³/s. La cuenca está conformada por diez subcuencas (véase **Tabla 1.1**), entre ellas, la microcuenca de la quebrada Párac que forma parte de la cuenca alta del Rímac. La demanda hídrica total en la cuenca Rímac es de 635 Mm³/año²; la distribución para uso agrícola es de 105,15 Mm³; para uso poblacional, 501,44 Mm³; uso minero, 27,46 Mm³; y uso industrial, 0,95 Mm³ (Autoridad Nacional del Agua 2010, 6). Evidentemente, el uso poblacional es el de mayor significancia en la cuenca del Rímac y, por ello, la importancia de la cuenca al abastecer de agua potable a ca. siete millones de personas (27 % de la población peruana) que viven en la ciudad de Lima y en diferentes partes de la cuenca.

No obstante, la cuenca del Rímac se encuentra amenazada por diferentes vertimientos generados por las actividades antrópicas (véase **Tabla 1.2**). De este modo, en la cuenca alta (entre 5 200 y 3 500 msnm) existe actividad minera histórica y actual con explotación de Cu, Pb, Zn, Sb, Au, Ag, por lo que un volumen significativo de vertimientos es descargado al río (véase **Tabla 1.3** y **Tabla 1.4**). En la cuenca media (entre 3 500 y 1 000 msnm) el agua se aprovecha para la agricultura y para la generación de electricidad. La cuenca baja (desde 1 000 msnm hasta el nivel del mar), o llanura costera, es donde se encuentran asentadas las ciudades de Lima y Callao. En la cuenca media y baja se ubican 14 centrales hidroeléctricas y diferentes fábricas de productos químicos, textiles, papeleras, alimentos, curtiembres, materiales de construcción y de cerveza, entre otras. El río Rímac es receptor de metales y metaloides provenientes de los desechos y relaves de las actividades mineras desarrolladas en la cuenca alta y de las actividades

² 1 Mm³ equivale a 1 000 000 m³ = hm³

industriales desarrollados tanto en la cuenca media como baja. Asimismo, el río soporta el vertimiento de aguas residuales domésticas generadas por los diferentes centros poblados que, en muchos casos, son descargadas sin tratamiento (Bedregal, y otros 2010, 13-14).

Tabla 1.1 Subcuencas tributarias del río Rímac

CUENCA ALTA	
Subcuenca alta río Rímac	Ubicada en el distrito de Chicla, superficie: 169,81 km ² ; representa 4,85 % del área total de la cuenca; longitud de cauce principal: 18,18 km; localización hidrográfica: parte alta del río Rímac.
Subcuenca río Blanco	Superficie: 235,75 km ² ; representa 6,73 % del área total de la cuenca; longitud de cauce principal: 32,0 km.
Subcuenca quebrada Párac (río Aruri)	Superficie: 130,43 km ² ; representa 3,72 % del área total de la cuenca; longitud de cauce principal: 20,55 km; localización hidrográfica: tramo quebrada Párac-Pachachaca-Tonsuyoc; pendiente: 7,5 %; baja desde 4 650 hasta 3 200 msnm.
Subcuenca alta Párac-río Rímac	Ubicada en el distrito de San Mateo; superficie: 55,93 km ² ; representa 1,60 % del área total de la cuenca; longitud de cauce principal: 7,89 km, localización hidrográfica: tramo río Rímac parte alta.
CUENCA MEDIA Y BAJA	
Subcuenca baja río Rímac	Ubicada en el distrito del Rímac; localización hidrográfica: parte baja del río Rímac; superficie: 441,03 km ² ; representa 12,59 % de área total de la cuenca del río Rímac; longitud de cauce principal: 22,92 km.
Subcuenca quebrada Jicamarca	Localización hidrográfica: parte baja del río Rímac; superficie: 492,31 km ² ; representa 14,05 % del área total de la cuenca del río Rímac; longitud de cauce principal: 44,15 km.
Subcuenca Jicamarca-Santa Eulalia	Ubicada en los distritos de: Ate Vitarte, Chaclacayo y Chosica; localización hidrográfica: parte baja del río Rímac; superficie: 267.60 km ² ; representa 7,64 % del área total de la cuenca del río Rímac; longitud de cauce principal: 34,81 km.
SUBCUENCA SANTA EULALIA	
Subcuenca río Santa Eulalia	Ubicada en los distritos de Santa Eulalia, Callahuanca, San Pedro de Casta, San Lorenzo de Huachupampa, San Juan de Iris, Laraos, Carampoma y Huanza; superficie: 1 077,38 km ² ; representa 30,75 % de área total de la cuenca del río Rímac; longitud de cauce principal: 62,36 km; es uno de los ejes principales de drenaje de la cuenca del río Rímac.
Subcuenca Santa Eulalia-Párac	Ubicada en los distritos de Ricardo Palma, Cocachacra, San Bartolomé, San Juan de Lanca, Surco y Matucana; superficie: 633,71 km ² ; representa 18,09 % del área total de la cuenca; longitud de cauce principal: 48,39 km; localización hidrográfica en la parte media del río Rímac.
QUEBRADA HUAYCOLORO	
Subcuenca quebrada Huaycoloro	Ubicada en la cuenca del río Rímac; abarca los distritos de Lurigancho - Chosica y San Antonio de Chaclla de las provincias de Lima y Haurochirí, respectivamente; caudal promedio: 0,82 m ³ /s.

Fuente: (Autoridad Nacional del Agua 2010, 33-34)

Tabla 1.2 Tipos de fuentes contaminantes identificadas en la cuenca del río Rímac

Tipo	Cantidad
Vertimientos de aguas residuales domésticas sin autorización	80
Vertimientos de aguas residuales industriales sin autorización	70
Vertimientos de aguas residuales de pasivos ambientales mineros	31
Vertimientos de aguas residuales de origen agrícola	14
Desmontes de mina	39
Relaveras	13
Botaderos de residuos sólidos	321
Tuberías conectadas al cauce	576
Fuentes de contaminación difusa	1
TOTAL	1 145

Fuente: (Autoridad Nacional del Agua 2014, 5)

Tabla 1.3 Pasivos ambientales mineros en la cuenca del río Rímac

Tipo de componente	Tipos de subcomponente	N° de pasivos	Incidencia en la calidad del agua
Infraestructura	Campamentos, oficinas, talleres	28	Ninguna
	No determinado	5	No determinado
	Plantas de procesamiento	8	No Determinado
Labor minera	Bocamina	94	Generación de aguas ácidas
	Chimenea	5	Ninguna
	Media barreta	4	No determinado
	Pique	1	No determinado
	Tajeo comunicado	10	Probable generación de aguas ácidas
	Tajo	3	Probable generación de aguas ácidas
	Trinchera	4	No determinado
	No determinado	4	No determinado
Residuo minero	Desmonte de mina	86	Aguas ácidas
	Lodos de neutralización	1	No determinado
	Material de desbroce	1	No determinado
	Relaves	19	Drenaje con alto contenido de metales
TOTAL		273	

Fuente: (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental 2012)

Tabla 1.4 Situación minera en la cuenca del río Rímac en el año 2012

Situación de la actividad	N° de concesiones	Área (ha)
beneficio	1	384
cateo y prospección	1	149,72
exploración	11	1 044,88
explotación	15	21 700,67
paralizada	10	2 604,26
sin actividad minera	328	69 714,45
sin declaración	801	141 016,41
total	1 167	236 614,41

Fuente: (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental 2012)

1.4 San Mateo de Huanchor: Primer distrito ecológico del Perú

San Mateo de Huanchor está ubicado en el flanco occidental de la cordillera de los Andes, en la región central y occidental del Perú. Es uno de los 32 distritos que forman parte de la provincia de Huarochirí, Región Lima, Perú. San Mateo se encuentra en la cuenca media del río Rímac a una altitud que empieza desde los 3 185 msnm, a 95 km de Lima. Las coordenadas UTM del distrito están comprendidas en el siguiente cuadrángulo: punto 1 (352500 E, 8710000 N), punto 2 (384500 E, 8710000 N), punto 3 (384500E, 8683000 N), punto 4 (352500 E, 8683000 N). San Mateo tiene una extensión de 425,60 km², donde se encuentran ubicadas cinco comunidades campesinas: San Miguel de Viso, San Mateo de Huanchor, San José de Párac, San Antonio y Yuracmayo.

Sobre la base del Censo de Población y Vivienda del 2007 del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el distrito tiene 5 280 habitantes, de los cuales 54 % son varones y 46 % mujeres; el 79 % es población urbana y el 21, % rural. La Población Económicamente Activa (PEA) es 1 600 (considerando 6 años a más), con 14 % de personas dedicadas a la agricultura, ganadería, caza y silvicultura, y 39 % dedicada a la explotación de minas y canteras. La PEA en la zona rural es 572 personas, de las cuales el 24 % se dedica a la rama económica de agricultura y sus similares, y 47 % a la actividad minera. Con relación al aspecto educativo, el 96 % de 4 949 habitantes (de tres años a más) habla castellano y solo el 63 % ha llegado a concluir la secundaria; además, el 53 % cuenta con seguro de salud. Asimismo, el 80 % de las 1 181 viviendas en San Mateo cuenta con alumbrado público; el 75 % dispone de abastecimiento de agua por red pública y el 17 %, de agua proveniente de río, acequia, manantial o similar. Con respecto a las viviendas en el área rural, el 47 % de un total de 272 cuenta con alumbrado público y el 70 % dispone de abastecimiento de agua proveniente de río, acequia, manantial (INEI 2007).

San Mateo de Huanchor es considerado por sus pobladores como el *primer distrito ecológico del Perú y del mundo*, debido a su historia en defensa de sus derechos ambientales. En 1905, Lisandro Proaño instaló la fundición Tamboraque cerca de San Mateo que operó hasta 1911. En 1930 la fundición se reactivó para tratar los minerales de las minas de la Sociedad Minera Párac, en la microcuenca Párac y la microcuenca Viso. Estos sucesos provocaron el rechazo de los pobladores, quienes temían los efectos de los humos sobre la gente y el ambiente. La situación se hizo insostenible cuando en 1934 Proaño respondió evasivamente al pedido de ayuda económica para enterrar a un comunero que trabajaba para su empresa, quien había muerto probablemente envenenado por los humos; así, se desató la violencia de la comunidad contra las

instalaciones de la fundición. En consecuencia, la intervención policial dejó como saldo varios muertos, recordados hoy como mártires en el distrito (Chacón 2003, 122).

Los conflictos ambientales continuaron con la empresa minera L. Proaño. En 1998 la empresa implementó una nueva Planta de Beneficio de Tamboraque, cuya tecnología (biolixiviación) fue la primera en su género en Perú. Los principales conflictos en San Mateo de Huanchor se debían a la disposición de relaves en una zona adyacente a las poblaciones Mayoc y Daza, cuya disposición durante cinco años ha alcanzado una altura de 20 m. La Dirección General de Salud (DIGESA) realizó estudios para determinar el impacto de la disposición de las canchas de relaves en la salud de la población. Los resultados de análisis de sangre de 30 personas fueron los siguientes: de 12 personas menores de 15 años, 10 presentaron valores mayores a $10 \mu\text{g}$ de Pb ($10,31 \mu\text{g}$), y, de las 18 personas restantes mayores de 18 años, 13 presentaron valores mayores a $10 \mu\text{g}$ de Pb. Con estos resultados se concluye que existe contaminación por Pb, As y Hg en los pobladores de San Mateo (Chacón 2003, 123). Por otro lado, Ramos y otros, en el 2006, evaluaron a 119 pobladores de las comunidades de Mayoc, Daza y Tamboraque (expuestos a relaves mineros) y encontraron ocho casos de queratosis arsenical. El mecanismo por el cual se desarrolla queratosis sería por inhalación contacto y absorción percutánea de relaves mineros. Sin embargo, no se descartó la contaminación por medio de los cultivos debido al riego con aguas contaminadas (Ramos, Galarza, y otros 2006, 43-45).

La Empresa Minera Lisandro Proaño S.A., al parecer, no cumplió con presentar el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) al iniciar las operaciones de su nueva planta en 1998, sino que presentó al MINEM un EIA aprobado en 1996 que correspondía a otra zona (Triana), la cual incluía parcialmente Mayoc, que fue comprado en 1997 (Chacón 2003, 123). Así, se comprobó que el estudio estaba incompleto porque no contemplaba la cancha de relaves. Como resultado, la Dirección General de Minería del MINEM emitió la Resolución Directoral N° 110-99-EM/DGM en 1999 en la que se ordenó la paralización de las operaciones metalúrgicas (Comisión Interamericana de Derechos Humanos 2004). La empresa apeló al Consejo de Minería del MINEM, el cual aceptó la reconsideración y anuló la resolución 110 en el 2000 mediante la Resolución Directoral N° 170-200-EM/DGM, por la cual el MINEM volvió a autorizar las operaciones de la empresa y el funcionamiento del depósito de relaves. Después de una publicitada marcha en enero de 2001, la comunidad fue atendida por el viceministro de minería, quien ofreció la suspensión de la cancha de relaves Mayoc. Sin embargo, la empresa a finales del año 2000 había dejado de funcionar debido a que se declaró en quiebra económica (Chacón 2003, 123-124, Comisión Interamericana de Derechos Humanos 2004). El 2004 la Comisión

Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) solicitó al Estado peruano medidas para proteger a la comunidad de San Mateo de Huanchor; transcurrieron dos años y el 2006 los relaves fueron retirados, después de siete años de exposición de la comunidad (Orellana 2006, 3).

Como se detalla líneas arriba, San Mateo es un distrito que se ha caracterizado por promover la defensa del medio ambiente. Como uno de los principales antecedentes de esfuerzos por lograr el desarrollo sostenible, la Municipalidad Distrital y la Oficina de Asesoría y Consultoría Ambiental (OACA), entre los años 1999 y 2000, elaboraron el Plan de Gestión Ambiental para San Mateo de Huanchor. De esta manera, realizaron un diagnóstico ambiental participativo y concertado, en el cual concluyeron que las microcuencas de Párac y Viso son las más contaminadas con alto contenido de metales y metaloides en los ríos Aruri y Mayoc respectivamente, como producto de actividades mineras. Luego de la identificación de los principales problemas, incluyeron estrategias ambientales en el plan de gestión como capacitación en temas ambientales, organizacionales y de gestión (Gonzales y Aguirre 2002, 13-14). El plan está orientado a trabajar con las comunidades y las empresas que laboran en el distrito. Sin embargo, a la fecha de realización de la presente tesis (2013), la encargada del Área de Medio Ambiente de la Municipalidad Distrital de San Mateo de Huanchor mencionó que no tenía conocimiento sobre la existencia del documento; ello indicaría que no se ha logrado ejecutar el plan a más de diez años de su publicación.

La microcuenca de la quebrada Párac es una de las más afectadas por la actividad minera; por ello, se presenta como estudio de caso en la presente tesis. Esta quebrada tiene una extensión de 130,43 km² y representa el 3,72 % del área total de la cuenca del Rímac; su longitud es de 20,55 km y presenta una pendiente de 7,5 %, la cual baja desde los 4 650 hasta los 3 200 msnm (Autoridad Nacional del Agua 2010, 33-34). La elección de esta zona de estudio obedece a dos razones. En primer lugar, se ubica dentro del distrito de San Mateo, conocido por su *ecologismo popular*, es decir, por su defensa al acceso comunal de los recursos frente a la amenaza del mercado o del Estado, explicado previamente en el caso de la fundición de L. Proaño. Este hecho inspira hoy a los pobladores de San Mateo en la defensa de sus derechos ambientales. (Chacón 2003, 122, Martínez Alier 2010, 186)

En segundo lugar, se ha seleccionado la quebrada Párac por su actividad minera histórica, ya que, entre las décadas de 1970 y 1980, la compañía minera Millotingo, ubicada en la quebrada Tonsuyoc (tributaria de la microcuenca Párac), fue considerada como la mina con mayor contenido de plata en el Perú (Ministerio de Energía y Minas 1997,

47, Ramirez 2005, 190). Asimismo, porque, de acuerdo a varias investigaciones y reportes, las aguas del río Aruri están afectadas por elementos tóxicos. Así, entre los años 1999 y 2000 el Plan de Gestión Ambiental elaborado por la municipalidad de San Mateo y la Oficina de Asesoría y Consultoría Ambiental (OACA) concluyó que la quebrada Párac presenta niveles de contaminación de sus aguas por metales Pb, Zn, Fe y Mn por encima de los límites permisibles como producto de las malas prácticas en seguridad ambiental de las empresas mineras de la zona (Gonzales y Aguirre 2002, 39). Por otro lado, Calla Llontop, el 2010, reportó que las principales fuentes de contaminación de la quebrada Párac proviene de la actividad minera y los pasivos ambientales mineros ya que, mediante la descarga de vertimientos, se introducen a los cuerpos naturales de agua elementos como Pb, Cd, As, Mn y Fe, cuyos niveles superan los estándares de calidad ambiental para uso de riego de vegetales y bebida de animales (2010, 252-253). En este sentido, se planteó la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son los impactos producidos por los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico y el desarrollo de la actividad agrícola en la quebrada Párac?

El presente trabajo propone la siguiente hipótesis de investigación: los pasivos ambientales de minas polimetálicas ubicadas en la quebrada Tonsuyoc a orillas del río Párac (cuenca alta) constituyen un factor de riesgo por contaminación con metales y metaloides de los cuerpos de agua. En primer lugar, ello ocurre porque la explotación minera fue de sulfuros como galena, arsenopirita, calcopirita, esfalerita, entre otros; y, en segundo lugar, porque la exposición de sulfuros al aire y humedad causa oxidación produciendo ácido sulfúrico. Así, se forma el drenaje de aguas ácidas que disuelven elementos tóxicos y pueden transportarlos a cuerpos de agua superficiales, en este caso, al río Aruri (conocido también como Párac). Las aguas del río Aruri en la cuenca media son utilizadas para agricultura por las comunidades de San José de Párac y San Antonio por medio de canales de irrigación. En consecuencia, ambas comunidades están expuestas a la contaminación por elementos tóxicos como As, Cd y Pb, porque el agua transporta esta carga contaminante hacia el suelo agrícola y se bioacumulan en los cultivos que luego son consumidos por la comunidad. De este modo, la presencia de pasivos ambientales mineros tiene la capacidad de afectar la salud ambiental de las comunidades ubicadas cuenca abajo.

1.5. Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Determinar el impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca quebrada Párac

1.5.2 Objetivos específicos

- a. Identificar el tipo de mineralización de los yacimientos ubicados en la parte alta de la microcuenca quebrada Párac para determinar su efecto en el recurso hídrico
- b. Analizar de manera exploratoria la cantidad de arsénico, cadmio, hierro, manganeso y cinc en el recurso hídrico, y su efecto en la agricultura
- c. Observar aspectos socioeconómicos de las comunidades de San José de Párac y San Antonio con énfasis en la actividad agrícola.
- d. Conocer la situación actual de los pasivos ambientales mineros ubicados en la parte alta de la microcuenca quebrada Párac y los principales actores alrededor del mismo.

Capítulo 2 MARCO TÉORICO

2.1 Desarrollo sostenible

En síntesis, son tres las corrientes del pensamiento ambientalista que dieron como fruto el término *desarrollo sostenible*. En primer lugar, la corriente ecologista conservacionista presenta la tesis de los límites físicos y la propuesta de *crecimiento cero* formulado por Club de Roma en los *Límites al Crecimiento*. En segundo lugar, el ambientalismo moderado de la Declaración de Estocolmo adopta una posición antropocentrista frente a los problemas ambientales y plantea que el crecimiento económico puede ser compatible con el medio ambiente. Finalmente, la corriente del humanismo crítico, expresado en la propuesta de ecodesarrollo, propone nuevos estilos de desarrollo basados en el potencial ecológico de las diferentes regiones y capacidades propias de los pueblos del Tercer Mundo. No obstante, el término *desarrollo sostenible* ganó prestigio en 1980 cuando la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) presentó la carta *Estrategia Mundial de Conservación*³ (EMC), en la cual menciona como objetivo el desarrollo sostenible mediante la preservación y mantenimiento de los procesos ecológicos, diversidad genética y el uso sostenible de las especies y ecosistemas (Pierri 2009, 28-66). En este contexto, la ONU plantea en el Informe de Brundtland (1987) que el desarrollo sostenible es aquel que "satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones".

Con respecto al *desarrollo sostenible*, este concepto enfatiza los valores del desarrollo económico, protección ambiental, equidad y progreso social en el presente y el futuro. Por tanto, el desarrollo sostenible es definido como una fórmula que busca resolver el real conflicto entre la economía y el medio ambiente (Leiserowitz, Kates y Parris 2006, 415). Este concepto presenta un gran atractivo pero poca especificidad, a pesar de las persistentes definiciones elaboradas. Se han realizado trabajos dedicados a la elaboración de indicadores cuantitativos, vitales en el proceso de toma de decisiones, participación, y construcción de consenso y defensa, aunque siempre se deben utilizar con cuidado, dada la complejidad de los temas que aborda. Parris y Kates, en el 2003, afirmaron que no existen indicadores que sean universalmente aceptados y respaldados por una teoría convincente, con rigurosa colección de data y análisis, e influencia política (2003, 559). Por ello, en la práctica muchas instituciones interpretan el desarrollo sostenible de acuerdo a sus propósitos; algunas prefieren enfatizar el desarrollo y otras,

³ Preparada por la UICN con fondos del PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF).

de acuerdo al principio precautorio y evaluación de riesgos, se inclinan en la sostenibilidad *per se* (Parris y Kates 2003, 550-561).

En relación con la actividad minera y el desarrollo sostenible, el principal debate se centra en lo que debe ser conservado en el largo plazo. Por ello, existen dos posiciones: la primera resalta que la minería no es una actividad sostenible en sentido estricto, debido a que se extraen recursos no renovables y por la posibilidad de dejar pasivos ambientales mineros. Cuando un depósito de minerales es extraído hasta el agotamiento, las futuras generaciones no tendrán la opción de extraer estos minerales, aunque la situación empeora si no se realiza un adecuado cierre de mina, lo cual implica dejar pasivos mineros (Amezaga, Röting, y otros 2011, 21). La segunda posición afirma que la minería puede aspirar a compatibilizar con el desarrollo sostenible, principalmente por dos motivos. El primero indica que la extracción y procesamiento de minerales son procesos de conversión de capital natural irremplazable y transformable en capital humano reemplazable. El segundo motivo afirma que la creación de riqueza es central para el desarrollo sostenible en la lucha contra la pobreza y la creación de mejores condiciones de vida (Bridge 2004, 233, Hinton, Veiga y Veiga 2003, 113).

2.2 Degradación ambiental

El término *degradación ambiental* aparece en el informe de Brundtland, y se utiliza para referirse a problemas ambientales como el calentamiento global, destrucción de la capa de ozono, entre otros (ONU 1987, 7). La degradación ambiental puede definirse como la pérdida progresiva de la aptitud de los recursos naturales para prestar bienes y servicios a la humanidad, producida por contaminación del ambiente y también por depredación de los recursos naturales. Debido a las complejas relaciones de interdependencia que existe entre los ecosistemas y las actividades humanas, la degradación suele tener efectos en cadena (Andaluz 2011, 40-41). De igual manera, degradación ambiental es definida como un conjunto de alteraciones de origen humano que afectan a los ecosistemas y ciclos ecológicos, lo cual incrementa la probabilidad de cierto tipo de desastres y aumenta su poder destructivo, como, por ejemplo, la deforestación intensifica el peligro de inundaciones y deslizamientos de tierras; la extracción masiva de aguas subterráneas y contaminación de aguas superficiales produce escasez de agua dulce (Chafe 2007, 85).

Los vínculos entre pobreza, inequidad, y degradación ambiental forman parte del análisis y recomendaciones del informe de Brundtland. Bajo este esquema se han realizado múltiples relaciones de causalidad para la degradación ambiental. Una de ellas es la relación entre crecimiento económico y degradación ambiental explicada con la curva de

Kuznets⁴ (véase **Figura 2.1**), – forma de U invertida– mediante una relación empírica entre emisiones gaseosas y el ingreso *per cápita*. Así, a medida que los ingresos aumentan, se presenta degradación ambiental hasta un cierto punto como máximo. Después, los ingresos continúan incrementándose y la degradación ambiental disminuye; es decir, la calidad ambiental mejora (López-Menéndez, Pérez y Moreno 2014, 369, Munasinghe 1999, 106, Quan y Reuveny 2006, 953-954). Una explicación de este resultado es que las personas en los países pobres no pueden priorizar la protección ambiental. Consecuentemente, en las primeras etapas del crecimiento económico, el aumento de la contaminación es considerado como un efecto secundario y aceptable; sin embargo, cuando un país ha alcanzado un nivel de vida estándar suficientemente alto, la gente presta más atención y preocupación por el medio ambiente. Esto conduce a la creación de la legislación ambiental y nuevas instituciones para la protección del medio ambiente (Arrow, y otros 1996, 13).

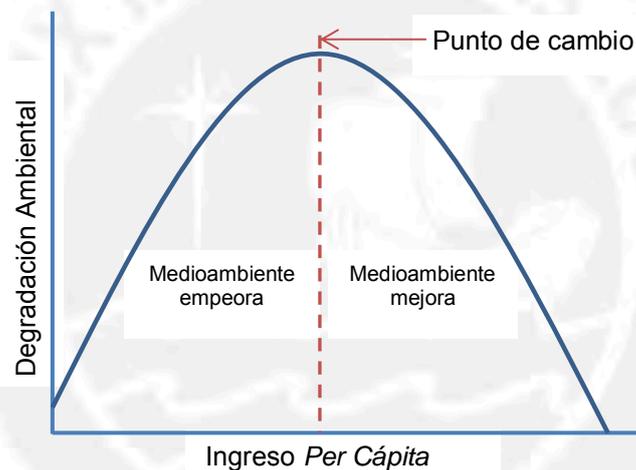


Figura 2.1 Curva medioambiental de Kuznets

Fuente: (Sundeep Waslekar 2014, 311)

No obstante, existen muchas razones para tener prudencia en la interpretación de la relación de U invertida o curva de Kuznets (López y Mitra 2000, 137-138, Stern, Common y Barbier 1996, 1159). La relación ha sido mostrada válida para contaminantes locales a corto plazo (sulfuros, partículas y coliformes fecales), no para la acumulación de residuos existentes o para contaminantes de largo plazo y costos dispersos como el dióxido de carbono (CO₂). La relación de U invertida es evidencia de que esto ha sucedido en

⁴ Este modelo fue propuesto por primera vez por Grossman y Krueger (1991) y proviene de la original *Hipótesis de U invertida* desarrollado en 1955 por S. Kuznets. En el que plantea que los ingresos desiguales se incrementan en los niveles iniciales del desarrollo y disminuyen después de cierto punto (López-Menéndez, Pérez y Moreno 2014, 369)

determinados casos, pero no constituye evidencia de que eso sucede en todos los demás, mucho menos en el largo plazo; este análisis es importante para evitar las consecuencias irreversibles del crecimiento. Por ello, el crecimiento económico no es la panacea para la calidad ambiental; ni siquiera es el principal problema. Lo que importa es el contenido del crecimiento, la composición de los insumos (recursos naturales) y salidas (desechos de los productos). Este contenido está determinado por la capacidad de carga de los ecosistemas, y las instituciones que norman y rigen la actividad económica (Arrow, y otros 1996, 13-14).

Por otro lado, existe mucha controversia alrededor del nexo pobreza y degradación ambiental. Una tendencia predominante de pensamiento sostiene que la pobreza es una de las principales causas de la degradación ambiental y, si los políticos quieren abordar los problemas ambientales, entonces primero deben abordar el problema de la pobreza. Así, una de las conclusiones del Informe Brundtland plantea explícitamente que la pobreza es la principal causa de los problemas ambientales (Duraiappah 1998, 2169, ONU 1987, 21). Sin embargo, esta explicación es refutada por ser demasiado simplista, ya que el nexo es gobernado por una compleja red de factores como las interconexiones entre modelos de desarrollo dominantes, políticas y acciones del Estado, la competencia entre varias clases y grupos de interés y las estrategias de sobrevivencia de las poblaciones, entre otros (Duraiappah 1998, 2170, Comas 1999, 95).

Las industrias extractivas pueden causar degradación ambiental. En la fase de exploración y explotación, se puede provocar la deforestación, fragmentación de hábitats y pérdida de biodiversidad. Por ejemplo, la construcción de caminos de acceso puede abrir territorios vírgenes para que sean explotados; la eliminación de los desechos de la minería puede contaminar los cuerpos de agua; aun cuando los relaves son almacenados adecuadamente, existe la posibilidad de que los diques que los contienen puedan desbordarse; los drenajes ácidos de las minas también contaminan el suelo y las aguas, al igual que los derrames de mercurio y cianuro. La degradación ambiental puede, a su vez, destruir los medios de subsistencia que las comunidades locales requieren (Hildyard 2007, 39).

Las bases de la actividad económica son los sistemas ecológicos que producen una gama amplia de servicios; no obstante, esta base de recursos es finita. El uso imprudente de los recursos naturales puede reducir irreversiblemente la capacidad de generarlos en el futuro. Todo ello implica que hay límites de capacidad de carga en el planeta. Por tanto, es necesario un índice general de la escala actual o intensidad de la economía humana en relación con la biósfera. Vitousek y otros en 1986 calcularon que el total de la

producción primaria neta⁵ terrestre de la biósfera está actualmente apropiada para el consumo humano y es alrededor de 40 % (Vitousek, y otros 1986, 368), lo cual cuestiona el alcance de la presencia humana en el planeta (Arrow, y otros 1996, 14). Otro índice de sostenibilidad ambiental es la resiliencia del ecosistema, definida como la capacidad de los ecosistemas de absorber perturbaciones sin perder su estructura, identidad y funciones, es decir, la rapidez con la cual este retorna al equilibrio (Holling 1973, 14, Pimm 1984, 322). Las actividades económicas son sostenibles solo si el soporte de vida de los ecosistemas de donde ellos dependen son resilientes. El problema intrínseco en la elaboración de políticas ambientales es asegurar que la resiliencia se mantenga, a pesar de los límites de la naturaleza y las actividades económicas (Arrow, y otros 1996, 14).

Odum adapta el término "la tiranía de las pequeñas decisiones", señalado por el economista Kahn en 1966, para explicar las consecuencias o efectos de pequeñas decisiones en el medio ambiente (Odum 1982, 729). Una clave para evitar el problema acumulativo de los efectos de pequeñas decisiones ambientales radica en una visión holística del mundo. Asimismo, los planificadores y políticos deben seguir una perspectiva de largo plazo que abarque los efectos de todas sus pequeñas decisiones, debido a que la degradación se manifiesta cuando la sociedad reorganiza el manejo de los ecosistemas para hacer frente a la degradación. Una interpretación de la actual situación ambiental global es que los atributos ecológicos perdidos son cada vez más apreciados. Finalmente, se reconoce que los enfoques existentes son insuficientes para abordar los problemas de degradación ambiental, principalmente debido a que no se disponen de indicadores de sostenibilidad y de resiliencia lo suficientemente válidos para comprender las interrelaciones hombre-naturaleza (Biggs, Westley y Carpenter 2010, 19, Duraiappah 1998, 2177).

2.3 Contaminación ambiental

Una serie de eventos dieron cuenta al mundo acerca de los problemas ambientales. Uno de ellos fue la publicación de *Silent Spring* (La Primavera Silenciosa), de Rachel Carson, en setiembre de 1962. El análisis de Carson se enfocó en la desaparición del canto de las aves en primavera por la exposición a sustancias tóxicas, como el DDT. Carson llevó el

⁵ La productividad primaria es definida como la velocidad de fijación de la energía durante el proceso de fotosíntesis desarrollado por las plantas. La productividad primaria bruta es la transformación de energía radiante (sol) en energía química (fotosíntesis) en un determinado lugar y tiempo. Esta energía es utilizada por las plantas para realizar el proceso de respiración y para sobrevivir; asimismo, es utilizada por los herbívoros y por el resto de la cadena trófica. Es decir, los ecosistemas dependen altamente de la productividad primaria bruta. Entonces, la productividad primaria neta es la productividad primaria bruta menos la energía disipada por la respiración.

conocimiento de este evento de la esfera científica a la pública e impactó directamente en la legislación ambiental de Estados Unidos (Boykoff 2009, 436, Marzec 2009, 20). Por otro lado, Garrett Hardin (1968) explicó que la contaminación ocurre de manera inversa a la *tragedia de los comunes*; es decir, supone que, en vez de extraer los recursos comunes, se trata de introducir residuos dentro de los ecosistemas, como drenajes de desechos químicos, radiactivos o térmicos en el agua. Hardin planteó como una alternativa de solución a la contaminación el uso de diferentes mecanismos legales, fiscales que hagan más barato para el contaminador tratar sus desechos (Hardin 1968, 1245). Asimismo, en marzo de 1972 la perspectiva Malthusiana cobró más fuerza cuando el Club de Roma publicó el informe *Los Límites del Crecimiento* que explica las tendencias globales de la población, el uso de recursos y la contaminación. Su conclusión es que, si continuáramos así, lo más probable sería alcanzar los límites absolutos de crecimiento de la Tierra durante los próximos 100 años (Hetch 1991, 23, García 2007, 8).

El primer esfuerzo global por enfrentar los problemas ambientales fue la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano llevada a cabo en Estocolmo del 5 al 16 de junio de 1972, llamada también *Primera Cumbre de La Tierra*, considerada como el punto de inicio de la política ambiental moderna, en la que participaron 110 gobiernos. (Ortiz Moreno 2005, 58, Valcárcel 2007, 16). Sobre la contaminación, el principio 6 de la Declaración menciona que "debe ponerse fin a la descarga de sustancias tóxicas o de otras materias y a la liberación de calor, cantidades o concentraciones tales que el medio no pueda neutralizarlas, para que no se causen daños graves o irreparables a los ecosistemas [...]" (ONU 1972, 3). Asimismo, la recomendación 71 señala que los gobiernos deben establecer valores medios practicables para reducir al mínimo la descarga de sustancias tóxicas o peligrosas en el medio, especialmente si se trata de sustancias persistentes como elementos tóxicos y compuestos organoclorados, hasta que se demuestre que su descarga no dará lugar a riesgos inaceptables. Finalmente, en las recomendaciones 72 y 81, se señala que se deben imponer normas respecto de agentes contaminantes, y que la OMS y las organizaciones competentes sigan estudiando y establezcan normas primarias para la protección del organismo humano, especialmente, respecto de los contaminantes que son comunes al aire al agua y a los alimentos (ONU 1972, 31-34).

La evolución de la Conferencia de Estocolmo ha propiciado una diversidad de encuentros y documentos internacionales. Entre ellos, la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD) presentaron en 1987 el informe *Nuestro Futuro Común*, conocido como *Informe Brundtland*. En el anexo 1 de este informe, sobre propuestas de principios legales para la protección ambiental y desarrollo sostenible, se menciona lo

siguiente: "Los estados deberán establecer y adecuar estándares de protección ambiental y cambios en el monitoreo y publicar la data relevante de calidad ambiental y uso de recursos" (ONU 1987, 224). Asimismo, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), desarrollada en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992, fueron aprobados tres acuerdos importantes, entre ellos el Programa 21, en el que se establece una serie de lineamientos para la protección y conservación de los ecosistemas acuáticos. Además, sobre el control y prevención de la contaminación del agua, se indica que se deben "establecer normas para el vertido de efluentes y para las aguas que los reciben". Finalmente, en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible realizada en Johannesburgo en setiembre de 2002, los Estados se comprometieron a mejorar la integración de los objetivos de desarrollo sostenible enunciados en el Programa 21 y apoyar la ejecución del mismo (ONU 2002).

Sobre la base de estos acuerdos internacionales el término contaminación ambiental fue evolucionando. En líneas generales, esta se produce cuando el hombre introduce directa o indirectamente en el ambiente agentes físicos, químicos, biológicos, o una combinación de estos, que alteran o pueden alterar el medio ambiente afectando de manera negativa la oportunidad de que la gente lo use o disfrute (Andaluz 2011, 41-42, EPA 2006, 6). En este contexto, la intervención del gobierno en el control de la contaminación puede realizarse por medio de regulación directa a través de instrumentos de comando y control, o mediante la implementación de instrumentos económicos. Los instrumentos de comando y control operan imponiendo un límite legal sobre la cantidad de contaminación permitida a cada emisor (Alegre Chang 2002, 2, Ortiz Moreno 2005, 59-60).

2.4 Estándares de Calidad Ambiental

Un antecedente del desarrollo de estándares es lo ocurrido a finales de la década de 1960 en el río Cuyahoga, Ohio, Estados Unidos. Este río se cubrió de basura y desperdicios, que flotaban formando una capa oleaginosa negra y pesada que se incendió y se convirtió en un símbolo de la degradación ambiental resultante de la industrialización descontrolada. Junto con imágenes de la eutrofización y peces muertos flotando en la superficie del lago Erie, el efecto de la contaminación conmovió a la opinión pública y provocó la promulgación de las legislaciones ambientales más destacadas, como el *Clean Water Act* (Ley de Calidad del Agua) en 1972 sobre calidad del agua en ríos, lagos, estuarios y tierras húmedas (Masters y Wendell 2008, 184). En Estados Unidos, los estándares de calidad de agua son establecidos por cada Estado. Los estándares están de acuerdo con el uso designado al cuerpo de agua; con respecto a la designación de usos, los estados especifican en función de sus objetivos y expectativas para sus

aguas y, si acuerdan cambiarlo, necesitan previa aprobación de la Agencia de Protección Ambiental (EPA 2011, 1).

En nuestro país, para una aplicación legal de la definición de contaminación, es imprescindible que el Estado apruebe mediante las normas correspondientes los límites máximos permisibles (LMP) y los estándares de calidad ambiental (ECA). Los LMP regulan la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o emisión de una operación, teniendo en consideración criterios específicos de la capacidad de dilución de la descarga del cuerpo receptor y que se obtienen midiéndolos directamente de la fuente contaminadora, mientras que los ECA establecen el nivel de calidad adecuado de los cuerpos receptores como el mar, la atmósfera, un río, un lago, entre otros (Andaluz 2011, 41-42, De La Puente Brunke 2008, 8).

En el 2006, Pulgar Vidal manifestaba que los LMP no se actualizaban desde hacía diez años y que los estándares de calidad de agua provenían de los años setenta (Pulgar Vidal 2006, 46, óp. cit. Gil 2009, 339). Respecto de estas afirmaciones se puede citar un ejemplo de la variación de los LMP para efluentes líquidos mineros. En el anexo 1 de la Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VMM del MINEM⁶ se señala que el valor de descarga en cualquier momento para Zn es 3,0 mg/L y, para Pb, 0,4 mg/L, en contraste con el anexo 1 de la norma vigente Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM⁷: el valor para Zn es 1,5 mg/L y, para Pb, 0,2 mg/L. Claramente, los límites para la mayoría de elementos han disminuido a la mitad, por lo que la normatividad vigente es más restrictiva. Por otro lado, la normatividad de Estados Unidos 40 CFR Part 440⁸ (Effluent Limitation Guidelines for Metallic Mineral Mining) promulgada por el EPA guarda mayor similitud con los LMP peruanos vigentes (véase **Tabla 2.1**). Finalmente, con relación a las emisiones gaseosas provenientes de las unidades mineras, la Defensoría del Pueblo, en el 2005, concluía que los LMP eran demasiado permisivos con respecto a los estándares internacionales y realizó una comparación de la Resolución Ministerial N° 315-96-

⁶ MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Resolución Ministerial 011-96-EM/VMM. Aprueban los niveles máximos permisibles para efluentes líquidos minero - metalúrgicos. Publicado en el diario El Peruano el 13 de enero de 1996.

⁷ MINISTERIO DEL AMBIENTE. Decreto Supremo 010-2010-MINAM. Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas. Publicado en el diario El Peruano el 21 de agosto de 2010.

⁸ EPA - Effluent Limitation Guidelines for Metallic Mineral Mining (40 CFR Part 440). Part 440 - Ore Mining and Dressing Point Source Category. Publicado el 30 de julio de 1979, corregido el 04 de febrero de 1981. pp. 14. Consulta: 10 de setiembre de 2014.
<<http://www.elaw.org/system/files/40P0440.pdf>>

EM/VMM⁹ del MINEM y los límites del Banco Mundial (véase **Tabla 2.2**) (Defensoría del Pueblo 2005, 19).

Finalmente, en cuanto a la contaminación, la ciencia cumple un papel fundamental en la asignación de límites. Los estándares trazan de manera general la línea de tolerancia entre lo aceptado y lo no aceptado. Sin embargo, asignar un valor estándar tiene una serie de limitaciones. En primer lugar, las condiciones naturales no se pueden utilizar como la base de los valores umbrales ya que las condiciones naturales a veces pueden presentar alto estrés o hasta características letales para los ecosistemas. En segundo lugar, el manejo de parámetros de calidad para aguas naturales con el objetivo de conocer un valor umbral fomenta la homogenización de los sistemas naturales diversos y dinámicos. Las leyes deben reconocer que la variabilidad es una propiedad inherente a los ecosistemas acuáticos (Bisson, y otros 1997, 455). Asimismo, la relevancia biológica de un nivel de umbral específico para una población de organismos es difícil de definir, en parte porque el umbral está basado en la respuesta al estrés de organismos individuales (una especie o algunas especies) en lugar de tomar en cuenta el requerimiento del hábitat para poblaciones enteras (Poole, y otros 2004, 157).

Tabla 2.1 Comparación de niveles máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero - metalúrgicas

PARÁMETRO	Perú 1996 RM 011-96-EM/VMM		Perú 2010 DS 010-2010-MINAM		Estados Unidos 1981 40 CFR Part 440	
	Límite en cualquier momento	Límite promedio anual	Límite en cualquier momento	Límite promedio anual	Límite máximo para un día	Promedio de valores diarios por 30 días consecutivos
pH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9
SS (mg/L)	50	25	50	25	30	20
Plomo (mg/L)	0,4	0,2	0,2	0,16	0,6	0,3
Cobre (mg/L)	1,0	0,3	0,5	0,4	0,3	0,15
Cinc (mg/L)	3,0	1,0	1,5	1,2	1,0	0,5
Fierro (mg/L)	2,0	1,0	2,0	1,6		
Arsénico (mg/L)	1,0	0,5	0,1	0,08		
Mercurio (mg/L)			0,002	0,0016	0,002	0,001
Cadmio (mg/L)			0,05	0,04	0,10	0,05

Fuente: Elaboración propia

⁹ MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Resolución Ministerial 315-96-EM/VMM. Aprueban niveles máximos de elementos y compuestos presentes en emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero - metalúrgicas. Publicado en el diario El Peruano el 19 de julio de 1996.

Tabla 2.2 Comparación de niveles máximos permisibles para emisiones gaseosas de actividades minero - metalúrgicas

Contaminante	Banco Mundial 1998		Perú RM-315-96-EM/VMM
	Fundiciones Primarias de Pb/Zn	Fundiciones Primarias de Cu	
	Valor Máximo de concentraciones (mg/m ³)		
Arsénico (As)	0,1	0,5	25
Plomo (Pb)	0,5	0,2	25
Material Particulado (PM)	20	20	100

Fuente: (Defensoría del Pueblo 2005, 19)

2.5 Agua: Recurso limitado

El agua es vital para el ser humano, como el aire y los alimentos. Los humanos pueden vivir solo unos minutos sin oxígeno, una semana sin agua, y un mes sin alimentos (Theis y Tomkin 2013, 149). Las plantas requieren agua para la fotosíntesis y así producir oxígeno. El agua es el componente esencial para la vida en la Tierra, no solo para la humanidad sino también para todas las especies (Baron, y otros 2002, 1247, Halliday y Basiro 2007, 55, Jackson, y otros 2001, 1027). Una de las características que distingue al planeta es la cantidad de agua en su superficie: el 70 % está cubierto por océanos, y, aproximadamente, la mitad de la troposfera se encuentra cargada de nubes. El agua es un recurso renovable, pero también finito: en el planeta solo 2,5 % del agua es dulce (véase **Tabla 2.3** y **Figura 2.2**); el resto es agua de mar, no apta para beber o irrigar (Postel 2000, 941). El 68,7 % de agua dulce está conformado por los casquetes polares, glaciares y nieve permanente de las regiones Antártica y Ártica (véase **Figura 2.3**). Los ríos y lagos son las fuentes de agua dulce más utilizadas para consumo y son solo 0,26 % del total de reservas de agua dulce, lo cual conforma menos del 0,01 % de toda el agua de la Tierra (véase **Figura 2.4**).

Los glaciares son la reserva más grande de agua dulce en la tierra. Así, los glaciares tropicales, pese a que conforman una pequeña porción de los glaciares del mundo, contribuyen significativamente en la hidrología de las cuencas altas y el abastecimiento de recurso hídrico en toda la cuenca. Los Andes tropicales concentran más del 99 % de los glaciares tropicales del mundo. El mayor porcentaje de estos glaciares se albergan en Perú (71 %), seguido de Bolivia (20 %), Ecuador (4 %) y Colombia - Venezuela (4 %) (Rabatel, y otros 2013, 82). Frente al inminente cambio climático el Perú, por su ubicación geográfica y riqueza glaciar, es el tercer país más vulnerable según el Centro Tyndall para la Investigación del Cambio Climático (Bebbington y Williams 2008, 191).

Tabla 2.3 Reservas de agua en el planeta

Fuente de agua	Volumen de agua en kilómetros cúbicos	Porcentaje de agua dulce	Porcentaje total de agua
Océanos, mares y bahías	1 338'000 000	--	96,5 %
Casquetes polares, glaciares y nieve permanente	24'064 000	68,7 %	1,74 %
Agua subterránea (total)	23'400 000	--	1,69 %
Agua dulce subterránea	10'530 000	30,1 %	0,76 %
Agua salada subterránea	12'870 000	--	0,93 %
Humedad del suelo	16 500	0,05 %	0,001 %
Hielo subterráneo y permafrost	300 000	0,86 %	0,022 %
Lagos (total)	176 400	--	0,013 %
Lago de agua dulce	91 000	0,26 %	0,007 %
Lago de agua salada	85 400	--	0,006 %
Atmósfera	12 900	0,04 %	0,001 %
Agua de pantanos	11 470	0,03 %	0,0008 %
Ríos	2 120	0,006 %	0,0002 %
Agua biológica	1 120	0,003 %	0,0001 %

Fuente: (Shiklomanov's 1993, 13)

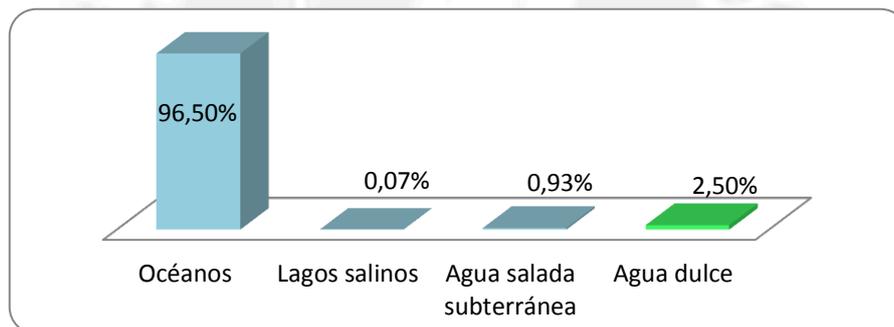


Figura 2.2 Distribución del agua en el planeta

Fuente: Elaboración propia con datos de (Shiklomanov's 1993, 13)

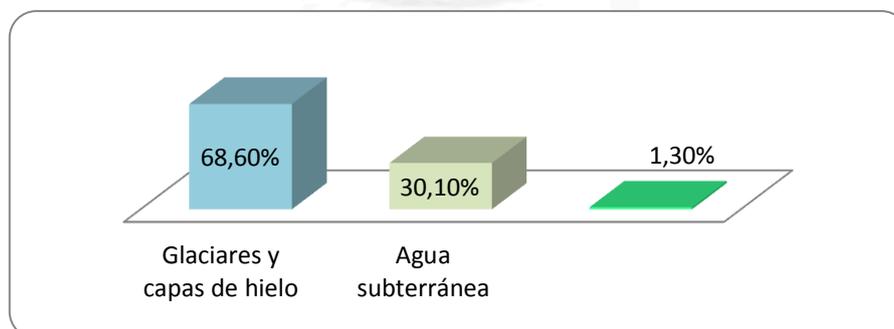


Figura 2.3 Distribución de agua dulce en el planeta

Fuente: Elaboración propia con datos de (Shiklomanov's 1993, 13)

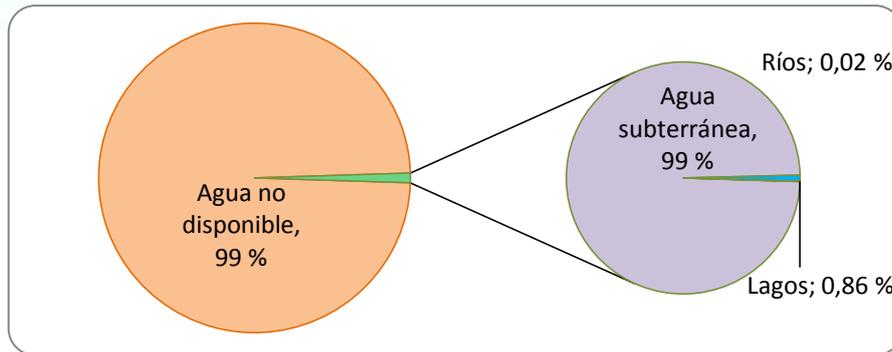


Figura 2.4 Agua dulce disponible del total de agua en el planeta

Fuente: (Theis y Tomkin 2013, 152)

Según la FAO, el Perú ocupa el octavo lugar en el *ranking* mundial de países con mayor cantidad de agua (FAO 2003, 22, ANA 2009, 1). Aunque las cifras hagan pensar que el Perú es un país con abundantes recursos hídricos, con un promedio de 77 510 m³/hab/año, estos están distribuidos en forma muy desigual (véase **Tabla 2.4**). Su orografía define tres vertientes hidrográficas que desequilibran la distribución espacial del agua dulce, concentrando 97,7 % del volumen en la vertiente del Atlántico, donde se asienta el 30 % de la población; 0,5 % en la vertiente del Titicaca, donde se asienta el 5 % de la población; y 1,8 % se encuentra en la vertiente del Pacífico, donde paradójicamente se concentra el 65 % de la población (ANA 2009, 18, Kuroiwa 2012, 406-420).

Tabla 2.4 Disponibilidad de agua superficial en el territorio peruano

Vertiente	Superficie (1 000 km ²)	Población		Disponibilidad de agua		Índice m ³ /hab/año
		miles	(%)	Mm ³ anuales	(%)	
Pacífico	279,7	18 315 276	65	37 363	1,8	2 040
Atlántico	958,5	8 579 112	30	1 998 752	97,7	232 979
Lago Titicaca	47	1 326 376	5	10 172	0,5	7 669
TOTAL	1 285,2	28 220 764	100	2 046 287	100	72 510

Fuente: (ANA 2009, 18)

Pese a la poca disponibilidad de agua en la costa peruana, en estas últimas décadas (1960 - 2010) a causa de la irrigación se ha incrementado el cultivo de productos que hacen uso intensivo del agua; por ejemplo, el sembrío de arroz creció en un 105 % y espárrago en 15 692 % (Bury, Mark, y otros 2013, 370). Ambos cultivos requieren de aproximadamente 15 000 m³/ha/año para su producción, superior a otros como el maíz que utiliza 5 000 m³/ha/año. Sin duda, el cultivo de arroz en una zona árida donde solo se dispone del 1,8 % de agua del país es insostenible. A ello se suman otros impactos

negativos de la irrigación como la salinización. Se debe recordar que ya en la década de 1970 se estimó que el 34 % (255 030 ha) de la tierra agrícola costera estaba afectada por problemas de drenaje y salinidad (Alva, y otros 1976, 28).

2.6 Elementos tóxicos

Durante las dos últimas décadas, el término *metales pesados* ha sido utilizado para nombrar a un grupo de elementos metales y metaloides que están asociados con contaminación y potencial tóxico. Los metales pesados son expresados como elementos con densidad atómica mayor a 6 g/cm^3 o controversialmente definidos como elementos con propiedades metálicas y un número atómico mayor que 20. Sin embargo, no hay una definición que agrupe las características, componentes y propiedades tóxicas de los elementos que constituyen arbitrariamente los metales pesados; es decir, no tiene base química o toxicológica (Duffus 2002, 794). Por ello, es necesaria una clasificación de los metales y sus compuestos basada en sus propiedades químicas que permita anticipar la toxicidad. Asimismo, se debe determinar qué especies de iones o compuestos metálicos tienen la probabilidad de ser más tóxicos.

El entendimiento de la biodisponibilidad es la clave para la evaluación del potencial toxicológico de los elementos metálicos y sus compuestos. Al mismo tiempo, la biodisponibilidad depende de parámetros biológicos del ambiente y de propiedades fisicoquímicas de los elementos metálicos (Duffus 2002, 803-804). Debido a la indeterminación del término *metales pesados*, se utiliza en este documento la denominación de *elementos tóxicos* a elementos como Al, Pb, Cu, Zn, Hg, As y Cd.

Los problemas de contaminación del agua derivados del mal manejo de residuos de la actividad minera incluyen el drenaje de aguas ácidas de mina, la contaminación por elementos tóxicos y el incremento de sedimentos en los ríos (Coelho y Teixeira 2011, 793). Entre ellos, el de mayor impacto ambiental es el drenaje de aguas ácidas producido por la oxidación de sulfuros expuestos al aire y humedad, lo cual forma ácido sulfúrico. Los sulfuros son compuestos del azufre con otros elementos excepto oxígeno. Entre ellos se encuentran la pirita (FeS_2), la galena (PbS), la blenda (ZnS); también, compuestos de As, Sb, Bi, Se y Te, por ejemplo, la niquelita (NiAs), y, finalmente, compuestos mixtos como el mispiquel (FeAsS) o la tetraedrita ($\text{Cu}_3\text{SbS}_{3,25}$) (Hochleitner 1982: 9). El agua altamente ácida disuelve elementos tóxicos, y puede afectar la calidad de aguas subterráneas y aguas superficiales.

Asimismo, los sedimentos acumulados por estancamiento en los ríos constituyen un riesgo por el potencial de redisolución (Coelho y Teixeira 2011, 793). En consecuencia, por

medio de las aguas superficiales, estos contaminantes pueden llegar hasta tierras de cultivo donde las plantas absorben elementos del suelo con la capacidad de biotransformar, bioacumular y llevar los contaminantes a estratos superiores de la cadena alimenticia (Müller y Anke 1994, 151-153, Peralta-Videa, y otros 2009, 1665). Por esto, los elementos tóxicos son de gran preocupación para la salud ambiental, ya que ocasionan problemas como el cáncer. Entre los elementos altamente tóxicos, se encuentran As y Cd que son carcinógenos (Coelho y Teixeira 2011, 794, Diawara, y otros 2006, 297-298).

Las plantas absorben elementos esenciales del suelo, como Fe, Mn, Mo, Cu, Zn y Ni, o micronutrientes porque son requeridos en pocas cantidades. Pero también absorben elementos que no cumplen función biológica como Cd, Cr, Hg y Pb, tóxicos incluso en bajas concentraciones. Además, es importante señalar que los micronutrientes pueden ser tóxicos para las plantas cuando son absorbidas encima de ciertos valores umbrales (Peralta-Videa, y otros 2009, 1665).

El nivel de acumulación difiere entre las especies; así, la capacidad de absorción de algunas es mayor, mientras que otras solo acumulan en bajas concentraciones y hasta el tallo. Con respecto a la disponibilidad ambiental de los elementos tóxicos, se afirma que los alimentos son un camino para estos elementos (Järup y Akesson 2009, 201), particularmente en poblaciones con una dieta restringida a productos locales, como es el caso de los agricultores de subsistencia o autoconsumo (Peralta-Videa, y otros 2009, 1666-1669).

El arsénico ha sido clasificado por la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR) como la sustancia más peligrosa en una lista de veinte sustancias tóxicas; asimismo, ha sido considerado, en 1987, como un carcinógeno humano por la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) (Coelho y Teixeira 2011, 794). El arsénico es un elemento distribuido extensamente por la corteza terrestre, en forma de sulfuro de arsénico, o arseniatos y arseniuros metálicos (Organización Mundial de la Salud 2006, 250). La toxicidad del arsénico está relacionada con el cáncer a la vejiga, pulmones, piel y próstata. Los humanos pueden absorber el arsénico por diferentes medios que incluyen la inhalación, humos de cigarro, agua y comida. La exposición al arsénico en las zonas mineras se produce principalmente a través del consumo de agua y alimentos contaminados (sobre todo mariscos), en los que la concentración del arsénico puede ser el doble o triple comparado con alimentos terrestres. Por otro lado, el arroz es uno de los cultivos conocido por su alto potencial de acumular arsénico; también, el uso de pastos, paja y cáscaras como alimento para el

ganado puede ser una ruta para el arsénico, como se ha demostrado en la India y Bangladesh (Peralta-Videa, y otros 2009, 1666-1669).

El cadmio es un metal con altos efectos tóxicos. En 1993 la IARC determinó que es un elemento carcinógeno y ocupaba el séptimo lugar entre las sustancias más peligrosas en la clasificación de la ATSDR (Coelho y Teixeira 2011, 794). El cadmio se produce naturalmente en niveles extremadamente bajos; se libera principalmente al medio ambiente en aguas residuales, fertilizantes y por contaminación difusa, ya que es utilizado en la industria del acero y del plástico (Organización Mundial de la Salud 2006, 258). La dieta es la principal fuente de exposición a este metal. Se pueden encontrar altas concentraciones en moluscos y crustáceos; en vísceras como hígado y riñones, especialmente de animales viejos; en plantas como el arroz, trigo, vegetales de hoja verde, papas y tubérculos como zanahoria y apio, que concentran más cantidad de cadmio (Järup y Akesson 2009, 201). En el ser humano el cadmio se bioacumula en los riñones y el hígado. La exposición por inhalación aguda a altos niveles puede resultar en efectos adversos en los pulmones, tales como irritaciones bronquiales y pulmonares. La inhalación o la exposición oral al cadmio resulta en efectos severos en la piel, riñones, pulmones, huesos, sistema inmunológico, sangre y el sistema nervioso (Coelho y Teixeira 2011, 794).

2.7 Drenaje ácido de mina

El drenaje ácido de mina es considerado como uno de los principales contaminantes del agua en muchos países con actividades mineras históricas o en operación. La generación de ácidos de mina, su liberación, movilidad y atenuación implican procesos complejos gobernados por una combinación de factores físicos, químicos y biológicos; por ejemplo, la geología de la región de mineralización, microorganismos, temperatura y la disponibilidad de agua y oxígeno. Sin embargo, estos factores son altamente variables de una región a otra y, por esta razón, la predicción, prevención y tratamiento de aguas ácidas debe ser considerada cuidadosamente y con bastante especificidad. Las causas del drenaje ácido de minas no solo se limitan a la industria minera, también puede ocurrir cuando los sulfuros son expuestos por medio de cualquier actividad, por ejemplo, túneles, carreteras y otros tipos de excavaciones profundas.

El drenaje ácido de mina es un agua residual muy ácida y muy rica en sulfatos ferrosos y no ferrosos en altas concentraciones, así como sales. Si el drenaje ácido no es tratado, este puede contaminar aguas superficiales y subterráneas, cuyo efecto colateral es el daño a la salud de especies acuáticas, plantas, animales y humanos. Por ello, la

búsqueda de remediación para el drenaje ácido es extensa desde la década de 1970. A pesar de los esfuerzos de las empresas mineras, gobiernos y organizaciones no gubernamentales, no se ha desarrollado aún la combinación de escala, recursos y credibilidad para enfrentar el problema (Simate y Ndlovu 2014, 1786).

La principal causa del drenaje ácido de mina es la oxidación de minerales sulfurados como la pirita (FeS_2) (véase **Tabla 2.5**). Los sulfuros que producen mayor cantidad de drenaje ácido son la pirita y la marcasita. Paradójicamente, en las minas polimetálicas cuyo objetivo es obtener concentrados de Cu, Zn y Pb, la pirita es la ganga y se encuentra en mayor cantidad con respecto a los minerales valiosos (Tumialán 2013, 14, Wiersma y Rimstidt 1984, 85). Estos depósitos de minerales sulfurados son formados en ausencia de oxígeno; entonces, cuando son expuestos al oxígeno del agua o atmósfera, se desestabilizan. Aunque este proceso ocurre naturalmente, las actividades mineras lo aceleran porque incrementan la exposición de sulfuros al aire, agua y microorganismos. El drenaje de aguas ácidas se produce tanto en minas activas como abandonadas, en túneles subterráneos, pozos, tajos abiertos, material de desmonte y relaveras. Este drenaje es poco importante cuando la mina está activa porque el nivel freático es bajo debido al bombeo; sin embargo, es severo en minas abandonadas donde el sistema de bombeo deja de funcionar con el que se incrementa el nivel freático y con este la cantidad de agua ácida (Simate y Ndlovu 2014, 1786).

Tabla 2.5 Ejemplos de sulfuros metálicos

Metal sulfurado	Fórmula química
Pirita	FeS_2
Marcasita	FeS_2
Pirrotita	Fe_{1-x}S
Calcosita	Cu_2S
Covelita	CuS
Calcopirita	CuFeS_2
Bornita	Cu_5FeS_4
Molibdenita	MoS_2
Millerita	NiS
Galena	PbS
Esfalerita	ZnS
Arsenopirita	FeAsS

Fuente: (Simate y Ndlovu 2014, 1786)

El proceso de producción de drenaje ácido se puede explicar mediante las reacciones de la pirita (FeS_2), que es el mineral sulfurado más común y uno de los principales productores de aguas ácidas. La oxidación de la pirita puede seguir diferentes caminos (véase **Figura 2.5**), los cuales implican interacciones superficiales con oxígeno (O_2) disuelto, Fe^{3+} y otros minerales catalizadores como pirosulita (MnO_2).

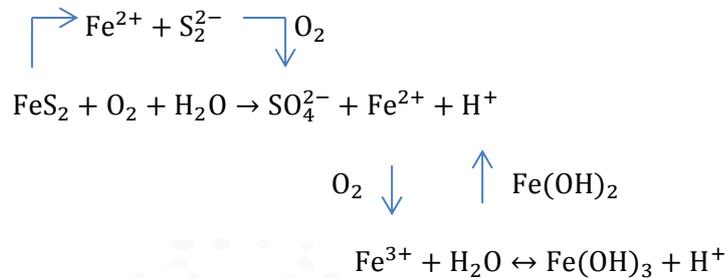
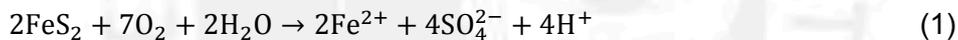


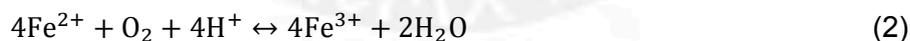
Figura 2.5 Modelo de oxidación de la pirita

Fuente: (Simate y Ndlovu 2014, 1787)

La primera reacción es la oxidación de la pirita o cualquier sulfuro a ion ferroso (Fe^{2+}) y sulfato (SO_4^{2-}); reacción (1). La velocidad de esta reacción depende de la concentración de la pirita, la fase sólida, la actividad microbiana, y la disponibilidad de oxígeno y agua.



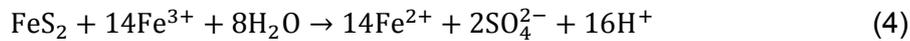
La presencia de sulfato en los drenajes de mina es normalmente el primer indicador de la oxidación de minerales sulfurados. En un ambiente suficientemente oxidante (dependiente de la concentración de O_2 , pH mayor a 3,5 y actividad bacteriana), el ion ferroso liberado en la reacción (1) puede oxidarse a ion férrico (Fe^{3+}) de acuerdo a la siguiente reacción:



Si el oxígeno es bajo, la reacción (2) no ocurrirá hasta que el pH sea 8,5. En general, bajo muchas condiciones la reacción (2) es el paso limitante en la oxidación de la pirita porque la conversión de ion ferroso a férrico es lenta en valores de pH menores a 5 en condiciones abióticas. En valores de pH entre 2,5 y 3,5, el ion férrico formado en la reacción (2) puede precipitar como Fe(OH)_3 (y a menor grado como jarosita, $\text{H}_3\text{OFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$), lo cual deja poco Fe^{3+} en solución mientras simultáneamente disminuye el pH.



Si el pH es menor que 2, los productos de la hidrólisis férrica como el $\text{Fe}(\text{OH})_3$ no son estables y Fe^{3+} de la reacción (2) permanece en solución. Sin embargo, cualquier remanente de Fe^{3+} de la reacción (2) que no precipite como $\text{Fe}(\text{OH})_3$ o jarosita de la solución a través de la ecuación (3) puede ser utilizado para la oxidación adicional de la pirita, de acuerdo a la siguiente reacción:



Como se puede observar en la reacción (4), la oxidación de la pirita por el ion férrico resulta en una disminución adicional de pH. Mientras el oxígeno es el oxidante primario, el ion férrico resultado de la oxidación del ion ferroso es ahora reconocido como el más potente oxidante que el oxígeno incluso en un medio de pH circumneutral (6,5 - 7,5). De hecho, con un pH menor que 3, la oxidación de la pirita por ion férrico es ca. 10 – 100 veces más rápido que por oxígeno. De esta manera, la oxidación de pirita es dominada por las reacciones de iones férricos.

Cuando el ion ferroso es producido por la reacción (4), y hay presente suficiente oxígeno disuelto, el ciclo de reacciones (2) y (3) es propagado hasta que el suministro de ion férrico o pirita es agotado. Sin embargo, aunque no haya presencia de oxígeno disuelto, la reacción (4) continuará hasta completar y el agua mostrará niveles elevados de ion ferroso.

En resumen, la formación del drenaje ácido de mina puede considerarse en tres pasos importantes:

- i. oxidación del sulfuro de hierro (reacción (1)), y la oxidación acentuada de minerales sulfurados por el ion férrico (reacción (4)),
- ii. oxidación del ion ferroso (reacción (2)), e
- iii. hidrólisis y precipitación del ion ferroso y otros minerales (reacción (3))

Debe ser notado que, en sistemas naturales ácidos, las reacciones (2) y (4) pueden ser significativamente aceleradas por la presencia de la bacteria acidófila *Thiobacillus ferroxidans*. Se creía que esta bacteria y otras especies estaban relacionadas solo con las reacciones de la pirita pero, en realidad, están esparcidas en el medio ambiente. *Thiobacillus ferroxidans* ha demostrado que puede incrementar la conversión del hierro con un factor de cientos hasta un millón de veces más rápido (Simate y Ndlovu 2014, 1787).

El principal mineral sulfurado en residuos mineros es la pirita; otros minerales sulfurados también son susceptibles a la oxidación y liberan elementos como Al, As, Cd, Co, Cu, Hg,

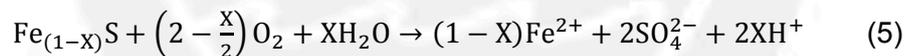
Ni, Pb y Zn al agua que fluye a través de los residuos de mina. Sin embargo, no todos los minerales sulfurados generan acidez cuando son oxidados. Como regla general, los sulfuros de hierro (pirita, marcasita, pirrotita), sulfuros con metal/sulfuros con razón molar <1 y las sulfosales (enargita) generan ácido cuando reaccionan con oxígeno y agua. Sulfuros con razón molar=1 (esfalerita, galena, calcopirita) tienden a no producir acidez cuando el oxígeno es el oxidante. Sin embargo, cuando el ion férrico acuoso es el oxidante, todos los sulfuros son capaces de generar acidez. Entonces, la cantidad de sulfuro de hierro presente en un depósito de minerales o residuos de mina juega un papel crucial en la determinación de las características del drenaje de mina. Debe ser también notado que la velocidad de oxidación varía entre los minerales sulfurados (Dold 2010, 180), la reactividad disminuye en el siguiente orden:

marcasita>pirrotita>esfalerita, galena>pirita, arsenopirita>calcopirita>magnetita

2.7.1 Reacciones de oxidación de algunos minerales sulfurados

- **Oxidación de la pirrotita ($Fe_{(1-x)}S$)**

La disolución de pirrotita puede proceder a través de reacciones oxidantes o no oxidantes. El oxígeno disuelto y el Fe^{3+} pueden ser importantes oxidantes de la pirrotita. Cuando el oxígeno es el oxidante primario, la reacción en general puede ser escrita de la siguiente manera:



La estequiometría de la pirita afecta la producción relativa del ácido. Por un lado, si $X = 0$, no se va a producir H^+ en la reacción de oxidación; por otro lado, la máxima cantidad de ácido será producido por el hierro en fase deficiente Fe_7S_8 . La disolución no oxidativa de la pirrotita ocurre en soluciones ácidas, cuando predomina S^{2-} las especies superficiales son expuestas y la reacción que ocurre es la siguiente:

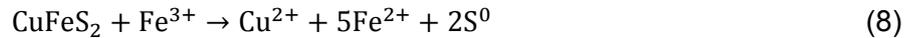


- **Oxidación de la calcopirita ($CuFeS_2$)**

La reacción completa de oxidación de la calcopirita sin producción de ácido puede ser escrita así:

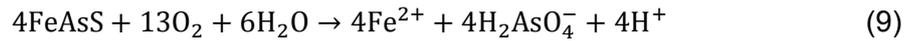


La oxidación de la calcopirita en presencia del ion férrico bajo condiciones ácidas puede ser expresada así:

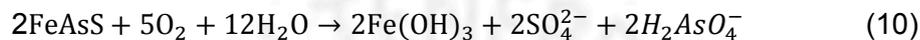


- **Oxidación de la arsenopirita (FeAsS)**

La arsenopirita puede ser oxidada por la siguiente reacción:



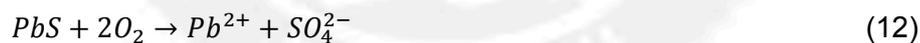
Combinada con la oxidación del hierro ferroso y la precipitación del ferrihidrita, en general la reacción de oxidación de la arsenopirita puede ser escrita así:



El hierro férrico es el oxidante y la velocidad de oxidación de arsenopirita es similar a la velocidad de oxidación de la pirita. Si el oxígeno es abundante, la velocidad de oxidación de la arsenopirita es menor que la velocidad de la pirita.

- **Oxidación de la esfalerita (ZnS) y galena (PbS)**

El resultado común de la oxidación vía húmeda de la esfalerita es Zn disuelto, y sulfato, mientras que la galena es la anglesita secundaria (PbSO_4) en equilibrio con un Pb^{2+} y solución de SO_4^{2-} de acuerdo con las siguientes ecuaciones:



2.7.2 Efectos del drenaje ácido de mina

Como se mencionó líneas arriba, la oxidación de los minerales sulfurados (como la pirita) promueve la creación de ácido sulfúrico que posteriormente favorece la liberación de toda una gama de metales y metaloides. Como resultado, el drenaje ácido de mina contiene altas concentraciones de ácido y metales disueltos. Cuando esta mezcla tóxica fluye en el agua subterránea, los riachuelos y ríos, desencadena muchos problemas ambientales: destruye ecosistemas, y, principalmente, contamina el agua en regiones donde el agua dulce es un recurso limitado.

2.7.2.1 Efectos del drenaje ácido de mina en la salud humana

En relación con los humanos y animales, el peligro de los metales y metaloides como contaminantes en el agua está expresado de dos maneras. Primero, los metales y metaloides tienen la capacidad de persistir en los ecosistemas por un largo periodo. Segundo, ellos pueden acumularse en niveles superiores de la red trófica, y causar así enfermedades graves y crónicas. En general, la toxicidad o envenenamiento por metales y metaloides resulta de la perturbación de las funciones metabólicas. Estas sustancias tóxicas se acumulan en órganos vitales y glándulas como el corazón, cerebro, riñones, huesos e hígado, perturban sus funciones, e inhiben la absorción, interfieren o desplazan los minerales nutricionales vitales de su lugar original; de este modo, entorpecen sus funciones fisiológicas (Akport y Muchie 2010, 1808). Se presenta en la **Tabla 2.6** un resumen de algunos metales y metaloides, y sus efectos en la salud humana junto con los límites permisibles.

Tabla 2.6 Sustancias tóxicas y sus efectos en la salud humana

Sustancia tóxica	Efecto agudo	Efecto crónico	Nivel permisible (mg/L)
Arsénico	Orina ensangrentada, malestar gastrointestinal, diarrea, dolores de cabeza, vómitos, convulsiones, coma y muerte	Dermatitis, ampollas, enfermedad del pie negro; mal funcionamiento y daño a los órganos; diabetes; cáncer y propiedades mutagénicas	0,02
Cadmio	Heridas hepáticas, pulmonares y testiculares	Osteoporosis, heridas renales y de los huesos; carcinoma (principalmente en la próstata y riñones); tóxico para otros órganos	0,06
Cromo	Vómitos y diarrea; hemorragia y pérdida de sangre en el tracto gastrointestinal	Necrosis al hígado y riñones; úlceras en la piel, "huevos de cromo", dermatitis; ulceración y perforación del tabique nasal; carcinomas nasales, faríngeas, y gastrointestinales	0,05
Plomo	Retardo mental en niños, retardo en el desarrollo, poca capacidad de atención; fatiga leve; dolores de cabeza, náuseas, vómitos	Comportamiento antisocial; alteración de la síntesis de hemoglobina; alteración de la función renal; sordera, ceguera, retardo; disminución de la capacidad intelectual, pérdida de la memoria, disminución del libido, fatiga	0,10
Efectos negativos			
Manganeso	La inhalación o contacto causa daño al sistema nervioso central		0,26
Mercurio	Daño al sistema nervioso, envenenamiento al citoplasma, aborto espontáneo, cambios fisiológicos menores, parálisis agitante (temblores), gingivitis, acrodinia caracterizada por la decoloración rosada de manos y pies		0,01
Cinc	Daño a la membrana nerviosa		15
Cobre	Anemia, daño al pulmón y riñón, irritación estomacal e intestinal		0,10

Fuente: (Monachese, Burton y Reid 2012, 6399, Simate y Ndlovu 2014, 1789)

Existe un indirecto aunque devastador efecto de la acidez alta en los drenajes ácidos de mina. El agua proveniente del drenaje ácido de mina es inicialmente clara, pero se torna color anaranjado vivo cuando se neutraliza debido a la precipitación de los óxidos de hierro e hidróxidos. Estos precipitados son muy finos, y pueden depositarse e incrustarse en los sustratos de los lechos de los ríos, riachuelos u océanos. Así, los organismos bentónicos que se alimentan de detritus en los lechos se ven afectados por estas sustancias, y pueden desaparecer o bioacumularlas. Estos organismos están en la base de la cadena trófica acuática, por lo que el impacto se manifiesta en los consumidores, específicamente, los peces. Entonces, aunque la acidez y los metales y metaloides son neutralizados, el drenaje ácido de mina sigue afectando a humanos y la vida silvestre a través de sus impactos indirectos.

2.7.2.2 Efectos del drenaje ácido de mina en la vida vegetal

Las altas concentraciones o algunas mezclas de metales y metaloides en los tejidos de las plantas pueden afectar su crecimiento de diferentes maneras. En general, las plantas experimentan estrés oxidativo en cuanto a la exposición a los metales y metaloides que dañan las células y perturban la homeostasis iónica celular, tanto en la fisiología como la morfología de las plantas. La **Tabla 2.7** es un resumen de los principales efectos de algunos elementos tóxicos en las plantas.

Tabla 2.7 Sustancias tóxicas y sus efectos en las plantas

Sustancia tóxica	Efectos
Cadmio	Disminuye la germinación de semillas, contenido de lípidos, y el crecimiento de la planta; induce la producción de fitoquelatinas
Plomo	Reduce la producción de clorofila y el crecimiento de la planta; incrementa el superóxido dismutasa
Níquel	Reduce la germinación de semillas, acumulación de masa seca, producción de proteínas, clorofila y enzimas; incrementa aminoácidos libres
Mercurio	Disminuye la actividad fotosintética, absorción de agua y enzimas antioxidantes; acumula fenol y prolina
Cinc	Reduce la toxicidad del níquel y la germinación de semillas; incrementa en crecimiento de la planta y el ratio de ATP/clorofila
Cromo	Disminuye la actividad enzimática y el crecimiento de la planta; produce daño a la membrana, clorosis y daño a la raíz
Cobre	Inhibe la fotosíntesis, el crecimiento de la planta y el proceso reproductivo; disminuye la superficie de área de la tilacoide

Fuente: (Akport y Muchie 2010)

Las plantas necesitan un balance apropiado de los macro y micronutrientes en el suelo; así, el pH del suelo ejerce una influencia importante en la disponibilidad de nutrientes y en el crecimiento de diferentes tipos de plantas. Por ejemplo, cuando el pH del suelo es bajo, el nitrógeno, fósforo y potasio están atrapados en el suelo y no están disponibles

para las plantas; también el calcio y magnesio, nutrientes esenciales para las plantas, pueden estar ausentes o deficientes en un suelo con pH bajo. En general, en pH bajo elementos tóxicos como Al, Fe y Mn son también liberados de las partículas del suelo e incrementan su toxicidad. Igualmente, la actividad de los organismos del suelo que descomponen la materia orgánica del suelo es reducida. El pH adecuado del suelo incrementa la actividad de los microorganismos, lo cual mejora la capacidad de cultivo del suelo, la aireación y drenaje. Esto permite un mejor uso de nutrientes, incrementa el desarrollo de la raíz y la tolerancia a las sequías (Simate y Ndlovu 2014, 1791).

2.7.2.3 Efectos del drenaje ácido de mina en la vida acuática

Los organismos acuáticos, como los peces, acumulan los metales y metaloides directamente del agua contaminada e indirectamente a través de la cadena alimenticia. Debido a que los metales y metaloides son altamente resistentes y tóxicos aunque estén en trazas (muy pequeñas cantidades), pueden inducir potencialmente el estrés oxidativo acuático. El cadmio, cobre, plomo y cinc son metales de particular preocupación por su severa toxicidad para la vida acuática. La exposición aguda (corto plazo, altas concentraciones) de estos metales puede matar organismos directamente, mientras que la exposición crónica (largo plazo, bajas concentraciones) puede producir mortalidad o efectos no letales, como retraso en el crecimiento, reducción en la reproducción, deformaciones o lesiones. La **Tabla 2.8** muestra la cantidad de metales recomendados para la vida acuática, comparada con los estándares federales de agua potable de Canadá.

Tabla 2.8 Niveles aceptables de metales y metaloides para agua potable y protección de la vida acuática

Sustancia tóxica	Estándar de agua potable (ppb)	Nivel permisibles (ppb)
Aluminio	100	5 si es pH<6,5; 100 si pH>6,5
Arsénico	25	5 (agua dulce); 12,5 (agua salada)
Cadmio	5	0,017 (agua dulce); 0,12 (agua salada)
Plomo	10	1-7 dependiendo de la dureza del agua
Níquel	20 (OMS)	25-150 dependiendo de la dureza del agua
Manganeso	500 (OMS)	Ninguno
Mercurio	1	0,1
Cinc	5 000 (basado en pruebas)	30 (agua dulce)
Cromo	50	Cr ⁶⁺ : 1 (agua dulce); 1,5 (agua salada); Cr ³⁺ : 8,9 (agua dulce), 56 (agua salada)
Cobre	1 000 (basado en pruebas)	2-4 dependiendo de la dureza del agua
Selenio	10	1

Fuente: (Salomon 2008, 15)

El pH en el agua es importante para la vida acuática porque este afecta las funciones fisiológicas normales de los organismos acuáticos, así como el intercambio de iones con el agua y la respiración. Estos procesos fisiológicos importantes normalmente operan en la mayoría de biotas acuáticas en un rango relativamente amplio de pH (6 – 9). El pH natural de la mayoría de lagos de agua dulce, riachuelos, y pantanos se ubica en el rango de 6 – 8. Cuando el pH excede el rango fisiológicamente tolerado por los organismos acuáticos, este puede resultar en numerosos subefectos letales (disminución de velocidad de crecimiento) e incluso mortalidad.



Capítulo 3 APROXIMACIONES METODOLÓGICAS

Las interacciones socioecológicas son complejas; por ello, el presente estudio fue abordado desde un enfoque multidisciplinario que permitió identificar diferentes aspectos de los recursos y de las relaciones que se establecen con el hombre. Asimismo, se trabajó desde una aproximación sistémica debido a que es una alternativa al individualismo y al holismo, ya que el individualismo solo considera el árbol, pero pierde el bosque; en cambio, el holismo considera el bosque, pero no los árboles. Así, el enfoque sistémico permite la visión de los árboles y sus componentes como el bosque y su entorno más amplio (Bunge 2004, 61). Desde esa perspectiva, se utilizaron métodos cuantitativos para identificar la mineralización de la parte alta de la microcuenca quebrada Párac y para conocer la calidad de agua de los ríos Aruri y Rímac. De igual manera, se emplearon métodos cualitativos para abordar los usos de los ecosistemas por las comunidades San José de Párac y San Antonio, y para identificar a los principales actores y sus discursos frente a los pasivos ambientales mineros.

3.1 Métodos cuantitativos

3.1.1 Microscopía óptica de polarización

La microscopía agrupa técnicas y métodos utilizados para hacer visibles las muestras que se encuentran fuera del rango de resolución del ojo humano; por ejemplo, microorganismos, células, estructura y constituyentes de los minerales, entre otros. La microscopía juega un papel importante en el progreso de la ciencia ya que gracias a ella se han podido efectuar descubrimientos importantes en el campo de la microbiología; por ejemplo, causas de enfermedades, agentes implicados en la degradación de la materia y en los cambios geoquímicos. Actualmente, existen técnicas sofisticadas en microscopía como las que son usadas en microscopios de fuerza atómica, de iones en campo, de efecto túnel, entre otros. Sin embargo, la microscopía convencional está basada en fenómenos físicos como la difracción, reflexión y refracción de algún tipo de radiación — como la radiación electromagnética manifestada en forma de luz — que incide en la muestra de estudio.

En la microscopía óptica, el rayo de luz incide en los minerales y los atraviesa, para lo cual es necesario láminas delgadas de la muestra. La mayoría de minerales estudiados mediante microscopía de polarización son transparentes y cuentan con dos índices de refracción. Es decir, cuando un rayo de luz atraviesa la muestra, se desdobra en dos rayos que vibran perpendicularmente entre sí pero a diferentes velocidades. El uso de luz

polarizada permite pasar solo una única dirección de vibración de luz. Como se menciona líneas arriba, para la observación de los minerales al microscopio se requieren muestras delgadas de 2,5 cm x 4 cm con un espesor estándar de 0,030 mm; con este espesor casi todos los minerales son transparentes. Por otro lado, para muestras muy pequeñas o que presentan descohesión, es necesario el uso de una mezcla con resina epóxica. Al secarse la resina se permite el pulido de la muestra, lo cual es un paso importante para el análisis por el microscopio polarizado (Pérez-Monserrat 2011, 25-26). Las propiedades ópticas para la identificación del mineral son los siguientes: índice de refracción, color, pleocroísmo, birrefringencia, color de interferencia, ángulo de extinción, signo de elongación, figura de interferencia, entre otros (Jiménez y Velilla 2004, 58).

La microscopía óptica es utilizada para la identificación de los minerales y la caracterización de las rocas. Sin duda alguna, se ha convertido en una técnica fundamental debido a la rapidez en la identificación de minerales y el aporte de información con poca cantidad de muestras; asimismo, ya que es una técnica mínimamente destructiva; y, finalmente, al bajo precio de los equipos, como es el caso del microscopio petrográfico de luz polarizada, en comparación con otros instrumentos como el microscopio electrónico (Jiménez y Velilla 2004, 57). De esta manera, el microscopio de polarización es considerado por muchos como la herramienta más importante y más utilizada en el análisis mineralógico y petrológico de todos los tiempos (Pérez-Barnuevo, Brea y Castroviejo 2010, 526). Sin embargo, esta técnica presenta algunas limitaciones, por lo cual es mejor validar los resultados obtenidos con la observación del material *in situ* o con la aplicación de otros métodos (Pérez-Monserrat 2011, 23).

3.1.2 Fluorescencia de rayos X

La espectroscopia de rayos X está basada en la medida de la emisión, absorción, difusión, fluorescencia y difracción de la radiación electromagnética, de la misma manera que la espectroscopia óptica. Los métodos de fluorescencia y absorción de rayos X son bastante utilizados para la determinación cualitativa y cuantitativa de todos los elementos de la tabla periódica con número atómico superior al del sodio (11). Sin embargo, con el apoyo de un equipo especial, pueden determinar elementos con número atómico comprendidos entre 5 y 10 (B, C, N, O, F, Ne). Los rayos X son un tipo de radiación electromagnética de longitud de onda corta, que se produce cuando los electrones de alta energía se desaceleran o por transiciones de electrones que están en orbitales internos de los átomos. La longitud de onda sensible a los rayos X está entre 10^{-5} Å a 100 Å, aunque, la espectroscopia de rayos X convencional está entre 0,1 Å a 25 Å ($1\text{Å} = 0,1\text{ nm} = 10^{-10}\text{ m}$) (Skoog, Holler y Crouch 2007, 303).

En la fluorescencia de rayos X, la excitación se consigue irradiando la muestra con un haz de rayos X procedente de un tubo de rayos X o de una fuente radiactiva. Con esta técnica, los elementos de la muestra se excitan como consecuencia de la absorción del haz primario y emiten sus propios rayos X fluorescentes característicos. Específicamente, se produce un ion excitado con una capa K vacante cuando el Pb absorbe radiación de longitudes de onda más corta que $0,14 \text{ \AA}$; posteriormente, el ion regresa a su estado basal por medio de una serie de transiciones electrónicas caracterizadas por la emisión de radiación X (fluorescencia) cuyas longitudes de onda son idénticas a las que resultaron de la excitación producida en el bombardeo de electrones. Sin embargo, las longitudes de onda de las líneas de fluorescencia son siempre mayores que las que corresponden a un borde de absorción, debido a que la absorción requiere que se expulse por completo al electrón (ionización), así como en la emisión hay transiciones de un electrón desde un nivel de energía superior dentro del ion. Por ejemplo, el borde de absorción de la capa K para Ag es $0,485 \text{ \AA}$, pero las líneas de emisión de esta capa K fluctúan entre $0,487$ y $0,559$ (Skoog, Holler y Crouch 2007, 309).

La fluorescencia de rayos X ofrece muchas ventajas comparativas con el resto de métodos. Primero, los espectros son sencillos y la interferencia de líneas espectrales es mínima. Segundo, al ser un método no destructivo, se puede analizar muestras sin que se dañen o pierdan. Tercero, las muestras pueden ser partículas pequeñas u objetos enormes. Cuarto, la velocidad y la comodidad del procedimiento permiten realizar análisis de varios elementos en pocos minutos; y, finalmente, la exactitud y precisión son iguales o superiores a otros métodos como la espectroscopia de plasma acoplado por inducción (Shugar y Sirois 2012, 318-319). Sin embargo, la fluorescencia de rayos X presenta ciertas desventajas. Primero, no es tan sensible como los otros métodos espectrométricos; es decir, no detecta en pequeñas cantidades (ppm^{10}): su intervalo de detección está entre $0,01$ - 100% . Segundo, las dificultades de detección se evidencian más cuando se analizan elementos con número atómico menor a 23 (vanadio). Finalmente, el costo de los instrumentos para el procedimiento de emisión de rayos X es muy elevado (Skoog, Holler y Crouch 2007, 325).

3.1.3 Espectroscopia de emisión con fuentes de plasma

Para la determinación de la composición de una muestra se utilizan diversos métodos químicos analíticos cuantitativos o cualitativos. Entre los métodos cuantitativos se encuentra la espectroscopia, la cual determina la cantidad o concentración de sustancias o elementos presentes en la muestra por medio de las interacciones de varios tipos de

¹⁰ Partes por millón

radiación con la materia. Existen diversos métodos espectrométricos que dependen de la cantidad medida de intensidad de energía absorbida o producida. Entonces, los tipos de espectrometría están definidos, en primer lugar, por la naturaleza de la excitación¹¹ atómica medida, los que pueden ser de tipo electromagnética, electrones, masa, acústica, dieléctrica y mecánica. En segundo lugar, por el tipo de proceso de medida, ya sea atómico o molecular; finalmente, se pueden distinguir diferentes tipos de espectroscopia según su naturaleza de interacción: absorción, emisión y dispersión. Los tres principales métodos espectrométricos utilizados son el óptico, de masas y de fluorescencia de rayos X.

En la espectroscopia de emisión óptica, los elementos que forman parte de la muestra se convierten en átomos gaseosos o iones elementales mediante el proceso de atomización. Los datos cuantitativos se obtienen en el vapor como resultado de la medición de la absorción de emisión o fluorescencia de especies atómicas (Skoog, Holler y Crouch 2007, 215). Existen diversos tipos de atomizadores (véase **Tabla 3.1**); entre ellos, la espectroscopia de emisión de plasma, arco y chispa presentan varias ventajas sobre las demás debido a su alta temperatura de atomización, lo cual disminuye la susceptibilidad a las interferencias químicas. Asimismo, con un solo grupo de condiciones de excitación se pueden obtener buenos espectros¹² para docenas de elementos. Esto propiedad la hace particularmente importante para el análisis de varios elementos en muestras muy pequeñas.

Tabla 3.1 Tipos de atomizadores usados en espectroscopia

Tipo de atomizador	Temperatura de atomización típica, °C
Llama	1 700-3 150
Evaporación electrotérmica	1 200-3 000
Plasma de argón acoplado en forma inductiva	4 000-6 000
Plasma de argón de corriente directa	4 000-6 000
Plasma de argón inducido por microondas	2 000-3 000
Plasma de descarga luminiscente	No térmico
Arco eléctrico	4 000-5 000
Chispa eléctrica	40 000 (?)

Fuente: (Skoog, Holler y Crouch 2007, 224)

¹¹ Un átomo recibe energía y los electrones pasan de una capa interna hacia una capa externa; luego, estos electrones vuelven a su órbita original emitiendo energía en este proceso. Esta emisión es característica de cada elemento y lo diferencia.

¹² El espectro electromagnético es el rango de todas las posibles radiaciones electromagnéticas: rayos gamma, rayos X, rayos ultravioleta, visible, infrarrojo, microondas y radiación de radio frecuencia.

La espectroscopia de emisión con fuentes de plasma puede determinar metales y no metales como Cr, I, Br y S; además, su alto nivel energético facilita la determinación de concentraciones bajas de elementos muy resistentes a la descomposición térmica como los refractarios, por ejemplo, óxidos de boro, fósforo, tungsteno, uranio, circonio y niobio. Las ventajas de la espectroscopia de emisión a partir de fuentes de plasma son posibles gracias al uso de equipos ópticos sofisticados y caros en comparación con otras fuentes.

En la espectroscopia de emisión con fuentes de plasma, el plasma es una mezcla gaseosa eléctricamente conductora en la cual existe una concentración igual de cationes y electrones de tal manera que la carga neta es cero. Por ejemplo, en el plasma de argón, usado ampliamente para el análisis de emisión, los iones y los electrones de argón son las especies conductoras principales. También están presentes los cationes provenientes de la muestra pero en cantidades pequeñas. Los iones de argón pueden absorber suficiente potencia de una fuente externa para conservar una temperatura muy alta (10 000 K) en la que la ionización posterior mantiene al plasma. Son tres los tipos principales de plasmas de alta temperatura: el plasma acoplado por inducción, por corriente continua y el inducido por microondas (Skoog, Holler y Crouch 2007, 255).

El espectrofotómetro de emisión óptica con fuente de plasma acoplado por inducción constituye el equipo ICP- OES. En este método la interacción de la muestra líquida con el sistema de nebulización forma un aerosol que es transportado por el argón a la antorcha del plasma en que los analitos, debido a la alta temperatura, son atomizados e ionizados para generar los espectros de emisión atómica de líneas características. Estos espectros son dispersados por la red de difracción y el detector sensible a la luz mide las intensidades de las líneas. Este método es usado por la EPA para determinar metales y algunos no metales en solución. Asimismo, es un método consolidado para agua, aguas residuales y residuos sólidos referenciado en el método 200.7 para Trazas de Elementos en Agua, Sólidos y Biosólidos (Environmental Protection Agency 2001, 1).

3.2 Métodos cualitativos

3.2.1 Enfoque ecosistémico

El enfoque ecosistémico es un concepto que se deriva de la ecología, de la teoría de sistemas, la cibernética, el holismo y la economía ecológica. Esta aproximación es el resultado de la predominancia del pensamiento sistémico de finales de la década de 1960 y de la difusión del concepto ecosistémico para comprender las relaciones hombre - naturaleza (Andrade 2007, 51-52). Asimismo, la creciente preocupación por el medio

ambiente debido a problemas de contaminación y degradación ambiental condujeron a la consolidación del manejo ecosistémico.

El enfoque ecosistémico es un referente conceptual y metodológico para el manejo adecuado de los ecosistemas, fundamentado en el entendimiento de la interdependencia entre los sistemas físicos, biológicos y sociales. La aplicación de este enfoque supone el uso de doce principios complementarios e interrelacionados (véase **Tabla 3.2**) basados en aspectos ecológicos, culturales, sociales y económicos. Los principales propósitos del enfoque ecosistémico son tres: la conservación, el uso sostenible, y la distribución justa y equitativa de los bienes y servicios de la biodiversidad (Andrare, Arguedas y Vides 2011, 5-6).

Un precedente para la aplicación del enfoque ecosistémico es la Agenda 21 elaborada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en 1992. La Sección II de este documento sugiere la conservación y gestión de recursos por medio de un enfoque integrador, que adopte una visión amplia de los componentes de la Tierra así como el pleno entendimiento de su finitud (ONU 1992). En la quinta reunión ordinaria de la Conferencia de las Partes del Convenio de Diversidad Biológica se presentó el enfoque ecosistémico en la Decisión V/6 como principal referente para el uso sostenible de los recursos (United Nations Environment Programme 2000).

El enfoque ecosistémico ha sido adoptado por diversos organismos internacionales. El Convenio de Humedales Ramsar¹³ planteó el Enfoque Ecosistémico para el manejo sostenible del recurso hídrico en la Octava Conferencia de las Partes, Documento 32 (The Ramsar Convention on Wetlands 2002). Asimismo, la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO) incluyó el Enfoque Ecosistémico en su gestión porque el ser humano depende ampliamente de los servicios ecosistémicos. Un ligero cambio en el funcionamiento de los ecosistemas puede afectar el suministro de alimentos y agua potable; asimismo, los cambios en la regulación del clima afectan directamente en la agricultura. La conservación y el uso sostenible de los ecosistemas garantizan la satisfacción de necesidades básicas del ser humano (FAO 2002).

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza¹⁴ (UICN) no solo utiliza el enfoque ecosistémico, sino que, además, ha implementado cinco pasos prácticos para aplicar los doce principios (International Union for Conservation of Nature 2004). El primer

¹³ La Convención Relativa a los Humedales de importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas es conocida como Convenio de Ramsar debido a que fue firmada en la ciudad de Ramsar, Irán, en 1971.

¹⁴ La IUCN fue fundada en 1948 y su principal misión es fomentar la conservación, integridad y diversidad de la naturaleza y su uso sostenible.

paso es la determinación de los actores principales y definición del área de acción y su gobernanza; el segundo se relaciona con la estructura del ecosistema, función y manejo; el tercero, con aspectos económicos; el cuarto se vincula con el manejo adaptativo en el espacio; y el último paso es el manejo adaptativo en el tiempo. Con la implementación de estos pasos, se logró que tanto investigadores como comuneros puedan enfocarse en un punto en particular para que mediante una secuencia lógica se puedan analizar y planificar.

Tabla 3.2 Los doce principios del enfoque ecosistémico

Principios del enfoque ecosistémico	
Principio 1	La elección de los objetivos de la gestión de los recursos de tierras, hídricos y vivos debe quedar en manos de la sociedad
Principio 2	La gestión debe estar descentralizada al nivel apropiado más bajo
Principio 3	Los administradores de ecosistemas deben tener en cuenta los efectos (reales o posibles) de sus actividades en los ecosistemas adyacentes y en otros ecosistemas
Principio 4	Dados los posibles beneficios derivados de su gestión, es necesario comprender y gestionar los ecosistemas en un contexto económico de manera que se pueda: <ol style="list-style-type: none"> Disminuir las distorsiones del mercado que repercuten negativamente en la diversidad biológica; Orientar los incentivos para promover la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica; Realizar valorizaciones económicas de los servicios ecosistémicos promoviendo la incorporación de los costos ambientales así como la distribución equitativa de los beneficios.
Principio 5	Para mantener los servicios de los ecosistemas, la conservación de su estructura y funcionamiento debe ser un objetivo prioritario del enfoque por ecosistemas.
Principio 6	Los ecosistemas se deben gestionar dentro de los límites de su funcionamiento.
Principio 7	Debe aplicarse a las escalas espaciales y temporales apropiadas.
Principio 8	Se deben establecer objetivos a largo plazo en la gestión dadas las diversas escalas temporales y los efectos retardados que caracterizan a los procesos de los ecosistemas.
Principio 9	En la gestión debe reconocerse que el cambio es inevitable.
Principio 10	Se debe procurar el equilibrio apropiado entre la conservación y la utilización de la diversidad biológica y su integración.
Principio 11	Deben tenerse en cuenta todas las formas de información pertinente, incluidos los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades científicas, indígenas y locales.
Principio 12	En el enfoque ecosistémico deben intervenir todos los sectores de la sociedad y las disciplinas científicas pertinentes.

Fuente: (Andrare, Arguedas y Vides 2011)

El enfoque ecosistémico puede ser utilizado para el manejo de zonas marino costeras, cuencas hidrográficas, áreas protegidas, conservación de especies, entre otros. La aplicación en diversos ámbitos administrativos hizo notar dos debilidades. La primera consiste en que ninguno de los principios abarca el análisis de las instituciones que están

a favor o en contra del manejo ecosistémico. Así, la identificación de las instituciones a favor, y el desarrollo de acuerdos para colaborar entre ellos y fortalecer sus vínculos para alcanzar mejores niveles de gestión deben ser parte del manejo ecosistémico. En segundo lugar, el impacto de los ecosistemas en el mercado y otras fuerzas económicas son subestimados por los doce principios. Posiblemente, no se han realizado estas consideraciones en su formulación debido a que fueron desarrollados para áreas protegidas, donde solo una institución la maneja y las fuerzas del mercado no intervienen (International Union for Conservation of Nature 2008).

3.2.2 Evaluación social multicriterio

El modelo de sostenibilidad más conocido es el que concibe a la sociedad, la economía y el medio ambiente (ecosistemas) como subsistemas que se intersecan. Sin embargo, el concepto de economía ecológica percibe a la sociedad y economía como subsistemas del medio ambiente, cuyos recursos son finitos. Por otro lado, la economía ecológica promueve el análisis multicriterio de las actividades humanas; es decir, no solo utiliza dimensiones socioeconómicas sino también culturales, ecológicas y tecnológicas para el análisis de las actividades antrópicas (Gamboa Jiménez 2007, 20). Sobre la base de la economía ecológica, cuyas bases son la sostenibilidad fuerte, Giuseppe Munda desarrolló la metodología de Evaluación Social Multicriterio (SMCE).

De acuerdo a Munda, el principal argumento para el desarrollo de la SCME es posibilitar un marco para considerar las opciones sociales en la toma de decisiones políticas difíciles (Munda 2004, 662), en que los hechos son inciertos, los valores¹⁵ están en disputa y los riesgos de la toma de decisiones son altos debido a que estas decisiones son urgentes (Funtowicz y Ravetz 1994, 1882). De este modo, la SCME se ha construido sobre la base de la teoría de sistemas complejos. Los sistemas complejos son aquellos cuyos aspectos relevantes no pueden ser comprendidos utilizando una sola perspectiva; asimismo, están caracterizados por la representación de múltiples identidades (semánticas) a múltiples escalas (Giampietro, Mayumi y Ramos-Martin 2009, 313).

Para enfrentar la problemática de la incertidumbre, conflicto de valores y complejidad — en casos en los que los científicos no pueden proveer algún aporte sin la interacción con el resto de la sociedad y la sociedad no pueda tomar una decisión sin interactuar con los científicos — la SCME se fundamenta en la ciencia posnormal. La ciencia posnormal, desarrollada por Funtowicz y Ravetz, plantea extender la participación en la toma de

¹⁵ La diferencia de valores está determinado por el tipo de interés de cada actor involucrado en la toma de decisiones, así lo que es relevante para un científico probablemente no se vea reflejado en los intereses de los diferentes actores sociales, quienes eligen su propia representación de la realidad (Munda 2004, 663).

decisiones más allá de los círculos tradicionales conformados por políticos y expertos (científicos) (Funtowicz y Ravetz 1994, 1881-1882). Mediante el diálogo del conocimiento científico y tradicional se puede obtener como resultado la mayor cantidad de perspectivas de un sistema complejo y, con ello, reducir la incertidumbre y los conflictos de valores.

Los sistemas sociales, económicos y ecológicos son multidimensionales; aceptar esta característica implica aceptar también que la evaluación de proyectos y programas públicos se realicen sobre la base de procedimientos que saquen a relucir los diferentes puntos de vista e intereses sobre estos sistemas. Bajo este contexto la evaluación multicriterio es la más apropiada para la toma de decisiones a nivel político. En este punto, es necesario aclarar que la aplicación de esta metodología evidencia que el resultado final de la toma de decisiones no optimiza todos los objetivos simultáneamente (Munda 2004, 664-665). Por ejemplo, el concepto de desarrollo sostenible transmite el ideal de armonización u optimización simultánea entre el crecimiento económico y la preservación del medio ambiente. Sin embargo, es evidente que, para obtener sostenibilidad ambiental y social, se debe realizar una gran inversión económica, con lo cual el objetivo de maximizar ganancias es sacrificado de alguna manera.

Es muy importante resaltar que el trabajo científico es clave debido a que no se debe restringir a aceptar sin crítica alguna los aportes sociales en el proceso participativo. Principalmente, ello se debe a que en los grupos focales los actores sociales con más poder ejercen mayor influencia sobre el resto; asimismo, ya que en algunos casos ciertos actores no puedan participar; es imprescindible que por ética científica no se les ignore (Munda 2004, 671). En síntesis, la SCME es inter/multidisciplinar con respecto al equipo de investigación; participativa, en relación con la comunidad local (actores sociales); y finalmente, transparente, debido a que todos los criterios deben ser presentados en su forma original sin ninguna transformación en costo, capacidad o cualquier otra forma de medición (Munda 2004, 671).

Para facilitar la comprensión de la aplicación de la SCME, se presenta la **Figura 3.1** que resume su desarrollo. En la aplicación de esta metodología a casos reales se ha observado que algunos pasos se superponen; por ello, es altamente recomendable realizar de manera reflexiva cada uno de las etapas. Finalmente, todo el proceso y la información generada deben ser comunicados de forma adecuada y cuidadosa a todos los actores sociales para el análisis y retroalimentación. En el caso que sea necesario, se debe redefinir o reestructurar el problema, y continuar de manera cíclica con el procedimiento hasta encontrar consenso (Gamboa Jiménez 2007, 22-24).

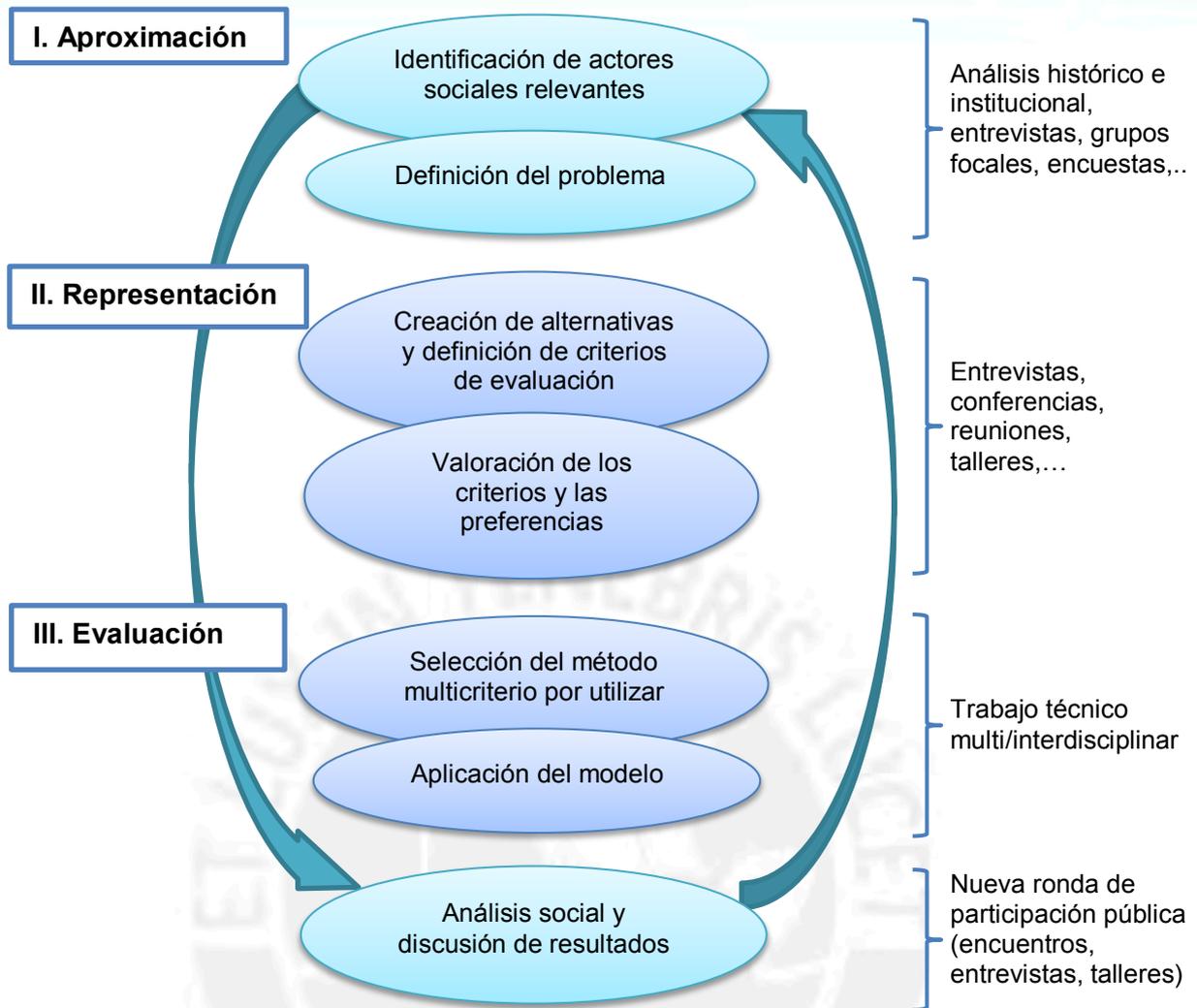


Figura 3.1 Esquema teórico de la evaluación social multicriterio

Fuente: (Gamboa Jiménez 2007, 22)

La SCME enfatiza la participación pública, sobre todo en cuestiones de manejo ambiental debido a las grandes ventajas que esta presenta. En primer lugar, fortalece la democracia, lo cual permite a los participantes poner en práctica su derecho a influir en las decisiones que finalmente les afecta. Además, contribuye a abordar mejor la complejidad socio-ambiental por medio de la incorporación de diferentes perspectivas a la definición del problema. Finalmente, promueve amplia aceptación pública de las decisiones adoptadas legítimamente y mejora el aprendizaje social requerido para confrontar problemas complejos actuales y los que puedan presentarse a futuro. Por otro lado, la participación pública es esencial para el manejo integrado de los recursos hídricos; así lo establecen diversas declaraciones internacionales, entre ellas, la más

conocida, la Declaración de Dublín¹⁶. El principio número dos establece que “el aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de usuarios, planificadores y responsables de las decisiones en todos los niveles” (Mostert 2006, 153).



¹⁶ La Declaración de Dublín es el resultado de la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente desarrollada en Dublín, Irlanda, 1992. Esta declaración exhorta el compromiso de todas las instituciones gobernantes y no gobernantes a adoptar los cuatro principios de Dublín: (1) El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente. (2) El aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de usuarios, planificadores y responsables de las decisiones en todos los niveles. (3) La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua. (4) El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico (Solanes y Gonzalez-Villareal 1999, 6).

Capítulo 4 METODOLOGÍA

4.1 Análisis de los relaves Pacococha y Millotingo

4.1.1 Muestreo de relaves

Antes del muestreo se realizó la búsqueda de información sobre los relaves en la etapa de gabinete; asimismo, previamente, se llevó a cabo una visita de campo para observar la accesibilidad de estos pasivos. En la visita se encontró que existen dos restricciones para acceder a los relaves. La primera es una reja ubicada en la parte media de la quebrada Párac, cuyo cuidado está a cargo de la comunidad de San José de Párac. Para llegar al campamento Millotingo, es necesario cruzar la comunidad; los miembros no permiten el acceso a extraños porque reciben un sueldo de las empresas mineras y también cuidan así de sus ganados. La segunda restricción que se encontró fue otra reja al ingreso del antiguo campamento minero Millotingo, que estaba vigilado por personal de seguridad. No obstante, se ingresó al lugar (véase *Figura 4.1* y *Figura 4.2*) gracias al apoyo del señor Palermo Ricalde, quien nació en el campamento minero cuando estaba en operación y quien, actualmente, reside en el distrito de San Mateo de Huanchor. De esta manera, es de vital importancia remarcar que los factores limitantes para realizar muestreos en la quebrada Párac son la constante vigilancia de los pobladores de San José de Párac y del personal de Proemina S.A.C, quienes, al parecer, no están de acuerdo con que se realicen análisis de calidad del recurso hídrico.



Figura 4.1 Antigua campamento Millotingo



Figura 4.2 Relaves Millotingo y cauce Aruri

En la fase de gabinete se determinó que el tipo de muestro de suelo adecuado para los relaves es el aleatorio simple ya que se disponía de poca información sobre su composición. Con respecto a este tipo de muestreo, los puntos por muestrear se localizaron en un plano cartesiano imaginario en el que cada uno tenía la misma probabilidad de ser seleccionado (Ministerio del Ambiente 2014, 31). Asimismo, en las

etapas previas al muestreo se observó que el área potencial de cada relave es menor a 0,5 ha; entonces, de acuerdo con el protocolo, era necesario tomar seis submuestras. Con relación a la profundidad de las muestras, al ser el uso del suelo de tipo extractivo, se consideró 5 cm (véase **Tabla 4.1**).

Tabla 4.1 Profundidad del muestreo según el uso del suelo

Usos del suelo	Profundidad del muestreo (capas)
Suelo agrícola	0 – 30 cm (1) 30 – 60 cm
Suelo residencial/parques	0 – 10 cm (2) 10 – 30 cm (3)
Suelo comercial/industrial/extractivo	0 – 10 cm (2)
(1) Profundidad de aradura (2) Capa de contacto oral o dermal de contaminantes (3) Profundidad máxima alcanzable por niños	

Fuente: (Ministerio del Ambiente 2014, 16)

En la etapa de muestreo, se georreferenciaron los relaves (véase **Tabla 4.2**); el área de estudio se presenta en la **Figura 4.5**. El parámetro analizado fue metales y metaloides, en consecuencia, se usaron bolsas de polietileno para su almacenamiento; asimismo, la pala para recoger la muestra también fue del mismo material. Para metales y metaloides no existen restricciones en temperatura, tampoco en tiempo máximo de conservación.

Tabla 4.2 Ubicación de los puntos de muestreo de relaves según el sistema de coordenadas UTM y datum geodésico WGS84

Muestra	Fecha:	Altitud msnm	Ubicación			Lugar de muestreo
	09/08/2013		Este	Norte	Zona	
Relave 01	Hora 10:15	4322	365469	8689501	18	Relaves de la empresa Pacococha (véase Figura 4.3)
Relave 02	10:30	4280	365746	8690481	18	Relaves de la empresa Millotingo (véase Figura 4.4)

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.3 Relave Pacococha



Figura 4.4 Relave Millotingo

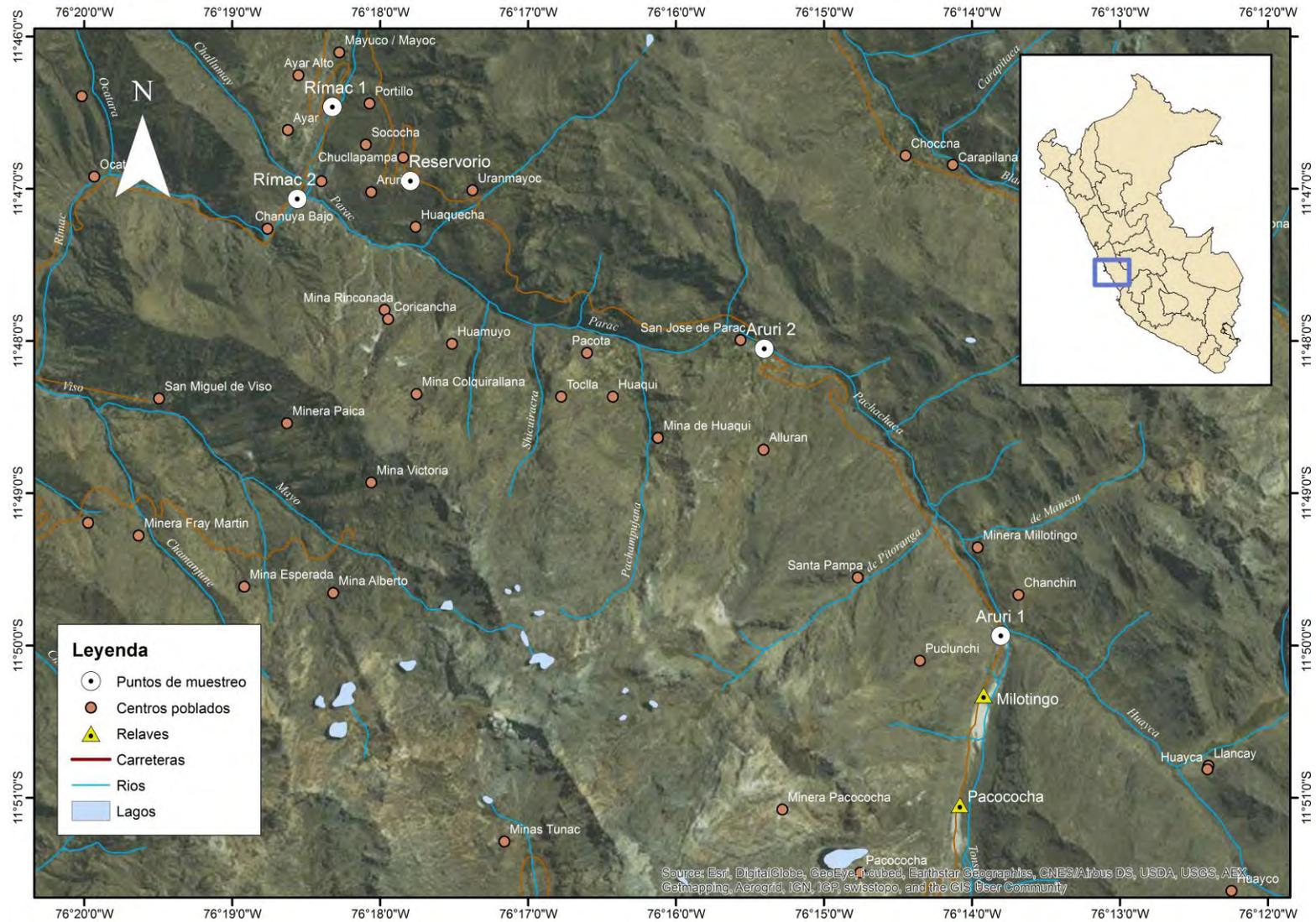


Figura 4.5 Área de muestreo

Fuente: Google Earth, 2014

4.1.2 Microscopía de polarización

El análisis por medio del microscopio petrográfico requirió del análisis químico de la muestra (para validar los resultados) y la preparación de briquetas para realizar la lectura con el microscopio. Las muestras de relave 1 y relave 2 se analizaron por separado; sin embargo, se estudió cada una de ellas con el mismo procedimiento. En primer lugar, se homogeneizó la muestra para obtener dos submuestras. Así, la primera submuestra fue enviada al Laboratorio de Análisis Químico, donde se analizó por espectroscopia de absorción atómica (vía húmeda y destructiva) la composición de la submuestra. En segundo lugar, se obtuvo un aproximado de 10 g de la otra submuestra para mezclarla con resina epóxica con la finalidad de unificar la muestra (briqueta). Al secar la resina se procedió al pulido de la briqueta hasta obtener una superficie lisa, requisito indispensable para la lectura mediante el microscopio. Finalmente, se observaron las diferentes formaciones mineralógicas de las briquetas (véase *Figura 4.6*) por el microscopio petrográfico con luz polarizada. Ambos análisis se llevaron a cabo en los laboratorios de la Universidad Nacional de Ingeniería bajo la supervisión de la ingeniera geóloga Laura Plasencia Ezaine.



Briqueta Relave Pacococha

Briqueta Relave Millotingo

Figura 4.6 Briquetas para análisis por microscopía

4.1.3 Fluorescencia de rayos X

Para el análisis de los relaves por este método, se tomó una parte de la muestra de ambos relaves y se analizaron con el equipo de fluorescencia de rayos X Bruker AXS Handheld de la Sección Química, PUCP. Este método es no destructivo y utiliza una pequeña porción de muestra para detectar los rayos X secundarios de un elemento (ej. As) emitidos por la excitación de un haz de rayos X del tubo de rodio. Para la lectura de As, se colocó una cantidad de alícuota menor a 1 g en un portamuestras sellado con un

film transparente de Mylar. El detector del Bruker AXS tiene una resolución de 40 keV y el análisis se llevó a cabo a 26 mA con un tiempo de respuesta de 60 segundos.

4.2 Análisis de calidad de agua de los ríos Aruri y Rímac

4.2.1 Muestreo de agua

Antes del muestreo se efectuó la etapa de gabinete para la recopilación de información relacionada con la problemática de los pasivos ambientales mineros y su impacto en el recurso hídrico en la cuenca del Rímac. Asimismo, previamente se realizó una visita de campo para ver el acceso a los pasivos mineros, ubicados en la parte alta de la quebrada Párac, en el que principalmente se hallaron dos restricciones, explicadas en el muestreo de relaves.

A fin de verificar la calidad de agua del río Aruri, se realizó un muestreo considerando cuatro aspectos fundamentales: en primer lugar, la cercanía de los relaves de Millotingo al cauce del río Aruri en la parte alta de la microcuenca quebrada Párac; en segundo lugar, el desvío de agua con fines de riego en la cuenca media de la microcuenca Párac; en tercer lugar, el uso del reservorio para riego de la comunidad de San Antonio ubicado en el cerro Tamboraque; y, finalmente, el aporte de contaminantes del río Aruri al río Rímac (véase **Figura 4.5**).

Las comunidades de San Antonio y San José de Párac siembran tanto en la época de lluvia como en la de estiaje. Esta se presenta entre los meses de mayo y setiembre de acuerdo al ciclo hidrológico de la quebrada Párac (véase **Figura 4.7**). Ambas comunidades utilizan el agua del río Aruri para riego durante el estiaje. De esta manera, se decidió realizar el muestreo en esta época debido a que existe más probabilidad de encontrar en los cuerpos de agua concentraciones de elementos tóxicos sobre los LMP y porque los comuneros la utilizan para riego. En consecuencia, el muestreo se efectuó el 9 de agosto de 2013.

Los cinco puntos de muestreo fueron georreferenciados con un GPS (véase **Tabla 4.3**). Las muestras fueron recolectadas de acuerdo con las normas establecidas por el Protocolo Nacional de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, aprobado mediante la R.J. N° 182-2011-ANA. Para asegurar el control de calidad del muestreo se consideró lo siguiente:

- El volumen de agua requerido fue de un litro el análisis de metales y metaloides por el método de ICP – OES, en el Instituto de Corrosión y Protección de la PUCP.

- La recolección de las muestras de agua en los ríos Aruri y Rímac se realizó con botellas de polietileno de 1 L; se tomó la muestra directamente de los ríos y en contracorriente. Asimismo, en cada punto de muestreo se midió pH *in situ*.
- El proceso de etiquetado y preservación de muestras se cumplió de acuerdo con los procedimientos y recomendaciones del laboratorio. Para el caso de metales totales, se disminuyó el pH con ácido nítrico hasta 3; para la medición de metales disueltos, se preservó la muestra a -4°C en una caja térmica con gel refrigerante.

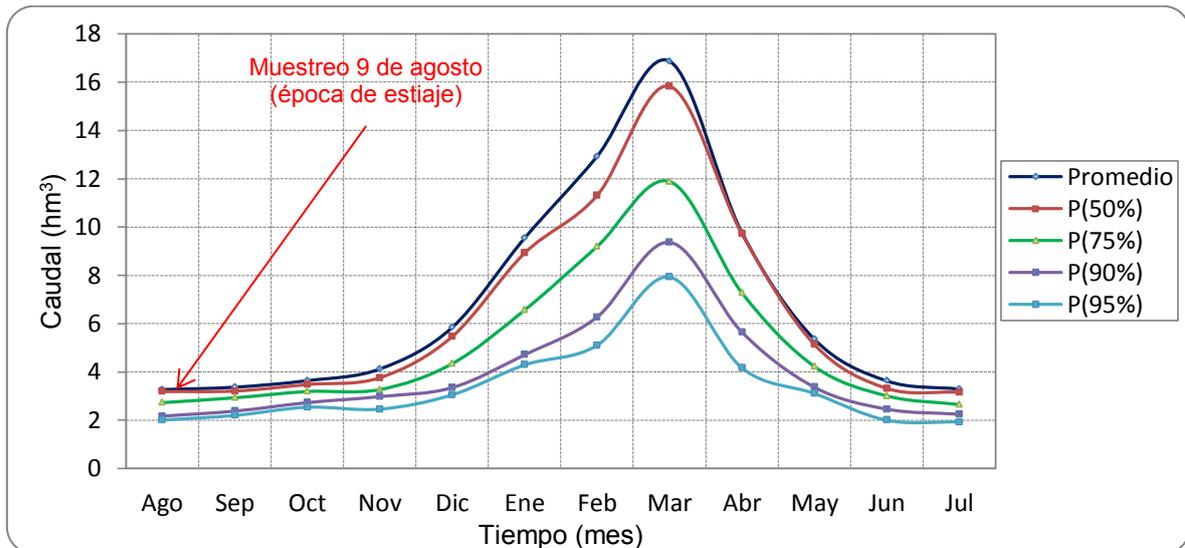


Figura 4.7 Ciclo hidrológico en la subcuenca Quebrada Párac

Fuente: (Autoridad Nacional del Agua 2010, 168)

Tabla 4.3 Ubicación de los puntos de muestreo de la calidad de agua según el sistema de coordenadas UTM y datum geodésico WGS84

Muestra	Fecha:	pH inicial	Altitud, msnm	Ubicación			Lugar de muestreo
	09/08/2013			Este	Norte	Zona	
Aruri 1	10:50	5.5	4213	366004	8691699	18	Cuenca alta del río Aruri - cerca a los pasivos mineros (véase Figura 4.8)
Aruri 2	11:40	6	3826	363083	8695163	18	Cerca al desvío del agua para irrigación (véase Figura 4.10)
Reservorio	12:30	6	3523	358732	8697174	18	Reservorio de agua para riego de la comunidad San Antonio (véase Figura 4.9)
Rímac 1	13:30	7	2997	357769	8698066	18	Río Rímac antes de la afluencia del río Aruri (véase Figura 4.11)
Rímac 2	13:55	6	2919	357343	8696950	18	Río Rímac después de la afluencia del río Aruri (véase Figura 4.12)

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.8 Muestra Aruri 1



Figura 4.10 Muestra Aruri 2



Figura 4.9 Muestra reservorio



Figura 4.11 Muestra Rímac 1

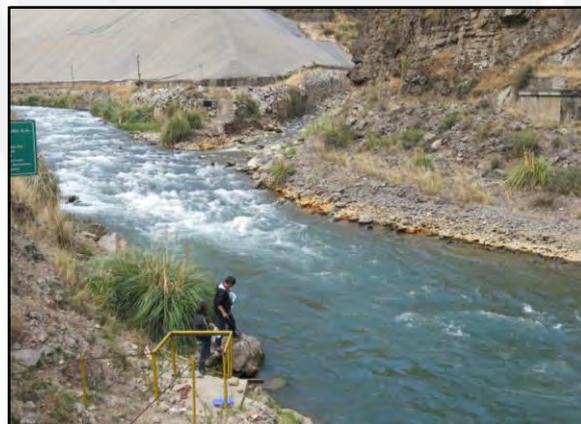


Figura 4.12 Muestra Rímac 2

4.2 2 Espectroscopia de emisión con fuentes de plasma

Después de ser recolectadas, las muestras se llevaron al Laboratorio de Ensayo del Instituto de Corrosión y Protección de la PUCP para que puedan ser analizadas por medio del espectrofotómetro de emisión óptica con fuente de plasma acoplado por inducción (equipo ICP-OES). Las muestras destinadas al análisis de metales disueltos fueron preservadas con bajas temperaturas en la etapa de muestreo ($-4\text{ }^{\circ}\text{C}$), ya en el

laboratorio fueron filtradas para separar los sólidos. Posteriormente, todas las muestras se digestaron, lo cual es un procedimiento de preparación para el análisis elemental en química analítica. Primero se calentaron las muestras para que se degrade, los reactivos utilizados fueron ácido nítrico, ácido clorhídrico y agua oxigenada. Como resultado de la digestión se obtuvo una disolución acuosa ácida del analito, preparada para la lectura de los elementos por medio del espectrofotómetro. Una de las ventajas comparativas de esta metodología es que de un solo barrido puede leer varios elementos, en este caso la lectura de más de veinte elementos.

4.3 Aplicación del Enfoque Ecosistémico

Para determinar los aspectos socioeconómicos de las comunidades de San Antonio y San José de Párac, se seleccionaron preguntas (indicadores) elaboradas por Andrade, Arguedas y Vides, el 2011, utilizadas para valorar la aplicación del enfoque ecosistémico (2011, 21-31). Estos indicadores están basados en los cinco pasos propuestos por la UICN (2008, 5), que agrupan los doce principios ecosistémicos (véase **Tabla 3.2**). En la **Tabla 4.4** se presentan los cinco pasos y las preguntas utilizadas para el estudio de las comunidades de San Mateo y San José de Párac. Es preciso señalar que las preguntas han sido modificadas a un lenguaje sencillo que sea familiar con la población en estudio.

Se realizaron en total seis entrevistas (véase **Anexo 02: Entrevistas**), tres a cada comunidad en diferentes fechas ya que normalmente los miembros de las comunidades se encuentran ocupados realizando sus diferentes actividades. Además, fue más sencillo desarrollar las entrevistas a los miembros de la comunidad de San Antonio porque están asentados en el distrito de San Mateo. En el caso de los miembros de la comunidad de San José de Párac, los pobladores viven entre San José de Párac y San Antonio, por lo cual se llevaron a cabo las entrevistas en ambos lugares.

El primer entrevistado de la comunidad de San Antonio fue el señor Ruperto Cáceda quien, en su libro *La lucha del pueblo de San Mateo de Huanchor en defensa de la ecología y el medio ambiente en el Perú*¹⁷, relata cómo en 1934 las comunidades campesinas se opusieron a las labores de la Fundación Tamboraque, principalmente por problemas de contaminación. La segunda entrevista fue a la señora Lilia Caravantes Cabrera, nieta de Don Jerónimo Caravantes, presidente de la comunidad en 1934, quien posee una librería en San Mateo. El tercer entrevistado fue Don Carlos Caravantes, ingeniero agrónomo, cuya visión del manejo de las tierras es más sostenible.

¹⁷ Cáceda Vidal, Ruperto. (2000). *La lucha del pueblo de San Mateo de Huanchor en defensa de la ecología y el medio ambiente en el Perú*. Lima: ERBA.

Tabla 4.4 Los cinco pasos de la UICN y los indicadores utilizados para las entrevistas

Paso A: Determinación de los actores principales y definición del área de acción y su gobernanza	
Actores principales (Principios 1 y 12)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué instituciones (públicas o privadas), asociaciones, comunidades, ministerios, etc., están vinculados a la comunidad y de qué manera les apoyan en la agricultura y ganadería? 2. ¿Se toma en cuenta el conocimiento ancestral para el manejo de sus tierras? ¿Cómo dividen sus tierras para tener diferentes sembríos?
Área de acción (Principios 7,11 y 12)	
Paso B: Estructura del ecosistema, función y manejo	
Función y estructura del ecosistema (Principios 5, 6 y 10)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Han determinado algún límite de capacidad de cultivo, en función del tiempo (temporadas) y la cantidad de agua, para irrigar las tierras? 2. ¿Han realizado planes de recuperación de tierras poco fértiles? ¿Estos han sido efectivos? 3. ¿Quiénes están encargados del manejo de la actividad agrícola y ganadera, cómo es la organización y cuáles son sus funciones? 4. ¿Qué tan importante es el sistema de riego para el cultivo? ¿Si no hubiera irrigación, en cuánto disminuiría su producción?
Manejo del ecosistema (Principio 2)	
Paso C: Aspectos económicos	
(Principio 4)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Los beneficios de las tierras de cultivo de la comunidad contribuyen a la disminución de pobreza de sus miembros? ¿Cómo se reparten los beneficios? 2. ¿Cómo cubren los costos de mantenimiento del sistema de irrigación? ¿De dónde provienen estos fondos?
Paso D: Manejo adaptativo en el espacio	
(Principios 3 y 7)	<ol style="list-style-type: none"> 1. La comunidad de San Antonio/San José de Parácar colinda con actividades mineras, ¿qué tan beneficiosa es esta actividad y cuáles son los riesgos de la minería? 2. ¿Sienten el apoyo del gobierno? ¿Consideran que los planes del gobierno están de acuerdo a sus actividades agropecuarias?
Paso E: Manejo adaptativo en el tiempo	
(Principios 7, 8 y 9)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Desde cuándo usan las tierras de la comunidad para la agricultura y ganadería? ¿Desde cuándo riegan y cuánto tiempo cree que las tierras seguirán siendo usadas para estas actividades? 2. ¿Cuáles son las principales amenazas al desarrollo de sus actividades agropecuarias? ¿Tienen algún plan para evitar que estas amenazas disminuya su producción? 3. ¿Usted ha notado cambios en el medio ambiente y sus tierras?

Fuente: Elaboración propia

Sobre las entrevistas a los miembros de la comunidad de San José de Parácar, el primero fue el señor Ivan Astoyauri, presidente de la comunidad en el periodo 2013-2014, quien fue también vicepresidente nacional de las comunidades campesinas del Perú, y vive y trabaja como comerciante en el distrito de San Mateo. El segundo entrevistado decidió no dar sus datos; fue el tercer vocal de la comunidad, quien vende carne en el mercado de

San Mateo y solo en ocasiones se dedica a la actividad agropecuaria. El tercer entrevistado fue el señor Walter Godoy, quien cuidaba la reja que permite el ingreso a la comunidad, así como también el acceso a los relaves de Millotingo; él se dedica a la actividad agropecuaria y eventualmente trabaja en el sector minero.

De acuerdo con el presidente de la comunidad de San José de Párac, solo viven 72 pobladores en el pueblo; sin embargo, el Registro de Centros Poblados de la municipalidad distrital, elaborado por el INEI, señala que son 100 personas las que viven en Párac (2013, 1). No hay datos del INEI sobre la comunidad de San Antonio debido a que ellos viven en el distrito de San Mateo; asimismo, algunos miembros de la comunidad de San José de Párac alquilan o tienen su casa en San Mateo debido a que sus actividades económicas se concentran en el distrito. Por otro lado, no se dispone de transporte público para llegar a San José de Párac, que se encuentra ca. una hora de San Mateo por carretera. En relación con la educación en Párac, solo se cuenta con un docente unipersonal para los niños entre 3 y 10 años; los demás estudiantes deben caminar hasta San Mateo. Adicionalmente, el presidente de San José de Párac señaló que el 85 % de la población sabe leer y escribir, el resto es analfabeto. Se detalla esta información para resaltar las ventajas en educación de los miembros de la comunidad de San Antonio, lo cual queda demostrado con la fluidez y el nivel de conocimiento con la que responden en las entrevistas (véase *Anexo 02: Entrevistas*).

4.4 Evaluación Social Multicriterio de los principales actores

La metodología de SCME ha sido diseñada, principalmente, para el proceso de toma de decisiones participativo, por lo cual es extensa y está definida principalmente por tres etapas: aproximación, representación y evaluación (véase *Figura 3.1*). En consecuencia, solo se ha utilizado la etapa de aproximación, en la que se identifican los actores sociales relevantes así como el análisis histórico e institucional. Para el desarrollo de la SCME de los pasivos mineros de Millotingo, se utilizaron diferentes fuentes de información tanto primarias como secundarias, entre ellas entrevistas, informes nacionales, leyes y libros.

Para identificar a los actores locales, se realizaron visitas de campo y, mediante el enfoque ecosistémico, se obtuvo información sobre diferentes aspectos: en primer lugar, sobre la significancia de los pasivos de Millotingo para las comunidades de San José de Párac y San Antonio; en segundo lugar, sobre otros actores relevantes como las empresas Proemina y Nyrstar, y la municipalidad de San Mateo. Para la identificación de actores regionales y nacionales, fue indispensable revisar la normativa peruana en cuanto a pasivos ambientales mineros, principalmente porque se necesitaba comprender las

diferentes dinámicas que se crean entre las empresas mineras y el Estado en materia de licencias, concesiones e instrumentos de gestión ambiental. Así se presenta una revisión de De la Puente Brunke sobre la normativa con relación a los pasivos ambientales mineros.

4.4.1. Instrumentos para la recuperación de los pasivos ambientales mineros

Como resultado de una gran preocupación de los efectos negativos de las minas abandonadas o pasivos ambientales mineros el 2004 se aprobó la Ley que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera. El objetivo de la ley es regular la identificación de los pasivos ambientales de la actividad minera, la responsabilidad y el financiamiento para la remediación de las áreas afectadas por ellos. Asimismo, el 2005 la Ley General del Ambiente estableció que los planes de descontaminación y de tratamiento de pasivos ambientales mineros deben estar dirigidos a remediar los impactos ambientales originados por uno o varios proyectos de inversión o actividades, pasadas o presentes, y que deben ser promovidos por la entidades con competencias ambientales. Evidentemente, el MINAM es quien debe establecer los criterios para la elaboración de dichos planes en conjunto con los demás sectores involucrados (De la Puente Brunke 2010, 60-63).

4.4.2 Determinación de la responsabilidad legal

El inventario de pasivos ambientales mineros, desarrollado por el MINEM, es un paso muy importante para la determinación de la responsabilidad sobre estos pasivos; actualmente están registrados 8 571, y tienen un porcentaje de avance de 85 %. La responsabilidad le corresponde al causante de este pasivo. Por ello, en caso de que el titular de una concesión vigente la perdiera por alguna causa establecida por la Ley General de Minería, este titular seguirá manteniendo la responsabilidad por los pasivos ambientales que hubiera generado. Las transferencias o cesiones de derechos que se hubieran efectuado o se efectúen respecto de las áreas que contienen pasivos ambientales no afectan la responsabilidad sobre los mismos. El Estado solo asume la tarea de remediación por aquellos pasivos cuyos responsables no han podido ser identificados.

De acuerdo al marco legal vigente, las empresas e instituciones del sector privado pueden participar en la remediación de las áreas con pasivos ambientales que no sean de su responsabilidad, sin que ello implique que asuman responsabilidad legal de carácter administrativo judicial por las infracciones, delitos o reparaciones que se hubieren configurado en torno a dichos pasivos. Esto no significa que, una vez aprobado

el plan de cierre correspondiente, no se encuentre obligada a su debida ejecución, en los términos y plazos aprobados. Lo mismo se aplica en los casos de un titular minero en cuyas concesiones se ubican pasivos ambientales, luego de que el MINEM determine que no es legalmente responsable del mismo. Esto no impedirá que, si posteriormente se logra identificar al responsable, este titular pueda iniciar acciones legales para repetir y recuperar lo invertido en la remediación (De la Puente Brunke 2010, 261).

4.4.3 Reaprovechamiento de los pasivos

En el 2009 el Reglamento de la Ley de Pasivos Ambientales Mineros fue modificado para establecer el reaprovechamiento por medio de un sistema de grupos. El *primer grupo* estaba conformado por el generador o cualquier otra persona o entidad que considere tener derecho sobre un pasivo. Estas personas contaron con exclusividad para solicitar el reaprovechamiento dentro de los treinta días a partir de la vigencia de la norma; es decir, hasta el 16 de febrero de 2009. El *segundo grupo* estuvo conformado por el titular de la concesión minera, el cesionario u otra persona o entidad con derecho de explotar la concesión minera en cuya área se encuentre el pasivo. Esta exclusividad se otorgó por el plazo de sesenta días contados a partir del vencimiento del plazo del primer grupo, es decir, entre 17 de febrero y el 17 de abril de 2009. Finalmente, un tercer grupo incluyó a cualquier interesado, incluso al generador o titular minero, quienes pudieron solicitar el reaprovechamiento del pasivo una vez transcurrido el plazo para el segundo bloque, es decir, a partir del 18 de abril de 2009. Ante el reclamo de varias personas que afirmen el derecho para ejecutar la remediación del pasivo ambiental, la Dirección General de Minería (DGM) deberá intervenir para declarar quién tiene la exclusividad respecto del reaprovechamiento (De la Puente Brunke 2010, 262-263).

4.4.4 Plan de cierre de pasivos ambientales mineros

La ley que regula los pasivos ambientales ha incluido el plan de cierre de pasivos ambientales. Para la presentación de este instrumento, los responsables de la remediación de pasivos deben realizar estudios y obras destinadas a controlar, mitigar y eliminar, en la medida de lo posible, los riesgos y efectos contaminantes y dañinos a la población y al ecosistema en general. Estos estudios tendrán como referencia los LMP o los ECA, según corresponda, para lo cual presentarán su Plan de Cierre de Pasivos Ambientales, de conformidad con las Guías sobre Cierre de Pasivos Ambientales aprobadas por la Dirección de Asuntos Ambientales Mineros (DGAAM), con opinión del Ministerio de Salud y del Ministerio de Agricultura. Los responsables de la remediación de pasivos ambientales que no desarrollaban actividad minera, pero que mantenían el

derecho de titularidad de la concesión, debieron presentar el Plan de Cierre de Pasivos Ambientales dentro del plazo máximo de un año a partir de la vigencia del reglamento de la ley, siempre que no hayan sido incluidos previa y expresamente en otros instrumentos de gestión ambiental.

La transferencia de derechos sobre pasivos libera de responsabilidad al transfiriente o cedente, al adquiriente o cesionario, cuando quien vaya a ejecutar el Plan de Cierre de Pasivos Ambientales constituya garantía suficiente y de realización oportuna por el costo total del de la remediación ambiental a realizar. Así quedan liberados de responsabilidad hasta por el monto cubierto por la garantía, siempre y cuando esta resulte suficiente y eficaz. Es importante señalar que una vez transcurridos seis años desde la aprobación de los respectivos Planes de Cierre de Pasivos Ambientales, los responsables de su remediación que no cuenten con la resolución de aprobación de su ejecución quedan impedidos de solicitar nuevos petitorios mineros y de explotar alguna unidad minera como concesionario o adquiriente.

Sin perjuicio de las medidas de poscierre que se establezcan, el plazo para la ejecución del plan no debe ser mayor a tres años, después de aprobado por la DGAAM y, excepcionalmente, cuando la magnitud de los pasivos ambientales lo amerite, el plazo puede ser mayor, como límite dos años adicionales. Al término de este plazo aprobado para ejecutar el plan, la Dirección Regional de Energía y Minas realizará una auditoría integral para verificar el cumplimiento de las medidas establecidas y se emitirá, de ser el caso, la respectiva resolución de aprobación del Plan de Cierre de Pasivos Ambientales ejecutado, sin perjuicio de las medidas poscierre que deben continuarse. Además, las Direcciones Regionales de Energía y Minas, dentro de su jurisdicción y en coordinación con OSINERGMIN y luego con el OEFA, tienen a su cargo la fiscalización del cumplimiento de las obligaciones asumidas por los responsables de un Plan de Cierre de Pasivos Ambientales (De la Puente Brunke 2010, 263-265).

4.4.5 Designación del titular minero y la concesión

El Estado no solamente ejerce un dominio sobre los recursos naturales, sino que, como parte de sus funciones y responsabilidades, los administra. Esta administración implica la potestad de determinar la manera más eficiente por la cual pueden aprovecharse los recursos naturales en beneficio de la sociedad en su conjunto. En el caso de los minerales, nuestro sistema legal optó por constituir a la concesión minera como título habilitante para que los particulares extraigan y aprovechen el recurso.

El titular o concesionario minero es aquella persona natural o jurídica a la cual el Estado le otorga el derecho de explorar y explotar en el área otorgada en concesión. Todo ciudadano o persona jurídica, peruana o extranjera, puede dedicarse a la minería en el Perú; salvo algunas restricciones. Además del régimen general, el tratamiento del titular minero sigue un régimen especial establecido por la Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal; este régimen, aplicado a los denominados *pequeño productor minero* y *productor minero artesanal*, intenta promover la formalización de las actividades mineras pequeñas y artesanales.

La concesión minera, además de otorgar y reconocer el derecho titular minero, impone obligaciones, entre ellas, las relacionadas a la protección ambiental; no otorga derechos sobre otros recursos naturales. Así, fue modificado el Reglamento de Procedimientos Mineros para ratificar que el título de concesión no autoriza por sí mismo el desarrollo de actividades de exploración y explotación minera, sin obtener previamente los permisos, licencias y autorizaciones que las leyes de la materia exigen (De la Puente Brunke 2010, 100).

La concesión minera es un bien inmueble distinto y separado del predio o derecho superficial donde se encuentra ubicada. Así, se entiende como el derecho que tiene forma y extensión (largo, ancho y profundidad). El título de concesión minera obliga a su titular a invertir para lograr producción de sustancias minerales; por ello, la ley fija montos mínimos de producción de acuerdo a la cantidad de años y hectáreas, según se trata de *pequeños productores mineros* o *productores mineros artesanales*, sustancias metálicas o no metálicas. De la misma manera, la ley fija un plazo máximo para la obtención de la producción respectiva (De la Puente Brunke 2010, 102-103).

La concesión de beneficio otorga a su titular el derecho a extraer o concentrar la parte valiosa de los minerales y/o concentrados. El beneficio minero es el conjunto de procesos físicos, químicos y/o físico-químicos que se realizan para extraer o concentrar las partes valiosas de los minerales, y/o para purificar, fundir o refinar metales. La actividad de beneficio requiere el título habilitante denominado *Concesión de Beneficio*, el cual es otorgado por la DGM. A diferencia de las concesiones mineras propiamente dichas, la concesión de beneficio es entregada solo si el solicitante acredita que está autorizado a utilizar el terreno en el que construirá la planta. Además, el solicitante debe contar con el Estudio de Impacto Ambiental correspondiente, debidamente aprobado por la DGAAM; el derecho de uso de agua necesario para la operación; y, finalmente, la autorización sanitaria del sistema de tratamiento y vertimiento de aguas residuales industriales (De la Puente Brunke 2010, 104-106).

La pequeña minería y minería artesanal están a cargo de los gobiernos regionales quienes son los órganos fiscalizadores, y no del MINEM. La calificación de esta categoría de mineros responde a dos criterios alternativos: la cantidad de hectáreas que acumula el titular minero (persona natural o jurídica), o la cantidad de metales que este puede procesar por día. Así, un pequeño productor minero será aquel que sea titular máximo de *2 000 ha* de derechos mineros o que cuente con una capacidad instalada para procesar como máximo *350 TMD*. En cambio, un productor minero artesanal será aquel que sea titular de un máximo de *1 000 ha* de derechos mineros o que cuente con una capacidad instalada para procesar *25 TMD*.

Los que pertenecen a esta categoría gozan de facilidades en cuanto a montos de las multas que se les impone. Por ejemplo, si hay un fallecido los pequeños mineros reciben una multa máxima de 5 UIT, los productores artesanales máximo 3 UIT y las mineras de régimen común una multa que oscila entre 30 hasta un máximo de 100 UIT. Además de los beneficios económicos, esta categoría de mineros reciben del MINEM un trato diferenciado de los demás, ya que cuentan con preferencias en la denunciabilidad de áreas y en áreas de no admisión de denuncios. Asimismo, disponen de planes de desarrollo, e incentivos y fortalecimiento que incluyen asesoría técnica especializada y asesoría en materia de salud y seguridad ambiental entre otros.

Este régimen especial de promoción de la pequeña minería también establece que los Estudios de Impacto Ambiental deberán ser como máximo de la categoría II Estudio de Impacto Ambiental – Semidetallado (EIASd), los cuales pueden ser elaborados por empresas o personas naturales sin necesidad de que se encuentren inscritas en el Registro de Empresas Autorizadas para elaborar Estudios de Impacto Ambiental; solo basta con acreditar la capacidad de el o los profesionales involucrados. Para el beneficio de los metales, los productores mineros artesanales podrán extraer y concentrar, fundir, purificar y refinar los metales que extraigan de sus concesiones, solo presentando información técnica de la operación y una Declaración de Impacto Ambiental (DIA). Los pequeños mineros también deben de presentar un Plan de Cierre de Minas

Como es lógico, el régimen promocional para pequeña minería y minería artesanal no excluye a los titulares mineros de la obligación de obtener todos los permisos, licencias y autorizaciones que su actividad pueda requerir, al igual que los medianos y grandes mineros, por ejemplo, autorizaciones sanitarias de vertimientos, de las licencias de uso de agua, de los certificados de inexistencia de restos arqueológicos, entre otros. Estos procedimientos no cuentan con un régimen especial para estos titulares mineros (De la Puente Brunke 2010, 112).

4.4.6 Facultades ambientales de los gobiernos regionales

De acuerdo a la ley, los gobiernos regionales deben promover el desarrollo y la economía regional, en armonía con las políticas, planes nacionales y locales de desarrollo. En este contexto, estos organismos son componentes para promover y regular actividades y/o servicios en materia de minería y medio ambiente, conforme a la Constitución Política del Perú. Entre las funciones regionales en materia de minera está fomentar y supervisar las actividades de la pequeña y la minería artesanal, la exploración y explotación de los recursos mineros de la región. La propia Ley Orgánica de Gobiernos Regionales señala que el Gobierno Regional tiene por función otorgar concesiones para pequeña minería y minería artesanal de alcance regional (De la Puente Brunke 2010, 166-167).

A diferencia de otros sectores, la relación de procedimientos a cargo de cada Dirección Regional de Energía y Minas o del órgano regional competente, ya ha sido aprobada por el MINEM. Entre estos procedimientos, se encuentra la autorización para el inicio de las actividades mineras de exploración y explotación de las concesiones mineras para la pequeña minería y minería artesanal, así como la autorización del plan de minado de canteras de materiales de construcción, la autorización de operaciones de concesión, beneficio de minerales de productor minero artesanal, entre otros procedimientos.

Capítulo 5 RESULTADOS

5.1 Análisis de los relaves Pacococha y Millotingo

5.1.1 Microscopía de polarización

En general, el análisis de compuestos mineralógicos por microscopía requiere del análisis de la composición química de la muestra. Con ello se validan los datos obtenidos durante la observación en el equipo (Pérez-Monserrat 2011, 23). Para este estudio el análisis químico de las muestras de relave se presentan en la **Tabla 5.1**.

Tabla 5.1 Análisis químico de muestras de relave

Descripción	Parámetros requeridos											
	Cu %	Pb %	Zn %	Fe %	Bi ppm	Ag ppm	As ppm	Mo%	Cd ppm	CuOXCN	CuOXAC	ZnCO ₃
Relave 01	0,01	0,14	0,02	4,44	3	65	2140	0,009	<5	<0,01	<0,01	<0,01
Relave 02	0,01	0,01	0,03	2,11	4	53	69	0,010	<5	<0,01	<0,01	<0,01

Fuente: Informe de análisis químico de muestras de metalurgia (F-IMET001B)

5.1.1.1 Microscopía del relave Pacococha

De acuerdo con la observación en el microscopio, los minerales encontrados son los siguientes:

- Bornita, como partículas libres de tamaños menores a 50 micras (véase **Figura 5.1**)
- Calcopirita, como partículas libres de tamaños menores a 20 micras y como relictos en fragmentos limonitizados
- Pirita, como partículas libres de tamaños menores a 20 micras y como relictos en fragmentos limonitizados
- Magnetita como relictos en fragmentos limonitizados
- Fragmentos limonitizados (óxidos de hierro) en cantidades abundantes (véase **Figura 5.2**), de tamaños hasta milimétricos libres, o asociados con gangas no opaca o con relictos de magnetita

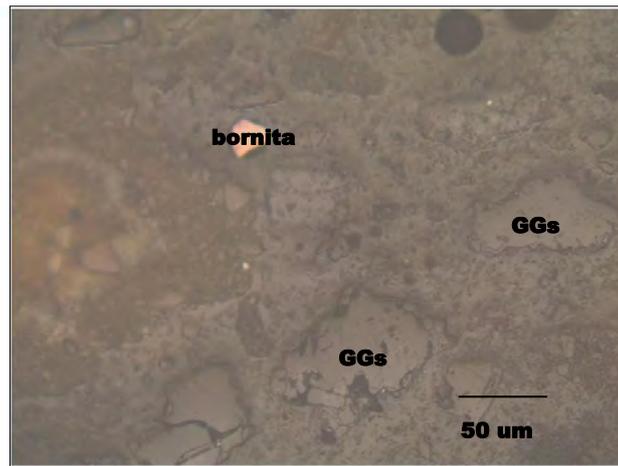


Figura 5.1 Partículas libres de bornita y gangas no opaca

Fuente: Laboratorio de Microscopía Óptica de la Universidad Nacional de Ingeniería

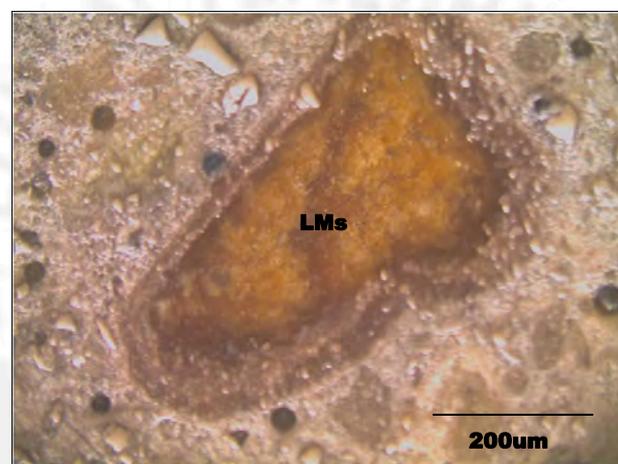


Figura 5.2 Fragmento milimétrico de limonita

Fuente: Laboratorio de Microscopía Óptica de la Universidad Nacional de Ingeniería

5.1.1.2 Microscopía del relave Millotingo

De acuerdo con la observación en el microscopio, los minerales encontrados son los siguientes:

- Bornita, como partículas de tamaños menores a 50 micras en gangas no opaca (véase **Figura 5.3**)
- Calcopirita, como partículas libres de tamaños menores a 20 micras
- Pirita, como partículas libres de tamaños menores a 20 micras, también como diseminaciones o playas en gangas no opaca (véase **Figura 5.4**)
- Limonitas, en bordes de fragmentos de gangas no opaca
- Magnetita como partículas libres de tamaños menores a 30 micras

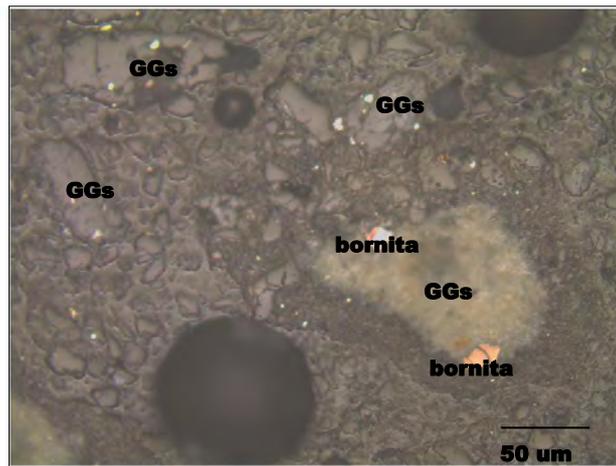


Figura 5.3 Fragmento de gangas no opacas con playas de bornita y partículas libres de gangas no opacas

Fuente: Laboratorio de Microscopía Óptica de la Universidad Nacional de Ingeniería

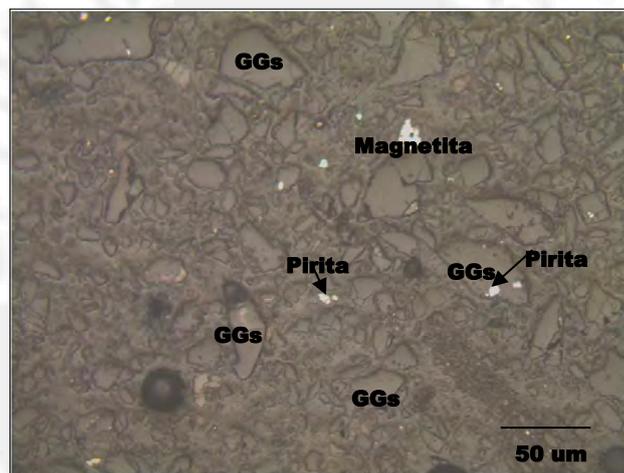


Figura 5.4 Fragmento de gangas no opacas con diseminaciones de calcopirita y partículas libres de magnetita y gangas no opaca

Fuente: Laboratorio de Microscopía Óptica - Universidad Nacional de Ingeniería

5.1.2 Fluorescencia de rayos X

Sobre los resultados del análisis de las muestras de Pacococha y Millotingo (véase **Figura 5.5**), la línea roja representa la cantidad de As de la muestra del relave 1 (Pacococha) y la línea azul representa la cantidad de As de la muestra relave 2 (Millotingo). La línea verde no es parte del análisis porque es solo un marcador de posición del *software*. Se observa que el pico más alto de As formado por la línea roja (relave 1) muestra mayor cantidad de este elemento con respecto a la línea azul (relave 2). Estos resultados del análisis de los relaves por fluorescencia de rayos X concuerdan con el análisis por absorción atómica

(véase **Tabla 5.1**), en el que la muestra de Pacococha contiene 2 140 ppm de As y el de Millotingo 69 ppm de As.

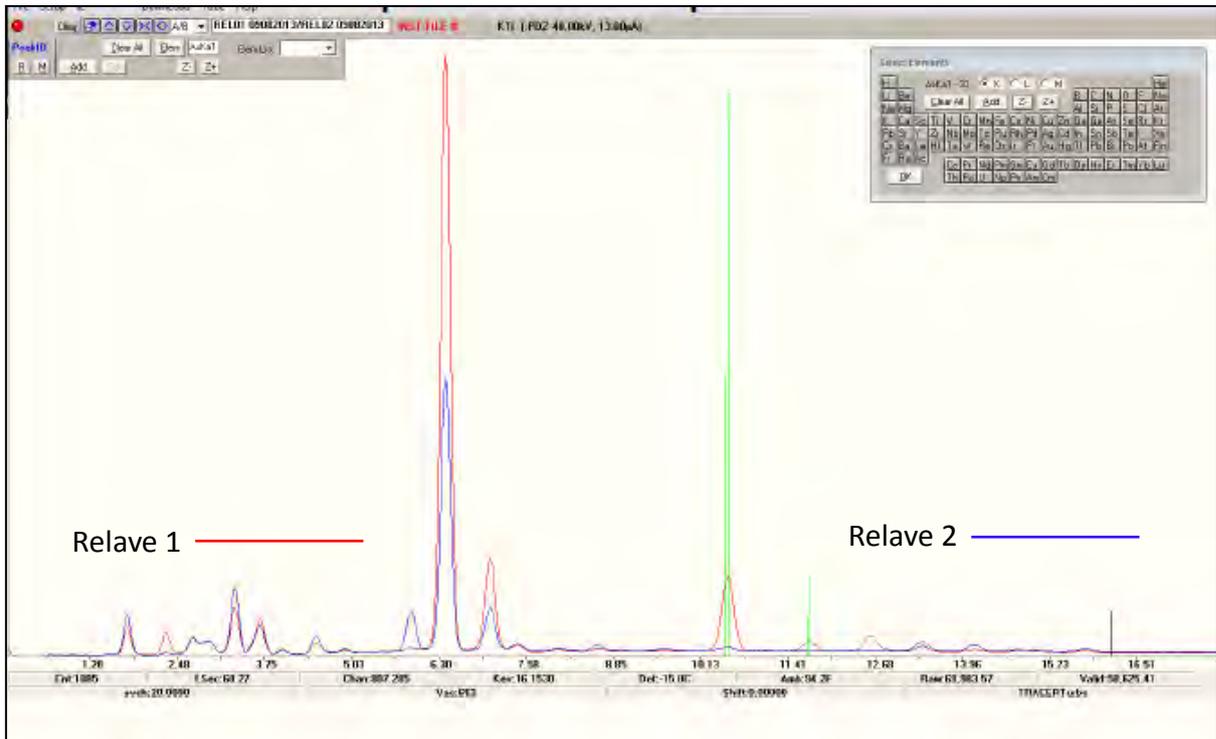


Figura 5.5 Espectro de fluorescencia de rayos X de muestras de relave 1 y 2

Fuente: Laboratorio de Química Ambiental, Sección Química, PUCP

5.2 Análisis de calidad de agua de los ríos Aruri y Rímac

Los resultados de análisis emitidos por el Laboratorio de Ensayo del Instituto de Corrosión y Protección de la PUCP, acreditado por el Servicio Nacional de Acreditación de INDECOPI-SNA y por el Standards Council of Canadá (véase **Anexo 01: Resultados de los análisis químicos del agua**), son los siguientes:

Tabla 5.2 Resultados de análisis de metales y metaloides disueltos

Análisis de soluciones acuosas						
Código de muestra		Aruri 1	Aruri 2	Reservorio	Rímac 1	Rímac 2
Fecha de muestreo		09/08/2013				
Hora de muestreo		10:50	11:40	12:30	13:30	13:55
Parámetro	Unidad	Resultados				
Aluminio disuelto (**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Arsénico disuelto	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,06	< 0,01
Bario disuelto (**)	mg/L	0,0144	0,0326	0,0587	0,0354	0,0418
Berilio disuelto (**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Boro disuelto (**)	mg/L	0,150	0,185	0,103	0,236	0,449
Cadmio disuelto (**)	mg/L	0,017	0,005	N.D.	N.D.	0,004
Calcio disuelto (**)	mg/L	78,95	52,85	47,97	87,45	125,15
Cobalto disuelto (**)	mg/L	0,004	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cobre disuelto (**)	mg/L	0,010	< 0,008	< 0,008	< 0,008	0,009
Cromo disuelto (**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Estaño disuelto (**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Estroncio (**)	mg/L	0,606	0,422	0,410	0,909	1,532
Hierro disuelto (**)	mg/L	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008
Magnesio disuelto (**)	mg/L	6,36	7,85	6,76	17,49	19,29
Manganeso disuelto (**)	mg/L	1,0064	0,2266	0,0906	0,0827	0,1965
Mercurio disuelto	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Molibdeno disuelto (**)	mg/L	N.D.	N.D.	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Níquel disuelto (**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Plata disuelto (**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Plomo disuelto (**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Potasio disuelto (**)	mg/L	0,86	0,76	0,68	4,03	3,32
Sodio disuelto (**)	mg/L	8,32	5,57	5,43	10,76	10,15
Talio disuelto (**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	< 0,04	N.D.
Vanadio disuelto (**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cinc disuelto (**)	mg/L	1,967	0,491	0,221	0,046	0,646

(**) Acreditados por Standards Council of Canada (SCC)

N.D.: no determinado

Fuente: Informe de Ensayo ICP/INF-246/2013 – Instituto de Corrosión y Protección, PUCP

Tabla 5.3 Resultados de análisis de metales y metaloides totales

Análisis de soluciones acuosas						
Código de muestra		Aruri 1	Aruri 2	Reservorio	Rímac 1	Rímac 2
Fecha de muestreo	09/08/2013					
Hora de muestreo		10:50	11:40	12:30	13:30	13:55
Parámetro	Unidad	Resultados				
Aluminio total	mg/L	0,461	0,067	0,066	0,030	0,125
Arsénico total	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	0,06	0,03
Bario total	mg/L	0,0163	0,0322	0,0614	0,0370	0,0443
Berilio total	mg/L	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
Boro total	mg/L	0,168	0,183	0,122	0,223	0,412
Cadmio total (*)	mg/L	0,017	0,004	N.D.	N.D.	0,002
Calcio total	mg/L	78,33	54,72	49,54	91,41	131,06
Cobre total (*)	mg/L	0,125	0,023	0,013	0,011	0,043
Cromo total (*)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Estaño total	mg/L	0,027	0,029	0,019	0,025	0,026
Estroncio total	mg/L	0,598	0,418	0,403	0,882	1,505
Hierro total	mg/L	1,821	0,244	0,094	0,114	0,241
Magnesio total	mg/L	8,26	5,64	5,48	11,42	10,83
Manganeso total	mg/L	1,012	0,231	0,094	0,083	0,230
Mercurio total	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Molibdeno total	mg/L	< 0,013	< 0,013	< 0,013	< 0,013	< 0,013
Níquel total (*)	mg/L	0,023	0,005	0,007	0,008	0,020
Plata total	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Plomo total (*)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Potasio total	mg/L	1,01	0,82	0,76	4,64	3,69
Sodio total	mg/L	7,29	8,33	7,32	20,42	22,08
Talio total	mg/L	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011
Titanio total	mg/L	< 0,002	< 0,003	< 0,004	< 0,005	< 0,006
Vanadio total	mg/L	< 0,002	< 0,003	< 0,004	< 0,005	< 0,006
Cinc total	mg/L	2,380	0,559	0,251	0,069	0,817

(*) Acreditado por el Servicio Nacional de Acreditación de INDECOPI

N.D.: No determinado

Fuente: Informe de Ensayo ICP/INF-246/2013 – Instituto de Corrosión y Protección, PUCP

5.3 Aplicación del Enfoque Ecosistémico

A continuación, se presentan los resultados de las entrevistas en forma de resumen y de acuerdo con los pasos señalados por la UICN.

5.3.1 Paso A: Determinación de los actores principales y definición del área de acción y su gobernanza

¿Qué instituciones (públicas o privadas), asociaciones, comunidades, ministerios, entre otros, están vinculados a la comunidad y de qué manera les apoyan en la agricultura y ganadería?

Comunidad de San Antonio

Los entrevistados identificaron a los actores principales que guardan relación con sus tierras desde el nivel más alto hasta el nivel más bajo. Ellos señalaron al Ministerio del Ambiente como ente fiscalizador ambiental, al Ministerio de Agricultura (AGRORURAL) con el apoyo técnico y la construcción de depósitos de agua, y a la Municipalidad de San Mateo de Huanchor como apoyo en el fortalecimiento agrícola. Asimismo, identificaron a empresas mineras, como Nyrstar y Casapalca, como fuente de apoyo con inversiones sostenibles como reforestación, construcción de reservorio de agua, crianza de cuyes, entre otros. Sin embargo, ellos reconocieron sus diferencias con otros actores; por ejemplo, la presión a los centros mineros para que renueven convenios de cooperación. Actualmente sostienen un juicio con la comunidad de San José de Párac debido a los límites. Por ello, la comunidad de San José de Párac, aprovechando su ubicación aguas arriba, en algunas ocasiones cierra el paso del agua en los canales de irrigación. Pese a esos percances, concluyen que se apoyan y tratan de cooperar entre ellos como vecinos.

Comunidad de San José de Párac

A diferencia de los comuneros de San Antonio, los entrevistados identifican a la Municipalidad Distrital de San Mateo y a las empresas mineras Germania, Inca Minerales, Nyrstar, Ex-Millotingo – ahora Proemina (Golden Horizon) – como actores principales. Mencionaron que las empresas mineras dan apoyo social como obras de irrigación para el pueblo, la construcción de la iglesia, así como apoyo en la agricultura. Además, uno de los entrevistados cuidaba la reja que da acceso al pueblo y al camino para llegar a los relaves de Millotingo; él afirmó que antes la empresa Proemina les asignaba un sueldo por cuidar la reja, pero actualmente ya no perciben esos pagos. Finalmente, solo un entrevistado mencionó instituciones nacionales como el Ministerio de Agricultura y el Programa Nacional de Asistencia Alimentaria.

¿Se toma en cuenta el conocimiento ancestral para el manejo de sus tierras? ¿Cómo dividen sus tierras para tener diferentes sembríos?

Comunidad de San Antonio

Concordaron en que, a pesar de que el manejo ancestral está en los estatutos de la comunidad, en la práctica ya no se da. Por ejemplo, adicionaron a la agricultura en secano la siembra en época de estiaje con riego tecnificado; asimismo, el cambio de pircas por el uso de postes y alambres. También, señalaron que el manejo agropecuario depende de los comuneros calificados, que son quienes deciden el destino de la comunidad, la organización y la clase de trabajos. Existen tres tipos de comuneros: los calificados, quienes cumplen más obligaciones; los activos, quienes deben estar dos años y llevar a cabo las faenas (minka, mita, ayni) que, al cumplirlas, les permitirán ser comuneros calificados; y, finalmente, los comuneros pasivos, que son los adultos mayores.

Comunidad de San José de Párac

Todos afirmaron que aún mantienen el conocimiento ancestral porque manejan sus tierras en forma comunal: es decir, se dividen en grupos las tierras y cada comunero siembra con su familia para autoconsumo. Disponen de una diversidad de productos como alfalfa, trébol rojo, blanco, avena forrajera y pasto forrajero para el ganado vacuno, ovejas, alpacas y llamas. Además, cosechan papa, cebada, habas, olluco, mashua, quinua, linaza y ajos, aunque también mencionaron que quieren implementar riego tecnificado y actualmente riegan solo por medio de canales.

5.3.2 Paso B: Estructura del ecosistema, función y manejo

¿Han determinado algún límite de capacidad de cultivo en función del tiempo (temporadas) y la cantidad de agua para irrigar las tierras?

Comunidad de San Antonio

El factor limitante son las tierras, porque las cantidades asignadas a los comuneros y el uso son variables. Algunos se dedican más a la ganadería, lo cual ocasiona problemas de sobrepastoreo. Normalmente, en las partes altas tienen vacunos, ovinos, alpacas y en la parte baja sembríos como trigo cebada, habas, en mayor cantidad alfalfa y papa. No enfrentan problemas por agua porque cuentan con su reservorio; sin embargo, algunos entrevistados identificaron que el problema no es la cantidad sino la calidad de agua. Un

entrevistado mencionó la necesidad de reforestación para sembrar agua en las zonas altas a fin de que pueda fluir el agua cuando haya sequía.

Comunidad de San José de Párac

El principal límite para los cultivos es la temporada seca (mayo – agosto) debido a que no se presentan lluvias y requieren riego. Ellos necesitan un reservorio para que puedan cultivar más en temporada seca; para lograr ese objetivo, se están estableciendo convenios con las empresas mineras de la zona. Actualmente, riegan sus cultivos manualmente, desvían agua del río por un canal e irrigan sus cultivos por inundación. Sus principales cultivos con riego son papa y alfalfa. Reconocieron que no todas las zonas sirven para riego debido a su inaccesibilidad.

¿Han realizado planes de recuperación de tierras poco fértiles? ¿Estos han sido efectivos?

Comunidad de San Antonio

Han identificado la erosión del suelo debido al riego por inundación y daños a los pastizales por sobrepastoreo como problemas principales. Para prevenir la erosión han implementado el riego tecnificado. Para el problema de sobrepastoreo, han programado el cercado con mallas; los comuneros señalaron que están capacitando a los comuneros ganaderos. Finalmente, plantean el uso de andenes como solución a la falta de tierras; aún no han realizado trabajos en esta área.

Comunidad de San José de Párac

Normalmente sus habitantes no tienen problemas en las tierras debido a la rotación en el sembrío; es decir, se mantiene un tiempo de descanso para las tierras; sin embargo, en caso de tierras poco fértiles, ellos utilizan guano de isla y de corral. El problema de erosión surge en zonas de riego; los comuneros afirmaron que se debe al riego por inundación ya que la tierra se lava y pierde nutrientes; por ello, manifestaron la necesidad de implementar el riego por aspersión.

¿Quiénes están encargados del manejo de la actividad agrícola y ganadera? ¿Cómo es la organización y cuáles son sus funciones?

Comunidad de San Antonio

Los entrevistados mencionaron que la comunidad elige cada dos años un presidente, quien, de acuerdo a lo planteado por la comunidad, organiza el manejo mediante tres

sectores que son San Mateo, Caruya y Chocna, los cuales tienen su comité y se organizan para trabajar las tierras, divididas de acuerdo a la antigüedad de los miembros. En total, son 200 miembros, entre ellos 120 miembros activos y el resto comuneros pasivos. En la comunidad hay unidades productivas que son la crianza de cuyes, ganado de altura, piscigranja de truchas, agricultura y turismo. Es importante resaltar que los cuyes se alimentan con alfalfa, cosechada todo el año por riego. En algunas áreas, rotan la actividad agrícola; así, la tierra puede tener un descanso que fluctúa entre 8 y 10 años. Sobre el sistema de riego, el comité nombra a un tomero, quien abre la llave para darle al usuario. La irrigación cuesta tres nuevos soles por día.

Comunidad de San José de Párac

El presidente y los 72 comuneros manejan el ecosistema conjuntamente. Ellos se reúnen para acordar qué lugares serán seleccionados para la siembra. El uso de los pastos es comunal; es decir, siete comuneros manejan una cancha de pastos. El uso agrícola es personalizado y lo maneja un comunero.

¿Qué tan importante es el sistema de riego para el cultivo? ¿Si no hubiera irrigación, en cuánto disminuiría su producción?

Comunidad de San Antonio

Mayormente el sembrío es en época de lluvia, pero, gracias al sistema de riego, pueden sembrar en la época de estiaje. En consecuencia, si no hubiera sistema de riego los cultivos disminuirían en un 50 %, principalmente porque el sembrío en época seca es posible gracias a la irrigación. La producción principal con sistema de riego es la papa y la alfalfa; de este modo, pueden cosechar en los meses de abril, junio y diciembre.

Comunidad de San José de Párac

Si sus comuneros no dispusieran riego, disminuiría el cultivo de papa y alfalfa ca. 50 %. El riego existe desde 1945, y el cultivo más beneficiado es alfalfa, ya que al año cosechan tres veces porque su producción varía entre 45 y 50 días. Por otro lado, los cultivos que requieren menos agua son olluco, mashua y linaza, que son cultivos temporales en época de lluvia.

5.3.3 Paso C: Aspectos económicos

¿Los beneficios de las tierras de cultivo de la comunidad contribuyen a la disminución de pobreza de sus miembros? ¿Cómo se reparten los beneficios?

Comunidad de San Antonio

La actividad agropecuaria genera ingresos pero no suficiente; por ello, la mayoría de comuneros diversifica sus actividades; algunos trabajan en el sector minero, servicios, comercio, entre otros. Ellos afirmaron: “No se puede vivir de la chacra”, principalmente debido a la falta de tecnología. Entonces, menos gente se dedica a la agricultura; asimismo, las lluvias no ocurren como en anteriores épocas: a veces se adelantan o retrasan, y esto ocasiona pérdidas. Mayormente la agricultura es para autoconsumo.

Comunidad de San José de Párac

Al igual que en la comunidad de San Antonio, la actividad agropecuaria ayuda pero no es suficiente para poder cubrir otros gastos, como, por ejemplo, educación. Los entrevistados señalaron que es suficiente para la alimentación de sus familiares, pero para la educación se requiere otro trabajo. Por ello, la mayoría de comuneros complementa sus ingresos con otras actividades como el comercio y, sobre todo, trabajo en el sector minero.

¿Cómo cubren los costos de mantenimiento del sistema de irrigación? ¿De dónde provienen estos fondos?

Comunidad de San Antonio

Por un lado, los comuneros obtienen dinero por el usufructo de sus tierras; las empresas mineras les pagan por sus tierras, y con ese dinero pueden comprar tuberías y otros accesorios para el sistema de irrigación. Por otro lado, la municipalidad también los apoya con materiales como arena y cemento para sus canales. El mantenimiento y limpieza los realizan por medio de faenas comunales.

Comunidad de San José de Párac

La municipalidad los apoya con cemento y arena, también algunas empresas mineras. La limpieza de los canales se realiza mediante faenas comunales. Sus canales han sido contruidos con apoyo de la empresa Nyrstar-Coricancha.

5.3.4 Paso D: Manejo adaptativo en el espacio

La comunidad de San Antonio/San José de Párac colinda con actividades mineras, ¿qué tan beneficiosa es esta actividad y cuáles son los riesgos de la minería?

Comunidad de San Antonio

Todos los entrevistados concordaron con el efecto contaminante de las actividades mineras tanto en el agua, tierra y aire. Uno de ellos señaló que en las partes altas como Millotingo y Ticlio los pastos son contaminados con sustancias tóxicas y ya no se pueden utilizar. Sin embargo, precisaron el apoyo económico por la generación de empleo y por los proyectos sociales, aunque los realicen más por obligación que por convicción. Enfatizaron que las empresas mineras no se adaptan al cuidado del medio ambiente porque, desde su percepción, no es rentable para las empresas. Finalmente, los comuneros mencionaron que el Estado debe remediar los pasivos antes de otorgar derechos sobre estos.

Comunidad de San José de Párac

Los comuneros identificaron como uno de los actores principales a la actividad minera; sin embargo, reconocieron las deficiencias en el aspecto social y sobre todo ambiental, principalmente por la contaminación del agua debido a la presencia de relaves. Sobre la responsabilidad social de las empresas mineras señalaron que no es suficiente porque las leyes no ayudan a formalizar este tipo de apoyo social. También opinaron que las empresas mineras deben contribuir socialmente con trabajo, canales de irrigación y riego tecnificado. Frente a los abusos ambientales, en alguna ocasión ellos han protestado, pero, cuando llega la policía, esta respalda a las empresas. De alguna manera sienten que el Estado abusa de las comunidades campesinas. Finalmente, todos los entrevistados precisaron no ser antimineros, pero sí desean minería limpia.

¿Sienten el apoyo del Gobierno? ¿Consideran que los planes del Gobierno están de acuerdo a sus actividades agropecuarias?

Comunidad de San Antonio

Por un lado, los entrevistados señalaron que el gobierno prioriza la actividad minera y que los grandes proyectos, como la represa Yuracmayo, se destinan a captar agua y enviarla a Lima, lo cual no genera ningún beneficio para la comunidad. Asimismo, afirmaron que el Estado debe aperturar cajas comunales e invertir en más tecnología para mejorar la actividad agrícola. Un comunero señaló que no están aprovechando una serie de

beneficios de la agricultura orgánica con guano y humos debido al muy escaso interés. Asimismo, indicó que se debe estimular el cultivo de quinua, ya que cuentan el clima apropiado para este tipo de sembríos.

Comunidad de San José de Párac

Todos los entrevistados sienten el abandono del Estado, principalmente porque priorizan la minería y porque las leyes que se promulgan en los diferentes gobiernos presidenciales son creadas para favorecer a este sector. Ellos plantearon la participación de las comunidades campesinas para la otorgación derechos mineros en sus tierras. Además, manifestaron las grandes necesidades de mantenimiento de canteras y diques para irrigar sus tierras, y que “el Estado es más para la minería, [ellos] se llevan las riquezas del pueblo [...] Sería idóneo que el Gobierno promueva tanto la actividad agrícola como la minería”.

5.3.5 Paso E: Manejo adaptativo en el tiempo

¿Desde cuándo usan las tierras de la comunidad para la agricultura y ganadería? ¿Desde cuándo riegan y cuánto tiempo cree que las tierras seguirán siendo usadas para estas actividades?

Comunidad de San Antonio

La técnica del riego es muy antigua, debido a que su principal actividad era la agricultura y la crianza de camélidos; sin embargo, la falta de rotación o alternancia de cultivos, como papa seguida por cebada, ha ocasionado la erosión. En consecuencia, hace más de diez años aproximadamente los pobladores cambiaron el riego por gravedad, debido al alto riesgo de la pérdida de terrenos por deslizamiento por el riego por aspersión. Sobre el futuro de la actividad, los entrevistados creen que se está perdiendo el interés principalmente debido a las mejores oportunidades económicas que ofrecen otros sectores económicos.

Comunidad de San José de Párac

La comunidad de Párac es más joven que la de San Antonio: se formó en la década de 1930 y en la década de 1940 ya implementaron canales de irrigación. El riego está en el consciente colectivo; sobre el riego derivado de las aguas del río Párac, los comuneros contaron que riegan desde hace veinte años. Finalmente, señalaron que la actividad agrícola se seguirá manteniendo al igual que la actividad ganadera.

¿Cuáles son las principales amenazas al desarrollo de sus actividades agropecuarias?

¿Tienen algún plan para evitar que estas amenazas disminuyan su producción?

Comunidad de San Antonio

Una de las principales amenazas es la contaminación producto de las actividades mineras; esa es una lucha que mantienen desde 1934. Asimismo, la falta de inversión en apoyo técnico es una amenaza, para lo cual plantean que el canon minero llegue también a las comunidades campesinas. También los entrevistados consideraron que el sobrepastoreo ocasiona la pérdida de pastos nativos; otra amenaza es la homogenización de cultivos como la papa. Ellos aseguraron que el conocimiento ancestral es una alternativa para solucionar sus problemas, por ejemplo, la rotación de tierras y cultivos. No obstante, no lo realizan debido a que se requiere de tiempo ponerla en práctica.

Comunidad de San José de Párac

La principal amenaza es la contaminación minera, debido a que las empresas mineras no cumplen con los instrumentos de gestión ambiental, ese fue el caso de la empresa Proemina, la cual se encuentra paralizada. Los comuneros solicitaron el cumplimiento del sembrío de 1 000 eucaliptos y quenuales en 150 ha para mitigar la contaminación, que en algún momento ofreció la empresa Proemina. Asimismo, una amenaza constante es el friaje: antes la temperatura mínima era -1°C y actualmente llega hasta -10°C ; ellos inyectan calcio a sus animales para que puedan sobrevivir las bajas temperaturas.

La comunidad de San José de Párac está más cerca de los pasivos mineros que la Comunidad de San Antonio (véase **Figura 4.5**). En febrero del 2012 hubo una muerte masiva de camélidos de los comuneros de San José de Párac. Frente a este suceso los comuneros de Párac indicaron que en realidad se desconoce la causa. Sin embargo, uno de ellos señaló que la actividad minera contamina, pero que no es un problema “catastrófico” y citó la muerte masiva de los camélidos; él reflexionó y reconoció, al mismo tiempo, que la minería les brinda trabajo. Por otro lado, los comuneros de San Antonio, indirectamente afectados, si atribuyeron este desastre a las operaciones de la empresa Proemina.

¿Usted ha notado cambios en el medio ambiente y sus tierras?

Ambas comunidades concordaron en que les está afectando el cambio climático, por ejemplo, el friaje: el ganado se muere a partir de los 4 600 msnm; además, el cambio de época de lluvia les perjudica porque no saben cuándo sembrar. Una de las entrevistas se

realizó el 30 de enero de 2014, cuando debía ser época de lluvia; sin embargo, el río Rímac no estaba tan cargado como normalmente lo estaría en esa época. Así, uno de los comuneros de Párac afirmó: “[En] este tiempo debería estar lloviendo pero está haciendo calor, está templado”, lo que se pudo comprobar en la salida de campo.

5.4 Evaluación Social Multicriterio a los principales actores

Los resultados obtenidos de la aplicación de SMCE se presentan en la matriz de actores y discursos (véase **Tabla 5.4**).

Tabla 5.4 Matriz de discursos e influencias de los principales actores

Actor	Escala	Discursos e influencia
Comunidad de San José de Párac	Local	Se ubican más cerca a los pasivos mineros de Millotingo. Respecto de la actividad minera y la presencia de los pasivos mineros, a pesar de saber de los riesgos, están de acuerdo con el reaprovechamiento de los relaves de Millotingo, principalmente, debido a que las empresas mineras les dan trabajo, así como también les pagan usufructos por sus tierras. Son los más perjudicados por los relaves Millotingo debido a que su actividad ganadera colinda con estos pasivos; asimismo, utilizan en la parte media el agua del río Aruri para el riego de sus cultivos. Plantean la redistribución del canon minero para que pueda llegar hasta las comunidades campesinas.
Comunidad de San Antonio	Local	A pesar de no colindar directamente con los pasivos mineros de Millotingo, se ven perjudicados debido a la contaminación del río Aruri, pues utilizan esta agua para regar, principalmente cultivos de papa y alfalfa. Reconocen los beneficios de las actividades mineras; sin embargo, muestran claramente su rechazo debido a la contaminación. Es una lucha constante desde sus primeras manifestaciones en 1934. Sugieren que el Estado primero debe remediar los pasivos mineros antes de entregar derechos sobre ellos.
Posta Médica de San Mateo	Local	No tienen ningún parámetro de medición para verificar el grado de impacto de las aguas contaminadas en la salud de la población de San Mateo. Del periodo enero-diciembre 2013, los datos de morbilidad son mayores para las enfermedades respiratorias. En las visitas se observó cambio constante de personal de la posta médica y de las técnicas que atienden en San José de Párac.
Municipalidad de San Mateo	Local	El principal problema es la discontinuidad en la gestión de alcaldes. La persona encargada del área de medio ambiente manifestó no saber de la existencia del Plan de Desarrollo Sostenible para San Mateo de Huanchor del 2000. Por otro lado, consideran que no reciben apoyo; que no pueden formular proyectos por ser una municipalidad distrital; y que no contar con la Organización Territorial y la Zonificación Ecológica y Económica, lo cual compete al Gobierno Regional, es una barrera.
CODEMADES-ONG	Regional	Activa vigilancia de la quebrada Párac, ya que uno de los miembros de la comunidad de San Antonio pertenece a esta ONG. En el Informe Preliminar de la Inspección Ocular y Monitoreo de Agua de la Microcuenca Párac se detallan los diferentes reclamos tanto por parte de la Comunidad de San José de Párac como la de San Antonio. Registran denuncias de San José de Párac por la muerte de sus animales que datan de 2007, en octubre de 2011 y febrero de 2012. En este informe identifican los principales impactos del reaprovechamiento de los relaves sobre los bofedales, pastos, pajonales y agua; en consecuencia, el impacto en la actividad agrícola y ganadera (CODEMADES 2012, 25).

ALA Chillón, Rímac, Lurín	Regional	Un representante de la Autoridad Local del Agua Chillón. Rímac, Lurín indicó que no tienen registradas ni a la comunidad de San José de Párac ni la de San Antonio como Comisiones de Regantes. Se está trabajando en la formalización de las comisiones en la parte alta de la cuenca del Río Rímac y, entre ellas, figura San José de Párac, pero aún no se ha formalizado. La persona encargada de la ALA Chillón, Rímac y Lurín mencionó que no conocía la parte alta de la cuenca del Río Rímac.
Gobierno Regional de Lima – Dirección Regional de Minería (DREM – Lima)	Regional	<p>La Ley Orgánica de Gobiernos Regionales señala que el Gobierno Regional tiene por función otorgar concesiones para pequeña minería y minería artesanal. Así, el titular minero del derecho minero Millotingo, Golden Horizon Investments Corporation, es considerado como pequeña minería debido a que solo tiene 10 ha concesionadas, y su capacidad de planta es de 350 TMD. Ellos pidieron la aprobación del EIASd del Proyecto Ecológico Charito en el 2008, el cual fue aprobado por el Dirección Regional de Minería – Lima.</p> <p>Frente a la solicitud del EIASd a la DREM – Lima respondió lo siguiente: “Los estudios ambientales son realizados por una consultora ajena a la DREM; por lo tanto, se encuentran protegidas por las normas de protección de la creación intelectual e industrial [...]”. Con ello, se demuestra que tanto los encargados de la DREM como de Transparencia no parecen estar informados sobre el carácter público de los estudios ambientales. Se volvió a solicitar la reconsideración de acceso a la información pública, la cual fue atendida por la intervención de la Contraloría de Lima y la Oficina de Control Institucional del Gobierno Regional.</p> <p>La mayoría de los cargos en el Gobierno Regional son políticos. Los representantes de la DGM – MINEM mencionaron que continuamente capacitan al personal regional. Lamentablemente, con el cambio de mandato, ingresan otros trabajadores con poca o ninguna capacidad técnica. El MINEM no puede intervenir debido a un tema de competencias y soberanía. Esto se verifica en el <i>ranking</i> de la OEFA sobre Fiscalización Ambiental a la Pequeña Minería y Minería Artesanal, aplicado a los 25 gobiernos regionales y a la Dirección General de Minería, en el que el Gobierno Regional de Lima obtuvo un puntaje de 24,58 sobre 100 y lo ubicó en el puesto 18 de 26 (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental 2013, 25).</p>
Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)	Nacional	El INGEMMET otorga concesiones para la mediana y gran minería. Mediante el programa SIDCADMIN se puede visualizar el estado del derecho minero y el historial de denuncias previos y actuales. Sin embargo, si los derechos mineros han sido transferidos, estos datos primero se registran en la SUNARP y pueden pasar varios meses hasta que el INGEMMET actualice esa información. Sobre la entrega de derechos en zonas urbanas, para realizar la consulta a la población, en primer lugar, la Dirección General de Minería envía un oficio a la municipalidad en el que pide su estudio de expansión urbana. Si es que no se cuenta con este estudio, se otorga el derecho minero sin consulta a la población.
Comisión Multisectorial para la Recuperación de la Cuenca del Río Rímac	Nacional	Fue creada por Decreto Supremo N° 022-2012-AG para coordinar, establecer, determinar y promover inversiones para la recuperación de la calidad de los recursos hídricos de la cuenca del río Rímac. Está conformada por los Ministerios de Agricultura, Ambiente, Economía y Finanzas, Energía y Minas, Producción, Vivienda, Construcción y Saneamiento, la Autoridad Nacional del Agua, Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza, Dirección General de Salud Ambiental, Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima, Gobiernos Regionales de Lima y Callao, Municipalidad Metropolitana de Lima, Municipalidades Provinciales del Callao y Huarochirí. En octubre de 2012 se firmó el Convenio de Cooperación en Gestión de Recursos Hídricos y Desarrollo de los Ríos en las Cuenclas entre el Ministerio de Agricultura, la Autoridad Nacional del Agua, ambos de Perú, y la Dirección Nacional de Restauración de Ríos de la República de Corea del Sur. Actualmente, están en proceso de elaboración del Plan Maestro para la Recuperación del Río Rímac, el que se espera estará listo en agosto del 2015.

<p>Autoridad Nacional del Agua</p>	<p>Nacional</p>	<p>A través de la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la ANA realiza inspecciones sobre la calidad de agua del río Rímac y sus tributarios, entre ellos el río Aruri. Sin embargo, reconocen que son muy pocos los puntos de muestreo tomados para el análisis, ya que hay un solo punto en la parte alta del río Aruri y otro en la desembocadura.</p>
<p>Ministerio de energía y Minas (MINEM)</p>	<p>Nacional</p>	<p>Por medio de la DGM, se otorga el derecho de concesión de beneficio. Asimismo, la Dirección General de Minería se encarga del tema de los pasivos ambientales mineros. Tiene cuatro etapas: 1) identificación de ubicación de los pasivos, cuyo avance es de 85 %; 2) identificación de responsables, lo cual es un tema muy complicado debido a la antigüedad y los diferentes titulares sobre un derecho minero, y es muy difícil determinar el generador; 3) estudio de preinversión para remediar los PAM, el cual está a cargo de Activos Mineros SAC; y, 4) ejecución de los proyectos de remediación. Actualmente, se están priorizando los pasivos mineros ambientales de alto riesgo, en el que se encuentran los relaves mineros Millotingo.</p> <p>El representante de la DGM señaló que no se puede intervenir en Millotingo porque está en un proceso judicial por temas de propiedad. Se trató de resolver el conflicto en el MINEM, pero no se pudo por ello está en el Poder Judicial.</p> <p>La persona representante de la Dirección de Asuntos Ambientales Mineros indicó que es poco probable que un pequeño minero pueda encargarse de la remediación de pasivos mineros debido a los altos costos. Así mismo, señaló que los gobiernos regionales no están en capacidad de evaluar estudios de remediación, ya que son temas de alta sensibilidad ambiental y social.</p>
<p>PROEMINA – SAC (Golden Horizon Investments Corporation Sucursal Perú)</p>	<p>Internacional</p>	<p>Calificados como Pequeños Mineros. Su objetivo es reaprovechar los relaves de plata de Millotingo; por ello, presentaron el Estudio de Evaluación Ambiental Semidetallado (EIA_{sd}) “Proyecto Ecológico Charito” con capacidad 350 TMD, el 2008. El tiempo de vida estimado es tres años de operación, dos meses de cierre y un año de poscierre. Su discurso es mejorar las condiciones ambientales de Millotingo así como generar empleo a las poblaciones cercanas. Respecto de la calidad de agua en la zona, en el EIA_{sd} se señala que el pH ligeramente básico está dentro de los LMP de la Ley General de Aguas Clase III (Proemina S.A.C. 2008, 7). Para el tratamiento de las aguas residuales, proponen tres pozos sépticos con cal y floculantes, y que los reactivos son biodegradables (ACOMISA 2008, 5). Para la disposición de nuevos relaves proponen depositarlos en galerías subterráneas (Proemina S.A.C. 2008, 25).</p>
<p>Empresa Minera Nyrstar – Unidad Coricancha</p>	<p>Internacional</p>	<p>Considera las comunidades de San José de Párac y San Antonio, entre otras, como parte de su influencia directa. En el EIA del Proyecto Tamboraque presentado en 1996, se señala que uno de los problemas de mayor preocupación son los drenajes de agua ácida de mina producto de la existencia de bocaminas, así como la erosión de los depósitos de los relaves antiguos, los que afectan al río Aruri y, en consecuencia, al río Rímac (Consult Control S.A. 1996, 10-11). Sin embargo, a pesar del conocimiento de la contaminación de río Aruri, la empresa Nyrstar apoyó con la construcción de reservorios para mejorar la eficiencia del riego de la comunidad de San Antonio en la parte alta del cerro Tamboraque. La empresa tiene dos relaveras, en las faldas de este cerro y a orillas del río Rímac. Estos relaves han sido catalogados con riesgo de colapso y deslizamiento de acuerdo al DS N° 050-2008-PCM, principalmente debido al riego por inundación en la parte alta del cerro. Por ello, la empresa Nyrstar brindó apoyo técnico y económico para la construcción de reservorios y la aplicación del riego por aspersión.</p>

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 6 DISCUSIÓN

6.1 Evaluación de relaves Millotingo y Pacococha

De acuerdo con el análisis por microscopía (véase **5.1 Análisis de los relaves Pacococha y Millotingo**), en ambas muestras de relaves se ha encontrado minerales sulfurados como bornita, calcopirita, y pirita, este último considerado como el principal productor de drenajes ácidos de mina. Por otro lado, en el análisis químico de los relaves se observa (véase **Tabla 5.1**) que la cantidad de Fe, principal componente de la pirita, es superior comparada con los demás elementos analizados. Asimismo, la gran cantidad de As (carcinógeno) en la muestra del relave Pacococha (2 140 ppm) es alarmante, principalmente por su exposición y cercanía al cauce del río Aruri. El As no solo es un nocivo para el medio ambiente, también es considerado como una de las impurezas más comunes para los productos de minería como el concentrado de cobre (Long, Peng y Bradshaw 2012, 179). La presencia de As reduce el valor económico del concentrado debido a los altos costos para removerlo en el proceso de purificación (Bruckard, y otros 2010, 1167). El límite de As en el concentrado de cobre varía de acuerdo al comprador; no obstante, el promedio es ca. 18 000 ppm.

El muestreo de relaves ha sido de tipo superficial con 5 cm de profundidad, debido al poco tiempo del que se disponía por la vigilancia de la zona. Lo ideal para analizar los relaves es aplicar muestreos en profundidad a través de perforaciones. Esta última metodología brinda mejores datos de la composición de los relaves ya que, probablemente, la composición superficial de los relaves ha cambiado por acción de la lluvia (lixiviación, iluviación) y el viento (meteorización). A pesar de que el análisis de muestras fue de tipo superficial, se han identificado minerales sulfurados y alta cantidad de arsénico para el relave de Pacococha.

Al igual que el análisis químico para evaluar la calidad de agua, no se ha podido realizar réplicas del muestreo para validar los resultados; sin embargo, se utilizan fuentes secundarias para corroborar los resultados. En primer lugar, se considera el informe de Evaluación Ambiental Territorial de la Cuenca del río Rímac (Ministerio de Energía y Minas 1997), en el que se identifica las actividades minero-metalúrgicas existentes en el año 1977 en la cuenca del Rímac. Así, al cruzar la información de las entrevistas y del informe del MINEM, se concluye que las principales empresas mineras en la cuenca alta del río Aruri en 1977 eran Germania, Pacococha y Millotingo (véase **Tabla 6.1**). Los principales productos de estas empresas fueron concentrados polimetálicos, lo que confirma la existencia de minerales sulfurados en la zona.

Tabla 6.1 Empresas minero metalúrgicas en la parte alta de la Quebrada Párac (1977)

Empresa Minera	Sustancia	Elementos	Capacidad
G.M. Germania	Metálica	Zn, Pb, Ag	-
S.M. Pacococha S.A.	Metálica	Pb, Ag	300 TMD
C.M. Millotingo S.A.	Metálica	Ag	350 TMD

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas 1997, 15-17)

Por otro lado, la empresa Nyrstar – Mina Coricancha, actualmente, desarrolla sus actividades en el Distrito Minero de Viso – Aruri, cuya explotación data del siglo XIX. En esa época, la minería subterránea se inició con la explotación de plata, y, en la década de 1930, Lizandro Proaño instaló celdas de flotación para separar arsenopirita y minerales de Pb-Ag con recuperaciones de Au (Nyrstar 2013, 2). En 1977, la empresa Lizandro Proaño explotaba Cu, Pb y Ag con una capacidad de planta de 300 TMD. Actualmente, la empresa Nyrstar obtiene concentrados de Au, Ag, Zn, Pb y Cu con una capacidad de 600 TMD. La mineralización de la zona está conformada por pirita, esfalerita ferrífera (marmatita), galena argentífera, calcopirita, cuarzo y arsenopirita como los minerales más importantes (Nyrstar 2013, 8). El desarrollo de las actividades mineras de la empresa Nyrstar se asienta en la parte media y baja de la quebrada Párac (Aruri), específicamente entre la comunidad de San José de Párac y el río Rímac. Si bien es cierto que los relaves de Millotingo y Pacococha están en la parte alta de esta quebrada, alejados de la zona de actividades de Nyrstar, la información geológica de esta empresa minera es importante para demostrar que efectivamente esa zona tiene mineralización de tipo sulfuros conformada principalmente por pirita.

6.2 Evaluación de la calidad de agua de los ríos Aruri y Rímac

En primer lugar, para verificar el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua del río Aruri y Rímac, se verifica la categorización de ambos ríos. Así, de acuerdo con la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, las aguas del río Rímac han sido clasificadas en tres categorías (véase **Tabla 6.2**): Categoría 1-A2: Poblacional y Recreacional – Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional; Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales; y, finalmente Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático. Entonces, la categoría en la parte alta de la cuenca del Rímac es la 1-A2, cuyos estándares se presentan en la **Tabla 6.3**. También, se ha considerado la Categoría 3 con fines comparativos.

Tabla 6.2 Clasificación y ubicación de los cuerpos de agua

	Clasificación	Ubicación
Ríos	Categoría 1 – A2	Desde la naciente (Lago Ticticocha) hasta la Bocatoma La Atarjea (El Agustino, Lima)
	Categoría 3	Desde Bocatoma La Atarjea hasta la desembocadura en el mar
Lagunas	Categoría 4	Correspondiente a las lagunas Ticticocha y Canchis

Fuente: (Autoridad Nacional del Agua 2014, 9)

Tabla 6.3 Estándares nacionales de calidad ambiental para agua en las categorías 1 y 3

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 002-2008-MINAM)				
Parámetros inorgánicos	ECA categoría 1 -Poblacional y Recreacional			ECA categoría 3 – Riego de Vegetales y Bebidas de Animales
	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			
	A1	A2	A3	
	Agua que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Parámetros para riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto
pH	6,5-8,5	5,5-9,0	5,5-9,0	6,5-8,5
Aluminio	0,2	0,2	0,2	5
Arsénico	0,01	0,01	0,05	0,05
Bario	0,7	0,7	1	0,7
Berilio	0,004	0,04	0,04	
Boro	0,5	0,5	0,75	0,5-6
Cadmio	0,003	0,003	0,01	0,005
Cobre	2	2	2	0,2
Cromo Total	0,05	0,05	0,05	
Cromo VI	0,05	0,05	0,05	0,1
Hierro	0,3	1	1	1
Magnesio				150
Manganeso	0,1	0,4	0,5	0,2
Mercurio	0,001	0,002	0,002	0,001
Niquel	0,02	0,025	0,025	0,2
Plata	0,01	0,05	0,05	0,05
Plomo	0,01	0,05	0,05	0,05
Selenio	0,01	0,05	0,05	0,05
Uranio	0,02	0,02	0,02	
Vanadio	0,1	0,1	0,1	
Cinc	3	5	5	2

Fuente: (Ministerio del Ambiente 2008)

Para comparar los estándares nacionales se ha considerado los estándares de calidad de agua (metales y metaloides) para consumo humano del Estado de Oregón, Estados Unidos (véase **Tabla 6.4**). Se seleccionaron los parámetros del Estado de Oregón debido a que son los más rigurosos de Estados Unidos (The Oregonian 2011). Es necesario

indicar, que en el país norteamericano cada uno de los cincuenta estados, por medio del Departamento de Calidad Ambiental, asigna los estándares de calidad ambiental, los que deben ser aprobados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). En el caso del recurso hídrico, cada Estado indica los parámetros de calidad de agua para consumo poblacional y para la conservación de vida acuática. Finalmente, designa el tipo de usos del recurso hídrico por cuenca. Este tipo de asignación de estándares es más coherente si se considera que los ríos y las cuencas son sistemas complejos y dinámicos influenciados por el clima y la geología.

Tabla 6.4 Estándares de calidad de agua del Estado de Oregón, Estados Unidos

Criterios de calidad de agua para la salud humana - Contaminante tóxicos (metales y metaloides)				
Contaminante	Carcinógeno	Criterio para la vida acuática	Criterio para la salud humana para el consumo de:	
			agua + organismos (µg/L)	Solo organismos (µg/L)
Arsénico (inorgánico)	sí	Sí	2,1	2,1 (agua dulce) 1,0 (agua salada)
Cobre	no	Sí	1 300	---
Cinc	no	Sí	2 100	2 600

Fuente: (Oregon Department of Environmental Quality 2014, 15-16)

Asimismo, se han considerado los estándares de calidad de agua de Colombia para que los estándares peruanos puedan ser comparados con los criterios de calidad de un país de la Comunidad Andina (véase **Tabla 6.5**).

Tabla 6.5 Normas oficiales para la calidad del agua en Colombia de acuerdo a la segunda revisión de la Norma Técnica Colombiana 813

Concentración de elementos y sustancias químicas permitidas en el agua potable			
Sustancias	Expresada como:	Valor permitido (mg/L)	
		mín.	máx.
Dureza	CaCO ₃	30	150
Arsénico	As		0,05
Cadmio	Cd		0,005
Cinc	Zn		5,0
Cobre	Cu		1,0
Hierro total	Fe		0,3
Manganeso	Mn		0,1
Plomo	Pb		0,01

Fuente: (ICONTEC 2014, 6)

Para el análisis de la calidad de agua de los ríos Aruri y Rímac se han seleccionado los principales elementos tóxicos asociados a los relaves mineros identificados en el área de estudio. Los resultados obtenidos del muestreo han sido comparados con diferentes estándares, como los de Perú, Oregón - Estados Unidos y Colombia. De acuerdo con la categorización de los ríos de la cuenca del Rímac (véase **Tabla 6.2**), se realizan las

comparaciones de los resultados del muestreo con los siguientes estándares de calidad ambiental del agua: Perú - Categoría 1- 2A, Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional; Estado de Oregón, criterios de calidad de agua para la salud humana; Colombia, concentración de sustancias químicas permitidas en el agua potable (véase **Tabla 6.6**).

Tabla 6.6 Comparación de estándares de calidad ambiental con los datos del muestreo de los ríos Aruri y Rímac

Unidad (mg/L)	ECA Perú 1 - A2	ECA Oregón	ECA Colombia	Aruri 1	Aruri 2	Reservorio	Rímac 1	Rímac 2
Arsénico total	0,01	0,0021	0,05	0,01	< 0,01	< 0,01	0,06	0,03
Cadmio total	0,003	N.E.	0,005	0,017	0,004	N.D.	N.D.	0,002
Cobre total	2	1,3	1	0,125	0,023	0,013	0,011	0,043
Hierro total	1	N.E.	0,3	1,821	0,244	0,094	0,114	0,241
Manganeso total	0,4	N.E.	0,1	1,012	0,231	0,094	0,083	0,230
Plomo total	0,05	N.E.	0,01	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cinc total	5	2,1	5	2,380	0,559	0,251	0,069	0,817
Supera el ECA – Perú:				Supera el ECA – Oregón:				

N.D.: No detectable; N.E.: No establecido

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del *arsénico* (véase **Figura 6.1**), los puntos de muestreo del río Aruri y la muestra del reservorio de la comunidad de San Antonio cumplen con los estándares de Perú y Colombia. Sobre las muestras del río Rímac, en la primera, no afectada por la afluencia del río Aruri, el nivel supera todos los estándares; en la segunda muestra del río Rímac, después de la confluencia, el nivel supera los estándares de Perú y del Estado de Oregón; además, es evidente que la cantidad de As del río Rímac no se incrementa por contribución de las aguas del río Aruri. En resumen, todas las muestras superan el criterio de calidad del Estado de Oregón, mucho menor (0,0021 mg/L) comparado con los demás estándares, lo cual es lógico ya que toma en cuenta su toxicidad y sus efectos carcinógenos.

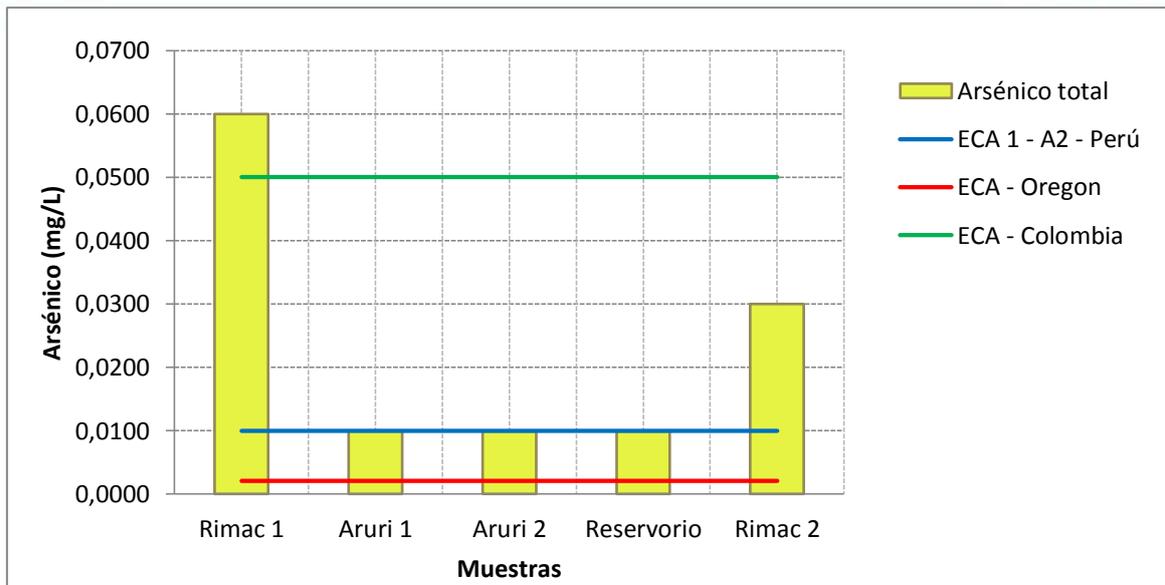


Figura 6.1 Comparación de los resultados de arsénico con los ECA

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del *cadmio*, la primera muestra del río Aruri, más cercana a los relaves, supera ampliamente los estándares de Perú y Colombia (véase **Figura 6.2**). La segunda muestra supera los estándares de Perú. Las muestras del reservorio de la Comunidad de San Antonio y la primera muestra del río Rímac, no afectada por la afluencia del río Aruri, no señalan niveles de cadmio detectados por el método de análisis. La segunda muestra del río Rímac no supera ninguno de los estándares de Cd; sin embargo, se puede observar que el río Aruri sí contribuye a aumentar la concentración de Cd en el río Rímac. En líneas generales, el contenido de Cd es superior en la cuenca alta del río Aruri y va disminuyendo hasta su desembocadura en el río Rímac.

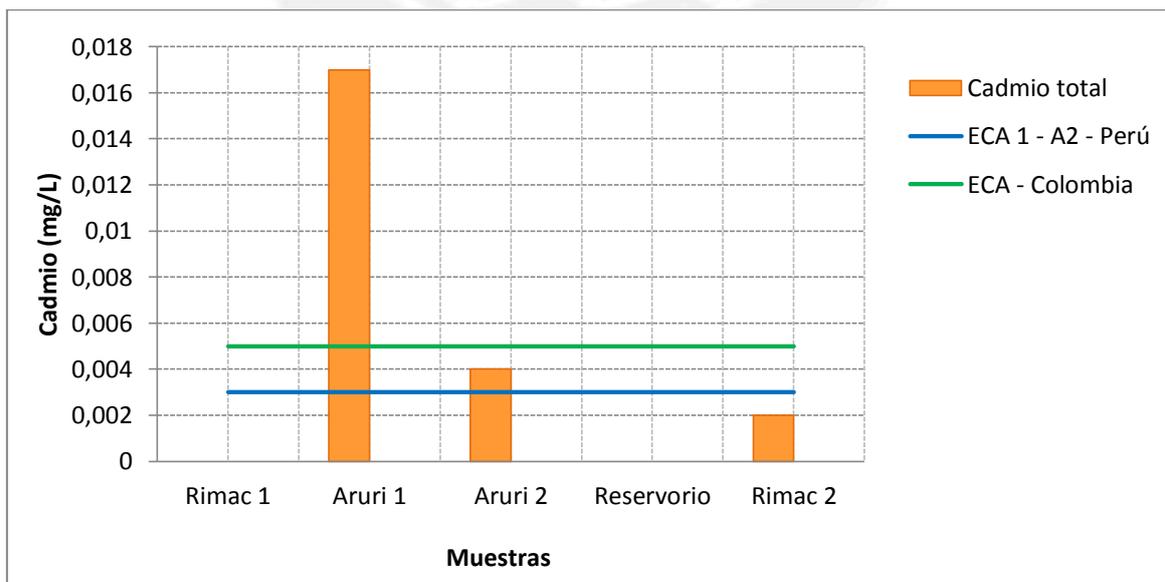


Figura 6.2 Comparación de los resultados de cadmio con los ECA

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de *hierro*, la primera muestra del río Aruri, cercana a los relaves, supera los estándares de Perú y Colombia (véase **Figura 6.3**). Las muestras de la cuenca media del río Aruri y la del reservorio de la comunidad de San Antonio disminuyen aguas abajo y ninguna supera los estándares. Del análisis de las muestras del río Rímac, la primera, no afectada por la afluencia del río Aruri, y la segunda, afectada por la afluencia del río Aruri, se concluye que este río aporta al contenido de Fe en el río Rímac. En resumen, la muestra más próxima a los relaves supera todos los estándares y las muestras subsiguientes están por debajo del máximo nivel de Fe permitido en el recurso hídrico.

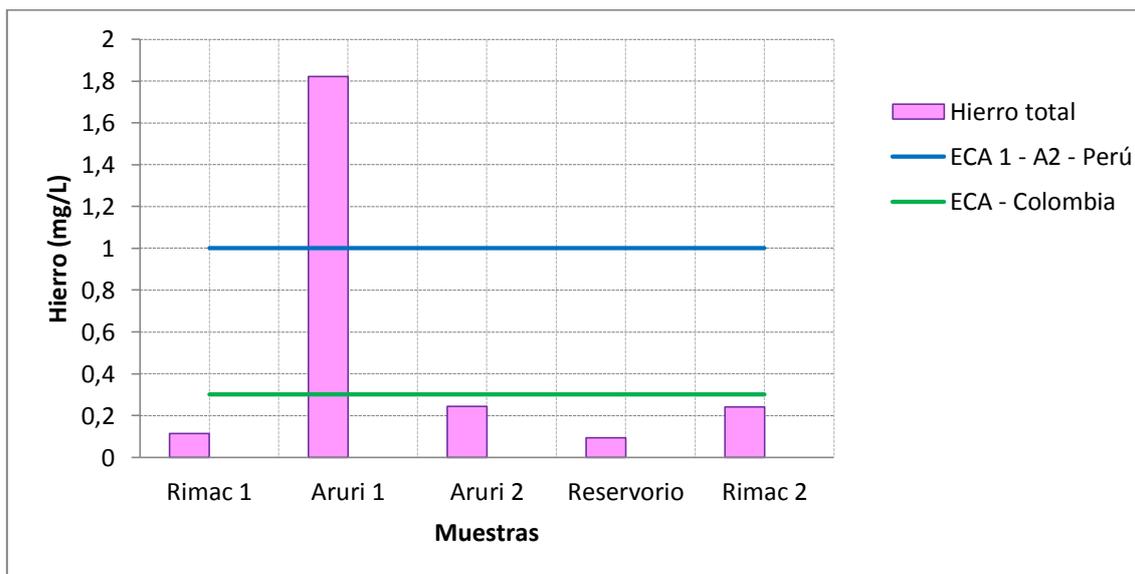


Figura 6.3 Comparación de los resultados de hierro con los ECA

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del *manganeso*, la primera muestra del río Aruri, más próxima a los relaves, supera los estándares de Perú y Colombia (véase **Figura 6.4**) mientras que la segunda muestra supera el estándar de Perú. La muestra del reservorio y la primera muestra del río Rímac, no afectada por la afluencia del río Aruri, están ligeramente por debajo del estándar nacional. La segunda muestra del río Rímac supera el estándar peruano, por lo que es evidente que el río Aruri contribuye con el incremento del contenido de Mn en el río Rímac. En líneas generales, la cantidad de Mn es mayor en la parte alta del río Aruri, afectada por los relaves, y disminuye aguas abajo.

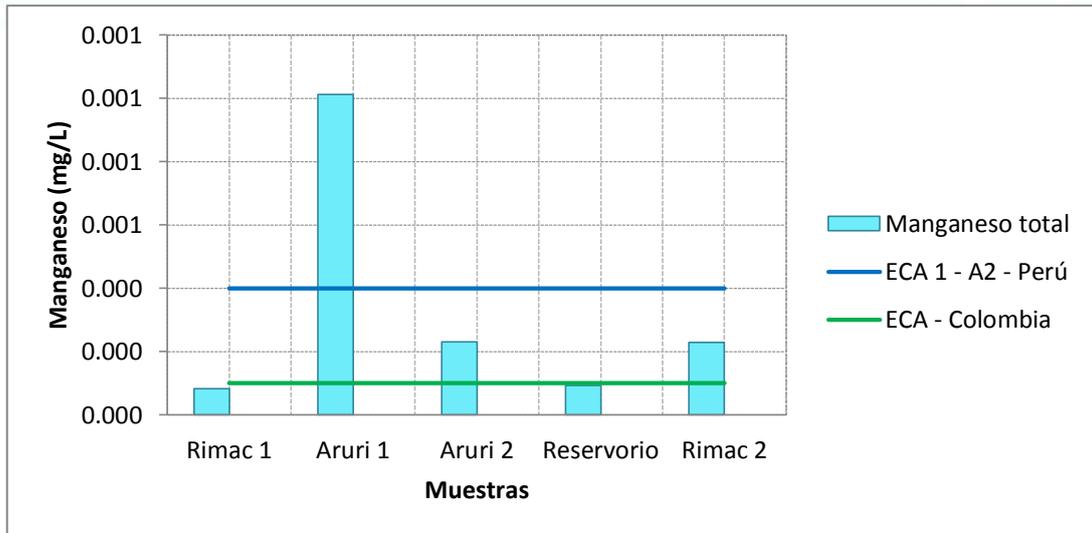


Figura 6.4 Comparación de los resultados de manganeso con los ECA

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del *cinc*, la primera muestra del río Aruri, más próxima a los relaves, está por debajo de los estándares de Perú y Colombia (véase **Figura 6.5**) y no cumple con los de Oregón. La segunda muestra del río Aruri y la del reservorio de la comunidad de San Antonio no superan los estándares de calidad y presentan una tendencia a disminuir aguas abajo. La primera muestra del río Rímac, no afectada por la afluencia del río Aruri, evidencia niveles muy bajos de Zn, lo cual contrasta con la cantidad encontrada en la segunda muestra del río Rímac, naturalmente debido a la contribución del río Aruri. En resumen, todas las muestras no superan los estándares de Oregón, Perú y Colombia, excepto por la primera muestra que supera ligeramente el estándar de Oregón. La cantidad de Zn muestra una tendencia a disminuir desde la cuenca alta hasta la desembocadura; asimismo, el río Aruri aporta con niveles de Zn en el río Rímac.

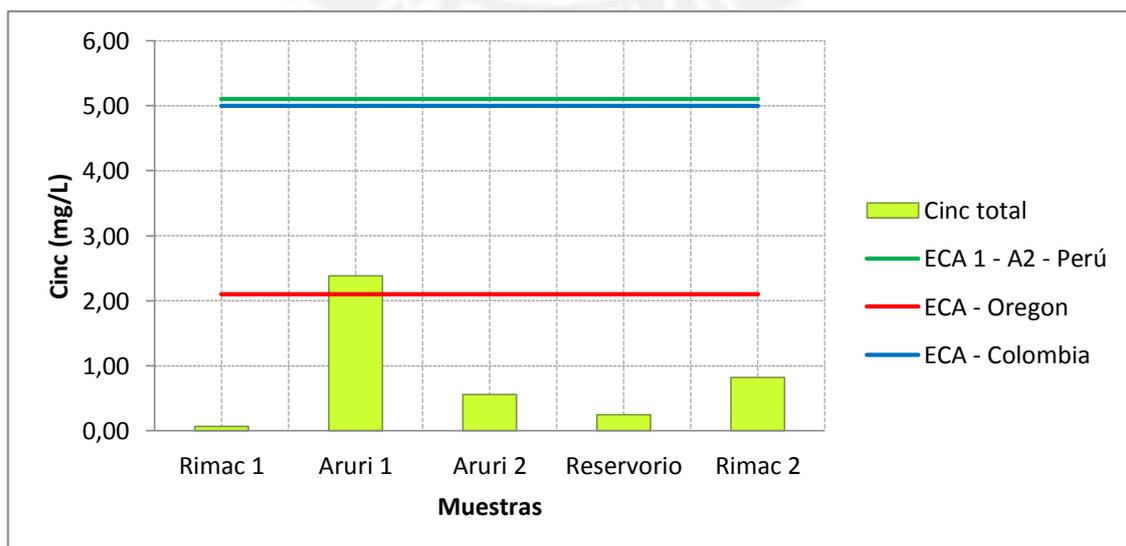


Figura 6.5 Comparación de los resultados de cinc con los ECA

Fuente: Elaboración propia

Los elementos Cd, Fe, Mn y Zn muestran la tendencia de ser más abundantes cuando están más cerca de la fuente de contaminación (relaves) y conforme se alejan estos disminuyen. Entonces, si aguas abajo se reduce la cantidad de estos elementos, ¿dónde se quedan? La respuesta es muy compleja, principalmente, porque el destino de los elementos tóxicos liberados en los ríos depende de diversos procesos físicos y químicos¹⁸. Lo más probable es que, entre todos los procesos físicos y químicos, la sedimentación y la dilución sean las principales causas para que aguas abajo los elementos disminuyan. Lo concreto es que, al comparar los análisis de metales y metaloides disueltos (véase **Tabla 5.2**) con metales y metaloides totales (véase **Tabla 5.3**), se observa que los elementos se encuentran en mayor cantidad disueltos, lo que significa que están en forma iónica. El estado iónico de los metales y metaloides (cationes) los hace más movibles y biodisponibles (Salomons 1995, 13). Ello agudiza el riesgo de las comunidades de San José de Paráca y San Antonio porque utilizan esta agua para regar sus cultivos, que normalmente son de autoconsumo.

Ambas comunidades siembran papa y alfalfa en época de estiaje (con riego). La alfalfa es utilizada para alimentar a su ganado, y también cuyes en el caso de la comunidad de San Antonio. De acuerdo, a Wright y Welbourn, 2002, el metal que es introducido en el substrato es transferido en un 10 % al siguiente nivel trófico en un ecosistema ideal (2002, 269); es decir, la concentración de metales puede incrementarse diez veces más en cada nivel (véase **Figura 6.6**). En consecuencia, los productos agrícolas no son la única vía de exposición sino también el ganado que, por estar en un nivel trófico más alto que las plantas, aportan mayor cantidad de contaminantes. Sin embargo, la cantidad de sustancias tóxicas que ingresan a las plantas por absorción depende de las propiedades fisicoquímicas de la sustancia y de las condiciones ambientales (Guo, Ott y Cutright 2014, 47). Por consiguiente, es difícil medir el nivel de riesgo por exposición crónica a estas sustancias contaminantes, sobre todo a las sustancias carcinógenas como el As y Cd; fundamentalmente, debido a que la información acerca del proceso de absorción de metales y metaloides, de su distribución en las plantas y de los factores que afectan la su acumulación es aún limitada (Weis y Weis 2004, 685).

¹⁸ Los procesos que se dan en las corrientes de agua y que hacen factible la directa o indirecta atenuación de los contaminantes son los siguientes: 1) físicos: advección, dilución, dispersión y sedimentación; 2) químicos: reacciones, precipitación, coprecipitación y adsorción sobre los sedimentos o partículas suspendidas en el cauce del río (Salomons 1995, 9)

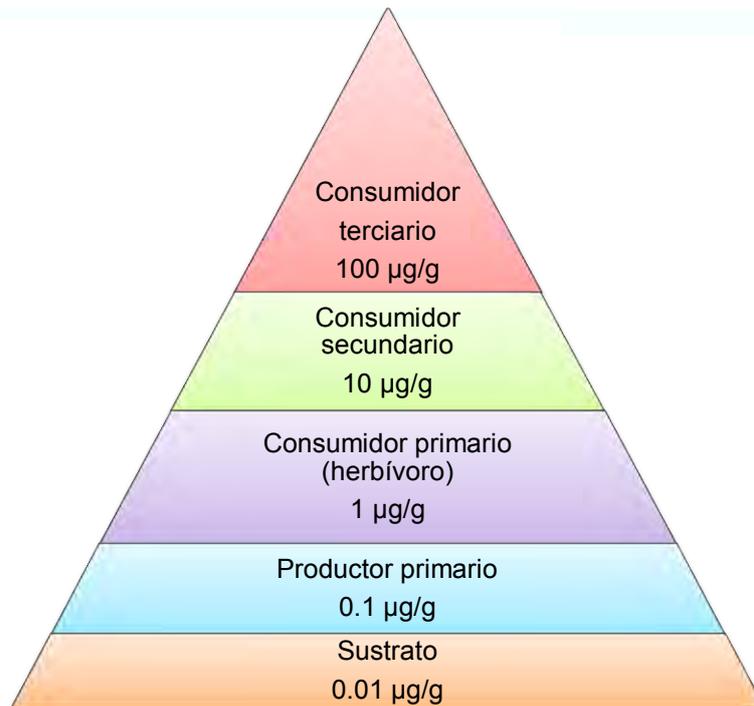


Figura 6.6 Concentración sucesiva de metales en un ecosistema simple

Fuente: (Wright y Welbourn 2002, 269)

No obstante, algunos estudios concluyen que la alfalfa (*Medicago sativa*) tiene una gran capacidad de absorción de metales (Cd, Cr, Zn, Pb), por lo que sugieren su uso como planta fitoremediadora (Gardea-Torresdey, y otros 1998, 38, Peralta-Videa, y otros 2002, 300). Por otro lado, la papa (*Solanum tuberosum*) también presenta características de hiperacumulación cuando el ratio de concentración del metal en la parte aérea sobre la concentración en las raíces es mayor a 1. El Cr, Sb y Ag se acumulan normalmente en el tubérculo; el As tiende a almacenarse en las raíces y hojas de la planta de papa (Baghour, y otros 2001, 1389). Asimismo, el incremento de temperatura aumenta la absorción y acumulación de elementos como Cu, Zn y Fe en las hojas, pero disminuye la absorción de Cd, Pb, Fe, Zn y Cu en los tubérculos (Rajkumar, y otros 2013, 76).

Es preciso señalar que este análisis corresponde a un muestreo puntual en la época de estiaje, que se realizó con la premisa de que los metales y metaloides tienen mayor probabilidad de encontrarse más concentrados en los ríos debido a la poca cantidad de agua de acuerdo al ciclo hidrológico (véase **Figura 4.7**). Sin embargo, la época de lluvia supone procesos como meteorización, lixiviación e iluviación de relaves expuestos, lo cual puede incrementar considerablemente la cantidad de contaminantes en los cursos de agua. Para el presente estudio, no se tomó en cuenta el muestreo en época de lluvia debido a que las comunidades en estudio no utilizan agua para riego en esta época. Finalmente, una de las observaciones al presente análisis es la falta de muestras que

repliquen los resultados para obtener una data más robusta; sin embargo, los datos obtenidos se respaldan en diversos estudios (Calla 2010, 11-12, Gonzales y Aguirre 2002, 39) y monitoreos de la ANA, los que muestran el grado de contaminación por metales y metaloides de los ríos Aruri y Rímac (Autoridad Nacional del Agua 2014, 13-19).

6.3 Aplicación del monitoreo del enfoque ecosistémico

El uso de los indicadores, propuestos por Andrade, Arguedas y Vides, el 2011, para evaluar la aplicación del enfoque ecosistémico en las comunidades de San José de Párac y San Antonio fue de mucha utilidad. En primer lugar, se logró obtener información acerca del funcionamiento del sistema agrícola – ganadero y su relación con las demás actividades; asimismo, datos sobre los principales actores que las comunidades reconocen; y, finalmente, información sobre las principales amenazas al desarrollo de sus actividades agropecuarias. En segundo lugar, la aplicación de esta metodología permitió profundizar el reconocimiento de las relaciones hombre – naturaleza que mantienen ambas comunidades que, a pesar de estar en un mismo distrito, presentan diferencias muy claras. A continuación, se discuten las principales diferencias encontradas en ambas comunidades, las mismas que se organizan de acuerdo a los cinco pasos establecidos por la UICN.

6.3.1 Determinación de actores

La comunidad de San José de Párac es rural y se encuentra alejada del distrito de San Mateo. Desde este punto de vista, ellos tienen varias diferencias considerables con la comunidad de San Antonio, cuyos habitantes son urbanos. En primer lugar, los comuneros de San José de Párac reconocen como actores importantes a las empresas mineras, mucho más que a los organismos del Estado. Por el contrario, los comuneros de San Antonio reconocen tanto a los organismos estatales como a los privados. En segundo lugar, la comunidad de San José de Párac muestra un manejo más comunitario de las tierras, ya que todos los comuneros participan en la toma de decisiones; también, muestran mayor diversidad de cultivos. En el caso de la comunidad de San Antonio, la toma de decisiones recae en el presidente y los comuneros activos; sus sembríos son primordialmente papa y alfalfa. En líneas generales, el manejo ancestral está más presente en la comunidad de San José de Párac por la rotación de cultivos y el uso de guano de isla.

6.3.2 Estructura del ecosistema

Las preocupaciones en cuanto a los servicios del ecosistema difieren en ambos grupos. La principal preocupación para la comunidad de San José de Párac es la falta de riego, ya que desean implementar los cultivos en la temporada seca (mayo – agosto); actualmente tienen sistema de riego por inundación y aún no disponen de un reservorio. Por otro lado, la comunidad de San Antonio, que dispone de riego y de un reservorio de agua, indicó que su principal factor limitante son las tierras debido a que las cantidades asignadas a los comuneros varían. También mencionó el problema del sobrepastoreo y la contaminación del agua. En resumen, San José de Párac requiere agua porque tiene tierra a disposición y pocos comuneros (72); por el contrario, San Antonio requiere tierras porque tiene 200 comuneros y ya tiene implementado el sistema de riego.

6.3.3 Aspectos económicos

Ambas comunidades soportan la idea de que la agricultura solamente genera ingresos para la alimentación; entonces, para cubrir otros gastos como el de educación, ellos han diversificado sus actividades. Así, la mayoría siembra pero, al mismo tiempo, son comerciantes, trabajan en las minas, o desarrollan otro tipo de actividad. No obstante, la comunidad de San José de Párac señala que se disponen de mayores oportunidades laborales ofrecidas por el sector minero. Esto se confirma con los resultados del INEI, que muestran que 47 % de la PEA rural se dedica a la actividad minera, mientras que la PEA dedicada a la actividad minera en la zona urbana es solo 35 %.

6.3.4 Manejo adaptativo en el espacio

Uno de los principales problemas que enfrentan ambas comunidades es la contaminación minera debido a que colindan con estas actividades. Paradójicamente, la comunidad de San José de Párac, a pesar de ser la más afectada por estas actividades, no comprende realmente los impactos negativos de la actividad minera mal conducida. En cambio, la comunidad de San Antonio muestra mayor preocupación por la remediación y mitigación de los impactos de la minería. Aunque la comunidad de San Antonio está ampliamente beneficiada por diversas empresas mineras, mantiene su tradición de preservación y conservación de sus tierras, lo que les caracteriza desde su primera manifestación en defensa de sus derechos ambientales en 1934. Finalmente, ambas comunidades perciben al Estado como el organismo que debe remediar los pasivos y disocian este problema de las nuevas empresas mineras cuyo objetivo es reaprovechar estos pasivos. Asimismo, las comunidades coinciden con la idea de que el Gobierno prioriza la actividad minera por sobre las demás, especialmente la agricultura.

6.3.5 Manejo adaptativo en el tiempo

Sobre el futuro de las actividades agropecuarias, ambas comunidades difieren en su visión de largo plazo. La comunidad de San José de Párac es optimista y considera que la agricultura se mantendrá por mucho tiempo; asimismo, tienen proyectos de mejorar su sistema de riego. En cambio, la comunidad de San Mateo muestra cierta apatía principalmente por el poco interés de los comuneros en continuar con las actividades agropecuarias, ya que la mayoría se dedica a otras actividades que son más rentables. Sobre el cambio climático, ambas comunidades coinciden en advertir los cambios que se evidencian en el clima. El friaje afecta a su ganado debido a que no pueden soportar las bajas temperaturas y muertes. Cada vez es menos predecible la época de lluvias y ello afecta seriamente la agricultura.

6.4 Evaluación Social Multicriterio

Para la aplicación de la SCME, ha sido necesario el uso de diferentes fuentes de información para comprender el grado de influencia y discurso de los principales actores relacionados con los pasivos de Millotingo. De esta manera, se han identificado actores a nivel local, regional, nacional e internacional (véase **Tabla 5.4**). No obstante, el acceso a la información de cada uno de estos actores ha supuesto diferentes grados de dificultad. A continuación se describen los sucesos resaltantes de la búsqueda de información.

A escala local, el municipio de San Mateo de Huanchor y la Posta Médica mostraron poco apoyo a pesar de que se entregaron cartas de presentación y solicitud de acceso a la información pública. En la Posta Médica se entregó una solicitud a la Dra. Tania Martínez Lozano, jefa de Microred San Mateo – Matucana (véase **Anexo 03: Solicitudes de acceso a la información pública**). Después de dejar la solicitud, trascurrió una semana, se llevó a cabo el seguimiento, y lamentablemente negaron el acceso aduciendo que la Dra. Martínez ya no era jefa y que debía preparar una nueva solicitud para el nuevo jefe. Solo se pudo acceder a dos hojas que reportaban la tasa de morbilidad, luego de explicar en repetidas ocasiones que era estudiante y viajaba desde Lima. Lo mismo ocurrió en la Municipalidad de San Mateo: un trabajador presentó un documento en el cual se registraba la cantidad de habitantes en Párac; entonces, se pidió una copia simple de esa hoja. Primero se negó la entrega de la copia, después se tuvo que conversar con el secretario de la Municipalidad, quien explicó que para esa copia simple se requería la presentación de una solicitud y el pago por derechos administrativos S/. 5.00 (cinco con ⁰⁰/₁₀₀ nuevos soles) (véase **Anexo 03: Solicitudes de acceso a la información pública**).

Efectivamente, se realizó lo requerido; sin embargo, sorprendentemente, se pidió que se espere cinco días para la respuesta a la solicitud de un documento ya identificado.

A escala regional, lo más difícil fue obtener el Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto Ecológico Charito (Proemina). Se solicitó el documento por acceso a la información pública al Director Regional de Energía y Minas – Lima (DREM – Lima), Dr. William Iván de la Vega; sin embargo, fue negado aduciendo que la DREM – Lima no había desarrollado el documento y por el trabajo científico se debía pedir autorización al autor del mismo, de acuerdo a Ley (véase **Anexo 03: Solicitudes de acceso a la información pública**). Esta respuesta da a entender que los encargados, probablemente, no están informados de que los Estudios de Impacto Ambiental en Perú no los realiza el Estado sino una entidad debidamente autorizada por la DGAAM del MINEM¹⁹. Asimismo, preocupa que tanto el jefe de la DREM – Lima como la encargada de Transparencia, la abogada Jessica Janet Lengua, parezcan no estar enterados del carácter público de los documentos de evaluación ambiental. Frente a la negativa de acceso a la información, se solicitó la reconsideración de solicitud (véase **Anexo 03: Solicitudes de acceso a la información pública**) alegando el precedente de *Hábeas Data* del proyecto Inambari, y los alcances de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública. Finalmente, se obtuvo el documento por la intervención de la Oficina de Control Institucional en el Gobierno Regional y de la Contraloría General de la República.

A escala nacional, fue necesario realizar entrevistas a representantes del MINEM y la ANA. Para contactar a los encargados de la DREM y la DGAAM para una entrevista, en repetidas ocasiones se hicieron llamadas telefónicas y envío de cartas de presentación vía electrónica; sin embargo, no se recibió alguna respuesta. Gracias a la abogada Carla Rodríguez Lázaro, quien trabaja en el tema de pasivos ambientales mineros, se logró pactar entrevistas con el abogado Elvis De La Cruz Suazo y la ingeniera Magali Anaya Hilario de la DREM, y el ingeniero Michael Acosta Arce de la DGAAM. Se observa una gran diferencia en el caso de la Autoridad Nacional de Agua, pues fue suficiente el envío de un correo electrónico al encargado del área de Transparencia, el abogado Rafael Martín Velásquez Peláez. Se solicitó acceso a la información pública dirigida al ingeniero Juan Carlos Castro Vargas, director de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos. El Sr. Velásquez inmediatamente respondió a la solicitud y se realizó el contacto con la

¹⁹ Para el caso de mediana y gran minería hay una lista con las consultoras autorizadas para realizar estudios de impacto ambiental. Para el caso de pequeña minería y minería artesanal lo puede realizar cualquier profesional que acredite competencia.

ingeniera Flor de María Huamaní quien labora en el área de Gestión de Calidad en la ANA.

En líneas generales, el acceso a la información pública es mucho más probable en las instituciones de escala nacional. A nivel regional se percibe falta de información sobre procedimientos administrativos, lo cual obedece a la reciente formación de Gobiernos Regionales y también al constante cambio de profesionales, puesto que la mayoría son cargos políticos; es decir, con cada nuevo presidente ingresan a laborar nuevos trabajadores que en algunos casos cuentan con poca experiencia. La misma situación ocurre a nivel local: con el cambio de alcaldes también cambia el personal. Sin embargo, a nivel local el problema no es solo la continuidad de profesionales capacitados sino la continuidad de los planes, programas y proyectos. Cada gobierno ingresa y decide empezar todo de nuevo en desmedro de la gestión anterior. Es el caso del Plan de Desarrollo Sostenible del Distrito de San Mateo de Huanchor, que fue elaborado en el 2000, del cual no se dispone de ninguna información, actualmente, en la Municipalidad de San Mateo. Si se considerara este plan, este sería muy útil para la toma de decisiones, y priorización de planes y proyectos del gobierno actual.

Actualmente, el estado de los relaves de Millotingo (entre ellos también el relave de Pacococha) tiene prioridad Muy Alta de acuerdo con la categorización realizada por la DGAAM. Esta categorización implica la inmediata remediación de los pasivos a cargo del Estado, por medio de Activos Mineros. Activos Mineros cuenta con un presupuesto para la planificación y ejecución de proyectos de remediación de los pasivos con categoría de riesgo Muy Alto. Sin embargo, los trámites en el Ministerio de Economía y Finanzas para aprobar el uso de este fondo están retrasados y, actualmente, no hay ejecución en campo de remediación de pasivos mineros²⁰. Aún están en la etapa de planificación.

De aprobarse pronto el uso de fondos para remediación, estos no podrían ser utilizados para remediar los pasivos en Millotingo ya que, actualmente, esta zona es parte de un proceso legal en el Tribunal Constitucional, por los derechos administrativos en el complejo minero ex Millotingo, en el que la empresa Proemina S.A.C está apelando sus derechos sobre esta área. Como se indicó, Proemina presentó su EIASd del *Proyecto Ecológico Charito* para procesar los relaves de Millotingo y obtener Ag. La categoría de esta empresa es de *pequeña minería* por la capacidad de 350 TMD, la cantidad máxima que puede procesar un pequeño minero. Para el caso de pequeños mineros el EIASd es

²⁰ Aunque por medio del Convenio Tripartito entre el MINEM, el Fondo Nacional del Ambiente – Perú (FONAM) y Activos Mineros el 2007 se aprobó por RM N° 290-2007-MEM/DM la remediación ambiental de los cinco depósitos de relaves de el Dorado, Cajamarca (Activos Mineros 2007, 1).

presentado a los Gobiernos Regionales. En este caso la Dirección Regional de Minería – Lima aprobó el instrumento. Sin duda alguna, lo más conveniente para Proemina fue tener esta categoría de pequeño minero, lo cual le proporcionó una serie de beneficios. Uno de ellos fue que no han necesitado contratar una empresa autorizada para la elaboración de instrumentos de gestión ambiental.

Proemina presentó su Proyecto Ecológico Charito, sobre reaprovechamiento de relaves en la parte alta de río Aruri, a diversas instituciones. Así, en diciembre de 2012 el Ministerio del Ambiente y la Maestría en Biocomercio y Desarrollo Sostenible de la PUCP entregaron a los representantes de la empresa Proemina el Premio Nacional de Ciudadanía Ambiental, en la categoría de Econegocios y Biocomercio²¹. Sin embargo, el mismo año en febrero la comunidad de San José de Párac, ubicada en la parte media del río Aruri, sufrió grandes pérdidas de ganados debido a la contaminación. Así lo registra un informe de CODEMADES (véase **Tabla 5.4**) y también los entrevistados de las comunidades, aunque algunos, por proteger a la empresa minera, no atribuyen este hecho a la puesta en marcha de este proyecto. Es llamativo que este proyecto y su impacto negativo, a pesar de ejecutarse a solo cuatro horas de la capital, sean invisibles a la mirada de instituciones serias.

Existen algunos puntos en el EIA_s que resaltan la poca sostenibilidad de este proyecto. Por ejemplo, no considera la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, sino la construcción de tres pozos de decantación. Asimismo, en el EIA_s se menciona que los reactivos utilizados en la etapa de preparación y acondicionamiento de los minerales son biodegradables (ACOMISA 2008, 5). Estos reactivos son Ditiofosfato A – 404²², Aeroflot 242²³, Xantato de isopropilo de sodio²⁴ y Froth 70 - (Metil Isobutil Carbinol (MIBC), cal hidratada²⁵ y petróleo²⁶ (Proemina S.A.C. 2008, 100). De esta lista de reactivos el único que está categorizado como biodegradable es el Froth 70-MIBC; no obstante, la hoja de seguridad sugiere evitar el contacto con cursos de agua debido a su toxicidad (véase **Anexo 04: Hoja de seguridad del Froth 70 - MIBC**). En resumen, la mayoría de estos agentes reactivos no son biodegradables; además, no se conocen específicamente los

²¹ Se puede visualizar el diploma en el siguiente link:<<http://www.proemina.com/>>

²² Sobre la información ecológica y biodegradabilidad no se tienen datos en la hoja de seguridad. Véase: <<http://69.167.133.98/~dqisaco/pdf/DITIOFOSFATO%20AERO%20404%20Promoter.pdf>>

²³ No es fácilmente biodegradable y es nocivo para los organismos acuáticos. Véase:

<http://www.sfm.state.or.us/CR2K_SubDB/MSDS/AEROFLOAT_242_PROMOTER.PDF>

²⁴ No es fácilmente biodegradable y no se conocen ampliamente los efectos ambientales. Véase:

<<http://www.canadianzinc.com/docs/prairie/metallurgical/msds-aero343xanthate.PDF>>

²⁵ Producto no biodegradable y es peligroso para el medio ambiente. Véase:

<<http://www.gtm.net/images/industrial/c/CAL%20HIDRATADA.pdf>>

²⁶ No hay información sobre su biodegradabilidad. Es tóxico para la vida acuática. Véase:

<<http://www.petroperu.com.pe/portalweb/archivos/HojaDatosSeguridadPI500-dic2013.pdf>>

riesgos medio ambientales de estos insumos químicos. En el caso del Froth 70-MIBC no existe relación directa entre la biodegradabilidad, y la baja o nula toxicidad con el medio ambiente; es decir, el hecho de que un producto sea biodegradable no implica que este no sea tóxico para el medio ambiente. En consecuencia, el tratamiento de las aguas residuales derivadas del proceso de minerales requiere de procesos físicos y químicos adicionales a la decantación para eliminar estos insumos que son peligrosos para el medio acuático.

Por otro lado, el EIASd menciona que el río Aruri en la parte alta cumplía con los estándares de la Ley General de Aguas Clase III, cuando por diversos informes de DIGESA se conoce el estado de contaminación, ya que los relaves están en el cauce del río Aruri. En conclusión, la idea de procesar pasivos mineros a simple vista puede parecer *ecoamigable*; sin embargo, ello implica mucha inversión que probablemente un pequeño minero no podría costear. Asimismo, la revisión de los instrumentos de gestión ambiental para el sector minero (extractivo) debe ser más estricta y, más aún, si se habla de reaprovechamiento de pasivos, lo cual puede exponer más los contaminantes con serios impactos en el ambiente. Finalmente, el Gobierno Regional requiere fortalecer sus capacidades para que revisen estos documentos de gestión ambiental. El MINEM sabe de la problemática ambiental de los relaves de Millotingo; sin embargo, por una cuestión de competencias no puede intervenir, pues el Gobierno Regional de Lima es soberano.

La Autoridad Nacional del Agua tiene como objetivo limpiar la cuenca del Rímac para el 2021; para ello, ha formado la Comisión Multisectorial para la Recuperación de la Cuenca del Río Rímac con diferentes sectores del gobierno. Uno de sus primeros avances fue la identificación de las fuentes de contaminación y actualmente está trabajando en el Plan Maestro para la recuperación de la cuenca. El 16 de octubre de 2012, la ANA firmó un convenio²⁷ con la República de Corea del Sur para que pueda colaborar en la cuenca del Rímac. El Plan Maestro para la recuperación del río Rímac está en proceso de elaboración, el cual estará listo en agosto de 2015. Actualmente, la ANA se ha enfocado en el monitoreo de calidad de agua; aunque este contempla variables químicas, físicas y biológicas, estas variables solo incluyen pocos parámetros, como, por ejemplo, coliformes (Autoridad Nacional del Agua 2014, 14-15). El monitoreo biológico debería ser más amplio, ya que considerar el estudio de la biota acuática permite obtener indicadores para evaluar la recuperación progresiva del ecosistema acuático. Si el objetivo es recuperar la cuenca, por lo menos se debería realizar una línea base con un análisis multidisciplinario, en el

²⁷ Convenio de cooperación en gestión de recursos hídricos y desarrollo de los ríos en las cuencas entre el Ministerio de Agricultura y la Autoridad Nacional del Agua de la República del Perú y la Dirección nacional de Restauración de Ríos de la República de Corea.

que no solo se identifique las fuentes de contaminación sino también a los afectados. Finalmente, la Comisión Multisectorial, conformada por organismos a escala nacional, de alguna manera debe involucrar a los actores locales como municipalidades distritales y miembros de las comunidades campesinas.

Las empresas mineras, con sus programas de responsabilidad social empresarial, conforman una fuente importante de apoyo social a las comunidades, más aún cuando están alejadas no solo geográficamente de las instituciones estatales. En el caso de la empresa Nyrstar, es cuestionable el apoyo a la comunidad de San Mateo. La empresa financió la construcción del reservorio; asimismo, apoyó con la implementación del sistema de riego por aspersion a la comunidad. El problema radica en que todo este sistema de riego traslada agua contaminada del río Aruri desde su cuenca media hasta el reservorio ubicado en la parte alta del cerro Tamboraque. La empresa Nyrstar priorizó el apoyo a la comunidad de San Antonio, pese a que San José de Párac, que se encuentra más cerca a sus actividades, también lo requería. No obstante, esta priorización obedece al riesgo de colapso de sus dos canchas de relave (DS N° 050-2008-PCM²⁸) ubicadas en las faldas del cerro Tamboraque. En otras palabras, el riego por inundación de la comunidad de San Antonio incrementa la probabilidad de deslizamiento del cerro; en consecuencia, la empresa decidió implementar el riego por aspersion que utiliza menos cantidad de agua. En conclusión, los programas de responsabilidad social empresarial deberían proyectarse con una visión de largo plazo y sostenible tanto social como ambientalmente, y no tan solo ser una herramienta para obtener licencia social con pequeñas dádivas.

Evidentemente, la actividad minera es representada por la sostenibilidad débil, la cual explica que el capital natural (irreemplazable) puede de alguna manera ser transformado y reemplazado por capital humano (Amezaga, Rötting, y otros 2011, 21, Neumayer 2010, 22). De esta manera, la creación de riqueza contribuye al desarrollo sostenible por medio de la lucha contra la pobreza e incremento de la calidad de vida (Bridge 2004, 233, Hinton, Veiga y Veiga 2003, 113). Entonces, a pesar de no conservar minerales para las generaciones futuras, al menos se deberían crear mejores condiciones de vida para las comunidades que conviven con la actividad minera. En el Perú, aun cuando el sector minero representa un gran aporte para la macroeconomía del país, este no se ve reflejado en los distritos que albergan esta actividad. Roxana Barrantes, el 2005, analizó una década de implementación de la promoción minera (1992) y encontró que la mayoría de distritos

²⁸ Presidencia del Consejo de Ministros. Decreto Supremo 050-2008-PCM. Declaran en Estado de Emergencia al cerro Tamboraque, ubicado en el distrito de San Mateo de Huanchor, provincia de Huarochirí, departamento de Lima. Publicado en el diario El Peruano el 18 de julio de 2008.

mineros, quienes antes de la actividad minera se encontraban en estado de pobreza, después de la llegada de la minería continuaban siendo pobres (Barrantes 2005, 53-55). Así, la búsqueda de sostenibilidad en lugares donde existen pasivos mineros y el interés de reexplotarlos resulta ser complicada, como es el caso de Proemina, y las comunidades afectadas San José de Párac y San Antonio.

Según la interpretación de la curva de Kuznets, a medida que los ingresos aumentan se presenta una degradación ambiental hasta cierto punto; por ello, los países en vías de desarrollo no pueden darse el lujo de priorizar la conservación ambiental. Solo a medida que se incrementan los ingresos, las personas prestan mayor atención a los temas ambientales, y así el control y la fiscalización ambiental aumenta; por lo tanto, la calidad ambiental mejora (López-Menéndez, Pérez y Moreno 2014, 369, Munasinghe 1999, 106, Quan y Reuveny 2006, 953-954). Desde esta aproximación, la comunidad de San José de Párac puede ser ubicada en los inicios de la curva de Kuznets porque no muestra rechazo a las actividades mineras pese a los problemas de contaminación. Por otro lado, la comunidad de San Antonio por sus antecedentes ligados con la defensa de sus recursos naturales no puede ser descrita con la curva de Kuznets.

Sobre la relación pobreza y degradación ambiental, el Informe Brundtland concluye que la pobreza es la principal causa de los problemas ambientales (ONU 1987, 21). No obstante esta relación es rechazada por no considerar aspectos como modelos de desarrollo, políticas y acciones del Estado, y las estrategias de sobrevivencia de las comunidades (Duraiappah 1998, 2170, Comas 1999, 95). Sin duda, para este caso de estudio dicha relación es muy compleja. Así, al comparar el uso de recursos en la quebrada Párac, se observa que las actividades de agropecuarias de las comunidades son más sostenibles en comparación con la actividad minera irresponsable (actual y antigua) que ha demostrado generar residuos que superan escalas espaciales y temporales. De este modo, se evidencia que la degradación ambiental no está estrictamente relacionada con la pobreza, sino más bien con el desempeño del Estado, quien es el encargado de fiscalizar a las empresas para la protección del medio ambiente.

Capítulo 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- A partir del análisis microscópico se demostró la existencia de minerales sulfurados en los relaves de Millotingo, ubicados en la cuenca alta del río Aruri; asimismo, por medio del análisis químico por espectroscopia atómica y fluorescencia de rayos X, se demostró la gran cantidad de hierro (pirita) en los relaves. La pirita es el principal productor de drenaje ácido cuando este sulfuro está expuesto al aire y agua. Por ello, estos relaves pueden producir aguas ácidas que liberan los metales y metaloides a las aguas del río Aruri en la parte alta, ya que los relaves se encuentran en el cauce de este cuerpo de agua.
- Por medio de la evaluación de calidad de agua tanto del río Rímac como del río Aruri, se comprobó que el río Aruri aporta con algunos elementos tóxicos al río Rímac. Del muestreo exploratorio realizado Cd, Fe, Mn y Zn se encuentran en mayor cantidad cerca a los relaves y disminuyen aguas abajo. Todas estas sustancias son aportadas al río Rímac. No obstante, As mostró un comportamiento diferente y el río Aruri no contribuye con este elemento al río Rímac.
- De la comparación del análisis químico del agua de los ríos Aruri y Rímac con los diferentes estándares de calidad de agua, se encontró que, para algunos criterios como el de Oregón, Estados Unidos, estas aguas están altamente contaminadas con As, una de las sustancias más tóxicas y carcinógenas conocidas. Para otros criterios como el de Colombia y Perú estas aguas están no superan el límite de As para el caso del río Aruri, y están ligeramente contaminadas para el caso del río Rímac.
- Del análisis químico de metales totales y disueltos, se concluye que la mayoría de estos se encuentran en forma disuelta (iónica), lo cual incrementa su movilidad y biodisponibilidad. Estudios sobre la papa y alfalfa afirman que presentan características de hiperacumulación de metales y metaloides, las que dependen de procesos fisicoquímicos y de factores ambientales. Ambos cultivos son obtenidos por las comunidades San José de Párac y San Antonio mediante riego. La alfalfa es utilizada para alimentar al ganado y, con ello, se incrementa la probabilidad de llevar contaminantes a los comuneros por medio de la cadena trófica. No obstante, no se puede afirmar si los comuneros están expuestos a un riesgo alto debido a que no se conoce el patrón de comportamiento de absorción de sustancias tóxicas tanto en la papa como la alfalfa a condiciones ambientales de la microcuenca quebrada Párac.
- Del análisis del enfoque ecosistémico a las comunidades de San José de Párac y San Antonio, se comprobó el uso de las aguas del río Aruri para regar los cultivos de papa

y alfalfa, sobre todo en época seca (mayo – agosto). La actividad agropecuaria es una de sus actividades principales; sin embargo, debido a la poca rentabilidad han diversificado sus actividades económicas. Frente a la amenaza a sus actividades agrícolas que representan las actividades mineras, la comunidad de San Antonio muestra mayor preocupación sobre todo por la calidad de agua; en cambio la comunidad de San José de Párac brinda más apoyo a las empresas mineras y consideran que pueden convivir con ellas.

- Gracias a la aplicación de la evaluación social multicriterio, se comprendió una serie de eventos que mantienen el riesgo de contaminación de los pasivos (relaves de Millotingo) al recurso hídrico. La empresa Proemina se presentó como pequeño minero y obtuvo la licencia, en el 2008, para reaprovechar los relaves de Millotingo en la Dirección Regional de Minería - Lima, operó hasta el 2012. Durante ese periodo, la empresa sostuvo conflictos con ambas comunidades debido a la muerte masiva de ganado. En consecuencia, estos relaves están categorizados como prioridad muy alta por la Dirección General de Minería; sin embargo, no pueden realizar ningún trabajo de remediación debido a que la empresa Proemina tiene un litigio en el Poder Judicial.
- El reaprovechamiento de pasivos ambientales mineros como relaves antiguos no debe ser realizado por pequeños mineros por tres motivos. En primer lugar, la remediación de pasivos mineros requiere de una fuerte inversión que probablemente un pequeño minero no podría costear. En segundo lugar, los pequeños mineros gozan de una serie de beneficios; así, ellos no requieren contratar una empresa autorizada para el desarrollo de la EIASd: es suficiente un profesional calificado. En tercer lugar, los pequeños mineros son fiscalizados por los Gobiernos Regionales y, a la fecha, estas instituciones no han desarrollado toda la capacidad técnica requerida para administrar el sector extractivo.
- Para la construcción del caso, se ha requerido de información pública, la cual se ha solicitado a instituciones de escala nacional, regional y local. A nivel nacional la principal dificultad fue obtener las entrevistas a los funcionarios del MINEM. A nivel regional, se requirió de la intervención del Órgano de Control Institucional y de la Contraloría General de la República para que permitan el acceso al EIASd del Proyecto Ecológico Charito, que inicialmente fue negado aduciendo el carácter privado del documento. A nivel local, tanto la Municipalidad Distrital de San Mateo de Huanchor como la Posta Médica presentan poca disponibilidad de proveer información pública. Entonces se concluye que la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública requiere de mayor conocimiento y aplicabilidad a nivel regional y

local. Finalmente, esta experiencia muestra la disociación crónica entre el gobierno y la academia frente a temas controversiales.

7.2 Recomendaciones

- Las comunidades de San Antonio y San José de Parácar utilizan el riego principalmente para el cultivo de papa y alfalfa, con lo cual cada vez homogenizan más su tipo de producción. Se sugiere a ambas comunidades preservar su costumbre ancestral de rotación de cultivos y descanso de la tierra, así como la diversificación de productos ya que el mercado se está diversificando con mayor acogida de productos orgánicos.
- Se sugiere a la Autoridad Nacional del Agua contar con equipos interdisciplinarios para la recuperación de la cuenca del Rímac. Actualmente, los datos que maneja de la cuenca son básicamente químicos, físicos y algunos datos biológicos del análisis de la calidad del agua. Deberían realizarse otros tipos de estudios como los análisis de sedimentos y biota fluviales. Asimismo, deberían incluir en sus equipos a sociólogos y antropólogos para interactuar con los diferentes actores de la cuenca al nivel de las comunidades campesinas.
- Frente a la problemática ambiental que representan los relaves de Millotingo, a pesar de que no se puedan remediar por el momento debido a los problemas judiciales se deben tomar ciertas medidas. Por ejemplo, para que el ganado no ingrese al área de relaves, se pueden construir barreras naturales como plantaciones de árboles. Asimismo, en la parte alta del río Aruri se pueden utilizar plantas fitorremediadoras para mitigar la contaminación de estas aguas que son utilizadas para la actividad agrícola en la parte media de la subcuenca.
- Es necesario el fortalecimiento de capacidades y la creación de línea de carrera para los diferentes profesionales de la Dirección Regional de Minería. De esta manera, las personas que tienen a cargo la aprobación de instrumentos de gestión ambiental para el sector extractivo podrán estar altamente capacitados y mantenerse en el puesto independientemente del cambio de gobierno.
- Las empresas mineras deben evaluar la sostenibilidad de sus programas de apoyo a las comunidades ya que, en algunos casos, tienen mayor presencia que el Estado. Por ello, se debe establecer indicadores éticos y sostenibles de los programas de responsabilidad social empresarial.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOMISA. «Subsanación de las observaciones del EIASd del Proyecto Ecológico Charito.» Lima, 2008.
- Activos Mineros. *Convenio específico de cooperación interinstitucional para la ejecución del proyecto "Remediación Ambiental de los Cinco Depósitos de Relaves de el Dorado" celebrado entre el Ministerio de Energía y Minas, el Fondo Nacional del Ambiente y Activos Mineros.* Lima: Ministerio de Energía y Minas, 2007.
- Akport, O., y M. Muchie. «Remediation of heavy metals in drinking water and wastewater treatment systems: Processes and applications.» *International Journal of the Physical Sciences* 5, n° 12 (2010): 1807-1817.
- Albro, Robert. «The water is Ours, Carajo! Deep Citizenship in Bolivia's Water War.» En *Social Movements: An Anthropological Reader*, editado por June Nash, 249-241. Malden: Blackwell Publishing, 2005.
- Alegre Chang, Ada. «¿Por qué no se cumplen las normas ambientales?» *Serie de Política y Derecho Ambiental - Sociedad Peruana de Derecho Ambiental*, n° 10 (2002): 1-10.
- Alva, C.A., J.G. Alphen, A. Torre, y L. Manrique. *Problemas de drenaje y salinidad en la costa peruana.* Wageningen : International Institute for Land Reclamation and Improvement , 1976.
- Amezaga, Jaime, y Doris Balvín. «Environmental Regulation of Mine Waters in South America.» 2006. <http://www.labor.org.pe/webermisa/images/ERMISA%20D1.pdf> (último acceso: 08 de Octubre de 2012).
- . «Environmental Regulation of Mine Waters in South America.» 2006. <http://www.labor.org.pe/webermisa/images/ERMISA%20D1.pdf> (último acceso: 08 de Octubre de 2012).
- Amezaga, Jaime, y otros. «A Rich Vein? Mining and the Pursuit of Sustainability.» *Environmental Science and Technology* 45, n° 1 (2011): 21-26.
- Amezaga, Jaime, y otros. *Mining- and Water-related Legislation in Peru, Bolivia and Chile - Results from the Caminar Project.* Lima: International Mine Water Association, 2008.
- ANA. «Autoridad Nacional del Agua.» *Política y estrategia nacional de recursos hídricos del Perú.* 2009. http://www.ana.gob.pe/media/532987/politicas_estrategias_rh.pdf (último acceso: 5 de Setiembre de 2014).
- Andaluz, Carlos. *Manual de derecho ambiental.* Tercera. Lima: Editorial Iustitia, 2011.
- Andrade, Ángela, ed. *Aplicación del Enfoque Ecosistémico en Latinoamérica.* Bogotá: CEM-UICN, 2007.
- Andrade, Ángela, Stanley Arguedas, y Roberto Vides. «Guía para la aplicación y monitoreo del Enfoque Ecosistémico.» UNESCO. 2011. http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/Guia_para_implementar_y_monitorear_el_EE_2011.pdf (último acceso: 6 de Junio de 2013).

- Andrare, Ángela, Stanley Arguedas, y Roberto Vides. «Guía para la aplicación y monitoreo del Enfoque Ecosistémico.» *UNESCO*. 2011.
http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/Guia_para_implementar__y_monitorear_el_EE_2011.pdf (último acceso: 6 de Junio de 2013).
- Arrow, Kenneth, y otros. «Economic Growth, Carrying Capacity, and the Environment.» *Ecological Applications* 6, n° 1 (1996): 13-15.
- Autoridad Nacional del Agua. «Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac.» Lima, 2010.
- Autoridad Nacional del Agua. *Política y estrategia nacional de recursos hídricos del Perú*. Lima: Autoridad Nacional del Agua, 2009.
- Autoridad Nacional del Agua. «Segundo monitoreo 2013 de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Rímac. Informe Técnico 072-2014-ANA-AAA.CF-ALA.CHRL/JLTV.» Lima, 2014.
- Baghour, M., D.A. Moreno, J. Hernández, N. Castilla, y L. Romero. «Influence of root temperature on phytoaccumulation of As, Ag, Cr, and Sb in potatoe plants (*Solanum tuberosum* L. Var. Spunta).» *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng*. 36, n° 7 (2001): 1389.
- Banco Interamericano de Desarrollo. *Revisión de la Evaluación de Impacto Ambiental en Países de América Latina y el Caribe. Metodología, Resultados y Tendencias*. Santiago de Chile: BID y CED, 2001.
- Banco Mundial. *Riqueza y Sostenibilidad: Dimensiones Sociales y Ambientales de la Minería en el Perú*. Lima: Banco Mundial, 2005.
- Baron, Jill, y otros. «Meeting Ecological and Societal Needs for Freshwater.» *Ecological Applications* 12, n° 5 (2002): 1247-1260.
- Barrantes, Roxana. «Minería, desarrollo y pobreza en el Perú, o de cómo todo depende con el cristal con el que se mire.» En *Te quiero pero no: relaciones entre minería, desarrollo y poblaciones locales*, de Roxana Barrantes, Patricia Zárate y Anahí Durand, 17-79. Lima: IEP, OXFAM, 2005.
- Bebbington, Anthony, Denise Humphreys Bebbington, y Jeffrey Bury. «Federating and Defending: Water, Territory and Extraction in the Andes.» En *Out of the Mainstream*, de Rutgerd Boelens, Armando Guevara y David Getches, 307-327. London: Earthscan, 2010.
- Bebbington, Anthony, Denise Humphreys Bebbington, y Jeffrey Bury. «Federating and Defending: Water, Territory and Extraction in the Andes.» En *Out of the Mainstream*, editado por Rutgerd Boelens, Armando Guevara y David Getches, 307-327. London: Earthscan, 2010.
- Bebbington, Anthony, Michael Connarty, Wendy Coxshall, Hugh O'Shaughnessy, y Mark Williams. *Minería y desarrollo en el Perú: con especial referencia al Proyecto Río Blanco, Piura*. Lima: Oxfam Internacional; IEP; CIPCA; PSG, 2007.
- Bebbington, Anthony, y Mark Williams. «Water and Mining Conflicts in Peru.» *Mountain Research and Development* 28, n° 3/4 (2008): 190-195.
- Bedregal, Patricia, y otros. «Evaluación de las aguas del río Rímac en Lima, Perú, utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA).» *Informe Científico Tecnológico 2010*, 2010: 13-19.

- Biggs, Reinette, Frances Westley, y Stephen Carpenter. «Navigating the Back Loop: Fostering Social Innovation and Transformation in Ecosystem Management.» *Ecology and Society* 15, n° 2 (2010): 1-25.
- Bisson, P. A., G. H. Reeves, R. E. Bilby, y R. J. Naiman. «Watershed Management and Pacific Salmon: Desired Future Conditions.» En *Pacific Salmon and their Ecosystems: Status and Future Options*, editado por D.J. Stouder, P. A. Bisson y R. J. Naiman, 447-474. New York: Chapman and Hall, 1997.
- Boelens, Rutgerd, Leontien Cremers, y Margreet Zwarteveen. «Justicia Hídrica: Acumulación de Agua, Conflictos y Acción de la Sociedad Civil.» En *Justicia Hídrica: Acumulación de Agua, Conflictos y Acción de la Sociedad Civil*, editado por Rutgerd Boelens, Leontien Cremers y Margreet Zwarteveen, 13-25. Lima: Instituto de Estudios Peruanos, Fondo editorial PUCP, 2011.
- Boykoff, Maxwell. «We speak for the Trees: Media Reporting on the Environment.» *Annual Review of Environment and Resources*, n° 34 (2009): 431-457.
- Bridge, Gavin. «Contested Terrain: Mining and the environment.» *Annual Review of Environmental Resources* 29 (2004): 205-259.
- Bruckard, W.J., y otros. «Development and evaluation of an early removal process for the beneficiation of arsenic-bearing copper ores.» *Mining Engineering* 23 (2010): 1167-1173.
- Bunge, Mario. *Emergencia y Convergencia*. Barcelona: Editorial Gedisa S.A., 2004.
- Bury, Jeffrey. «Livelihoods, Mining and Peasant Protests in the Peruvian Andes.» *Journal of Latin American Geography* 1, n° 1 (2002): 3-19.
- Bury, Jeffrey. «Neoliberalism, Mining and Rural Change in Cajamarca.» En *Minería, movimientos sociales y respuestas campesinas. Una ecología de transformaciones territoriales*, de Anthony Bebbington, 49-80. Lima: Instituto de Estudios Peruanos, 2007.
- Bury, Jeffrey, y otros. «New Geographies of Water and Climate Change in Peru: Coupled Natural and Social Transformations in the Santa River Watershed.» *Annals of the Association of American Geographers* 103, n° 2 (2013): 363-374.
- CADE-IDEPE Consultores en Ingeniería. *Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de Calidad - Cuenca Río Loa*. Santiago: Gobierno de Chile. Dirección General de Aguas, 2004.
- CADE-IDEPE. *Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de Calidad - Cuenca Río Loa*. Consultores en Ingeniería, Santiago: Gobierno de Chile. Dirección General de Aguas, 2004.
- Calla, Helen. «Calidad del agua en la cuenca del río Rímac-Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras.» Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 2010.
- Chacón, Raúl. «El nacimiento del ecologismo popular en el Perú, o la lucha sin fin de las comunidades de Vicco y San Mateo.» *Ecología y Política*, n° 24 (2003): 113-127.
- Chafe, Zöe. «Las crecientes amenazas de desastre y su potencial riesgo de desplazamientos de población.» *Ecología Política*, n° 33 (2007): 84-87.

- CODEMADES. «Informe Preliminar de la Inspección Ocular y Monitoreo de Agua en la Microcuenca Párac.» Lima, 2012.
- Coelho, P., y otros. «Health impact of living near an abandoned mine-Case study: Jales mines.» *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 210 (2007): 399-402.
- Coelho, P.S.C., y J.P.F. Teixeira. «Mining activities: Health Impacts.» *Encyclopedia of Environmental Health*, 2011: 788-802.
- Comas, Dolors. «Ecología política y antropología social.» *Antropología hoy: teorías, técnicas y tácticas*, n° 19 (1999): 79-99.
- Comisión Interamericana de Derechos Humanos. *Comisión Interamericana de Derechos Humanos*. 15 de Octubre de 2004.
<https://www.cidh.oas.org/annualrep/2004sp/Peru.504.03.htm> (último acceso: 29 de Enero de 2015).
- Comunidad Andina. *El agua de los Andes: un recurso clave para el desarrollo e integración de la región*. Secretaría General, Lima: Doc Print Sac, 2010.
- Comunidad Andina. Secretaría General. *El agua de los Andes: un recurso clave para el desarrollo e integración de la región*. Lima: Doc Print Sac, 2010.
- Congreso de la República del Perú. «Ley 28271. Ley que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera. 02 de julio.» 2004.
- Consult Control S.A. «Estudio de Impacto Ambiental 1996 Proyecto Tamboraque. Tomo I.» Lima, 1996.
- Damonte, Gerardo. «Industrias extractivas, agricultura y uso de recursos naturales: el caso de la gran minería en el Perú.» En *Perú: el problema agrario en debate SEPIA XII*, de Gerardo Damonte, Bernardo Fulcrand y Rosario Gómez, 19-77. Lima: SEPIA, 2008.
- Davis, Rachel, y Daniel Franks. *The costs of conflict with local communities in the extractive industry*. Santiago: SRMining, 2011.
- De La Puente Brunke, Lorenzo. *Derecho Ambiental e Industria Minera en el Perú*. Lima: Instituto de Estudios Energéticos Mineros, 2010.
- De La Puente Brunke, Lorenzo. «La industria y la rigidez actual en la aplicación de los límites máximos permisibles: caben excepciones.» *Themis, Revista de Derecho*, n° 56 (2008): 219-229.
- Defensoría del Pueblo. «Minería, desarrollo sostenible, y derechos ciudadanos: una aproximación inicial de la Defensoría del pueblo.» Lima, 2005.
- . «Reporte de Conflictos Sociales N° 125.» Julio de 2014.
<http://www.defensoria.gob.pe/conflictos-sociales/objetos/paginas/6/48reporte-mensual-de-conflictos-sociales-n-125---jul.pdf> (último acceso: 3 de Setiembre de 2014).
- Diawara, M., y otros. «Arsenic, Cadmium, Lead, and Mercury in surface soils, Pueblo, Colorado: implications for population health risk.» *Environmental Geochemistry and Health*, n° 28 (2006): 297-315.

- Dold, Bernhard. «Basic Concepts in Environmental Geochemistry of Sulfidic Mine-Waste Management.» En *Waste Management*, editado por E.S. Kumar, 173-198. Rikeja: In tech, 2010.
- Duffus, John. «"Heavy Metals" - A Meaningless Term".» *Pure Applied Chemical* 74, n° 5 (2002): 793-807.
- Duffus, John. «"Heavy Metals" - A Meaningless Term" International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) Technical Report.» *Pure Applied Chemical* 74, n° 5 (2002): 793-807.
- Duraiappah, Anantha. «Poverty and Environmental Degradation: A Review and Analysis of the Nexus.» *World Development* 26, n° 12 (1998): 2169-2179.
- Environmental Protection Agency. *Method 200.7: Trace elements in water, solids and biosolids by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry*. Analytical Methods Staff , U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Washington, D.C.: U.S. EPA - Office of Science and Technology, 2001.
- EPA. «Makah Tribe. Water Quality Standars for Surface Water.» *Environmental Protection Agency*. 2006.
[http://yosemite.epa.gov/r10/water.nsf/water+quality+standards/tribalwqstext/\\$file/makah_wqs_060930_final.pdf](http://yosemite.epa.gov/r10/water.nsf/water+quality+standards/tribalwqstext/$file/makah_wqs_060930_final.pdf) (último acceso: 22 de Noviembre de 2012).
- . «Water Quality Standards: Protecting Human health and Aquatic Life.» *Environmental Protection Agency*. 2011.
http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/upload/WQS_basic_factsheet.pdf (último acceso: 21 de Noviembre de 2012).
- Espina Prieto, Mayra. «Complejidad del Pensamiento Social.» En *Transdisciplinariedad y Complejidad en Análisis Social*, editado por Luis Carrizo, Mayra Espina Prieto y Julie Klein, 9-29. Montevideo: UNESCO, 2004.
- FAO. «Food and Agriculture Organization of the United Nations.» *Water Reports N° 23. Review of World Water Resources by Country*. 2003. <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/wr23e.pdf> (último acceso: 05 de Setiembre de 2014).
- . «Forestry.» *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. 2002.
<http://www.fao.org/forestry/13029-0c7da1b003c228e3de319d89da3264977.pdf> (último acceso: 8 de Agosto de 2014).
- Funtowicz, Silvio, y Jerome Ravetz. «Uncertainty, Complexity and Post-Normal Science.» *Environmental Toxicology and Chemistry* 13, n° 12 (1994): 1881-1885.
- Gamboa Jiménez, Gonzalo. «Social MULTicriteria Evaluation in practice: Two real-world case studies.» Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, 2007, 161.
- García, Ernest. «Los límites desbordados. Sustentabilidad y decrecimiento.» *Trayectorias* 9, n° 24 (2007): 7-19.
- Gardea-Torresdey, J.L., J.H. Gonzales, K.J. Tiemann, O. Rodriguez, y G. Gamez. «Phytofiltration of hazardous cadmium, chromium, lead and zinc ions by biomass of *Medicago sativa* (Alfalfa).» *Journal of hazardous Materials* 57 (1998): 29-39.

- Giampietro, Mario, Kozo Mayumi, y Jesús Ramos-Martin. «Multi-scale integrated analysis of societal and ecosystem metabolism (MuSIASEM): Theoretical concepts and basic rationale.» *Energy*, n° 34 (2009): 313-322.
- Gil, Vladimir. *Aterrizaje minero. Cultura, conflicto, negociaciones y lecciones para el desarrollo desde la minería en Ancash, Perú*. Lima: Instituto de Estudios Peruanos, 2009.
- Gonzales, Edwin, y Carlos Aguirre. *San Mateo de Huanchor. Plan de gestión ambiental para el desarrollo sustentable*. Lima: Programa APGEP-SENREM. Convenio USAID-CONAM, 2002.
- Guo, Lin, Donald Ott, y Teresa Cutright. «Accumulation and histological location of heavy metals in *Phragmites australis* grown in acid mine drainage contaminated soil with or without citric acid.» *Environmental and Experimental Botany*, n° 105 (2014): 46-54.
- Halliday, Tim, y Davey Basiro, . *Water and Health in an Overcrowded World*. Oxford: Oxford University, 2007.
- Hardin, Garrett. «Tragedy of the Commons.» *Science* 162 (1968): 1243-1248.
- Haslam, Fiona. «Farms and mines: A conflicting or complimentary land use dilemma in Western Australia?» *Journal for Geography* 4, n° 2 (2009): 113-128.
- Haslam, Fiona. «Farms and mines: A conflicting or complimentary land use dilemma in Western Australia?» *Journal for Geography* 4, n° 2 (2009): 113-128.
- Hetch, Susana. «La Evolución del Pensamiento Agroecológico.» *Agroecología y Desarrollo CLADES*, 1991: 15-30.
- Hildyard, Nicholas. «La extracción de combustibles fósiles como generadora de refugiados ambientales.» *Ecología Política*, n° 33 (2007): 37-50.
- Hinton, Jenifer, Marcelo Veiga, y Tadeu Veiga. «Clean Artisanal Gold Mining: a utopian approach?» *Journal of Cleaner Production*, n° 11 (2003): 99-115.
- Hinton, Jenifer, Marcelo Veiga, y Tadeu Veiga. «Clean Artisanal Gold Mining: a utopian approach?» *Journal of Cleaner Production*, n° 11 (2003): 99-115.
- Holling, C.S. «Resilience and Stability of Ecological Systems.» *Annual Review of Ecology and Systematics* 4 (1973): 1-23.
- Huang, X., M. Sillanpää, E.T. Gjessing, S. Peräniemi, y RD. Vogt. «Environmental Impact of Mining Activities on the Surface Water Quality in Tibet: Gyama Valley.» *Science of Total Environment* 408, n° 19 (2010): 4177-4184.
- ICONTEC. *Normas Oficiales para la Calidad del Agua Colombia. Norma Técnica Colombiana 813*. Bogotá: ICONTEC, 2014.
- INEI. *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. 2007. <http://ineidw.inei.gov.pe/ineidw/#> (último acceso: 13 de Junio de 2013).
- Instituto de Corrosión y Protección. *Instituto de Corrosión y Protección, PUCP*. 2014. <http://icp.pucp.edu.pe/serviciosicp/determinacion-cuantitativa-de-metales-disueltos-y-trazas-de-otros-elementos-en-aguas/> (último acceso: 3 de Junio de 2014).

- Instituto Nacional de Estadística e Informática. «Comportamiento de la Economía Peruana en el Segundo Trimestre de 2014.» *Producto Bruto Interno*. 2014.
http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/pbit_2014-iii.pdf (último acceso: 03 de Setiembre de 2014).
- . «Perú: Evolución de los Indicadores de Empleo e Ingreso por Departamento 2004-2012.» Noviembre de 2013.
http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1105/index.html (último acceso: 3 de Setiembre de 2014).
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. «Registro Nacional de Municipalidades 2013. Anexo Centros Poblados en el Distrito.» San Mateo de Huanchor, 2013.
- International Union for Conservation of Nature. «Convention on Biological Diversity.» Editado por Gill Shepherd. 2008. <https://www.cbd.int/doc/external/iucn/iucn-ecosystem-approach-en.pdf> (último acceso: 10 de Agosto de 2014).
- . «Ecosystem Management.» 2004. <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/CEM-003.pdf> (último acceso: 8 de Agosto de 2014).
- Isch, Edgar. «La contaminación del agua como proceso de acumulación.» En *Justicia hídrica: acumulación conflicto y acción social*, de Rutgerd Boelens, Leontien Cremers y Margreet Zwartveen, 97-109. Lima: Instituto de Estudios Peruanos, Fondo editorial PUCP, 2011.
- Jackson, Robert, y otros. «Water in a Changing World.» *Ecological Applications* 11, n° 4 (2001): 1027-1045.
- Järup, Lars, y Agneta Akesson. «Current status of cadmium as an environmental health problem.» *Toxicology and Applied Pharmacology* 238, n° 3 (2009): 201-208.
- Jiménez, Juan, y Nicolás Velilla. «Óptica Mineral: Una herramienta informática para el estudio de los minerales en el microscopio petrográfico.» *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 12, n° 1 (2004): 57-61.
- Juárez, Henry. «Contaminación del río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el Cono Este de Lima Metropolitana.» Maestría en Ciencias Ambientales. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, 2006.
- Kitula, A. G. N. «The environmental and socio-economic impacts of mining on local livelihoods in Tanzania: a case study of Geita District.» *Journal of Cleaner Production*, n° 14 (2006): 405-414.
- Kitula, A. G. N. «The environmental and socio-economic impacts of mining on local livelihoods in Tanzania: a case study of Geita District.» *Journal of Cleaner Production*, n° 14 (2006): 405-414.
- Kuroiwa, Julio. «Recursos Hídricos en el Perú.» En *Diagnóstico del Agua en las Américas. Red Interamericana de Academias de Ciencias.*, editado por Blanca Jimenez y José Galiza, 405-419. México: IANAS, Foro Consultivo Científico y Tecnológico AC, 2012.
- Leiserowitz, Anthony, Robert Kates, y Thomas Parris. «Sustainability Values, Attitudes, and Behaviors: A Review of Multinational and Global Trends.» *Annual Review of Environment and Resources* 31 (2006): 413-444.

- Liverman, Diana, y Silvana Vilas. «Neoliberalism and the Environment in Latin America.» *Annual Review of Environment and Resources* 31 (2006): 327-363.
- Long, Graham, Yongjun Peng, y Dee Bradshaw. «A review of copper-arsenic mineral removal from copper concentrates.» *Minerals Engineering* 36-38 (2012): 179-186.
- López, Ramón, y Siddhartha Mitra. «Corruption, Pollution, and the Kuznets Environment Curve.» *Journal of Environmental Economics and Management* 40, n° 2 (2000): 137-150.
- López-Menéndez, Ana Jesús, Rigoberto Pérez, y Blanca Moreno. «Environmental cost and renewable energy: Re-visiting the Environmental Kuznets Curve.» *Journal of Environmental Management* 145 (2014): 368-373.
- Martínez Alier, Joan. *El ecologismo de los pobres. Conflictos ambientales y lenguajes de valoración*. Cuarta. Lima: Espiritrompa, 2010.
- Marzec, Megan. «From Silent Spring to An Inconvenient Truth: Framing Environmental Arguments for the Public Sphere.» Thesis submitted to Department of Communications, Boston College, Massachusetts, 2009.
- Masters, Gilbert, y Ela Wendell. *Introducción a la Ingeniería Medioambiental*. Tercera. Madrid: Pearson Prentice Hall, 2008.
- McPhee, James, y otros. «El sector del agua en Chile.» En *Diagnóstico del Agua en las Américas*, de Blanca Jimenez y José Galiza, 163-193. México: Red Interamericana de Academias de Ciencias, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, 2012.
- McPhee, James, y otros. «El Sector del Agua en Chile.» En *Diagnóstico del Agua en las Américas. Red Interamericana de Academias de Ciencias*, editado por Blanca Jimenez y José Galiza, 169-193. México: Ianas, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC, 2012.
- Miller, J.R., K.A. Hudson-Edwards, P.J. Lechler, D. Preston, y M.G. Macklin. «Heavy metal contamination of water, soil and produce within riverine communities of the Río Pilcomayo basin, Bolivia.» *Science of Total Environment*, n° 320 (2003): 189-209.
- Ministerio de Energía y Minas. *Evaluación Ambiental Territorial de la Cuenca del río Rímac*. Lima: MINEM, 1997.
- Ministerio de Energía y Minas. «Inventario de Pasivos Ambientales Mineros. Actualizan el Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros aprobados por RM 209-2006MEM/DM.» Lima, 2012.
- . «Inventario de Pasivos Ambientales Mineros. Actualizan el Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros. Aprobado por RM 324-2014-MEM/DM.» 2014.
<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/LEGISLACION/2014/MAYO/Pasivos%20Mineros%2029052014.pdf> (último acceso: 2 de Setiembre de 2014).
- Ministerio del Ambiente. «Estándares Nacionales de Calidad Ambiental - D.S. N° 002-2008-MINAM.» Lima, 2008.
- Ministerio del Ambiente. *Guía para Muestreo de Suelos*. Lima: MINAM, 2014.
- Mollinga, Peter. «Towards the transdisciplinary engineer: Incorporating ecology, equity and democracy concerns into water professionals' attitudes, skills and knowledge.» *Irrigation and Drainage* 58, n° 2 (2009): 195-204.

- Monachese, Marc, Jeremy Burton, y Gregor Reid. «Bioremediation and Tolerance of Humans to Heavy Metals through Microbial Processes: a Potential Role for Probiotics?» *Applied and Environmental Microbiology* 78, n° 78 (2012): 6397-6404.
- Mostert, Erick. «Participation for Sustainable Water Management.» En *Sustainable Management of Water Resources. An Integrated Approach.*, editado por Carlos Giupponi, Anthony Jakeman, Derek Karssenberg y Matt Hare, 153-176. Northampton: The Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM) Series on Economics, the Environment and Sustainable Development, 2006.
- Müller, Mario, y Manfred Anke. «Distribution of cadmium in the food chain (soil-plant-human) of a cadmium exposed area and the health risks of the general population.» *Science of the Total Environment* 156, n° 2 (1994): 151-158.
- Munasinghe, Mohan. «Is environmental degradation an inevitable consequence of economic growth: tunneling through the environmental Kuznets curve.» *Ecological Economics* 29, n° 1 (1999): 89-109.
- Munda, Giuseppe. «Social multi-criteria evaluation: Methodological foundations and operational consequences.» *European Journal of Operational Research*, n° 158 (2004): 662-677.
- Neumayer, Eric. *Weak versus Strong Sustainability: Exploring the Limits of Two Opposing Paradigms*. Tercera. Cheltenham y Northampton: Edward Elgar Publishing Limited, 2010.
- Nyrstar. *Informe Geológico - Mina Coricancha*. Lima: Superintendencia de Serivivos Técnicos Área de Geología, 2013.
- Odum, William. «Environmental Degradation and the Tyranny of Small Decisions.» *BioScience* 32, n° 9 (1982): 728-729.
- ONU. *Declaración de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible*. 2002.
http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/WSSDsp_PD.htm (último acceso: 10 de Noviembre de 2012).
- ONU. «Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio humano.» Organización de las Naciones Unidas, Estocolmo, 1972.
- . *Departamento de Auntos Económicos y Sociales*. 1992.
<http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter10.htm> (último acceso: 05 de Agosto de 2014).
- . «Report of the World Commission of Environment and Development. Our Common Future.» *Organización de las Naciones Unidas*. 1987. <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> (último acceso: 30 de Enero de 2015).
- ONU. *Report of the World Commission of Environmental and Development. Our Common Future*. Organización de las Naciones Unidas, Oxford: Oxford University Press, 1987.
- Oregon Department of Environmental Quality. «Division 41. Water Quality Standards: Beneficial Uses, Policies, and Criteria for Oregon .» *Toxic Substances*. 18 de Abril de 2014.
http://arcweb.sos.state.or.us/pages/rules/oars_300/oar_340/_340_tables/340-041-0033_12-23.pdf (último acceso: 3 de Noviembre de 2014).
- Orellana, Marcos. *Caso 12.471 Comunidad de San Mateo de Huanchor - Presentación Sobre el Fondo*. Comisión de Interamericana de Derechos Humanos, Washington: Centro para el Derecho Internacional Ambiental (CIEL), 2006.

- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. *Informe 2013 Índice de Cumplimiento de los Gobiernos Regionales - Fiscalización Ambiental a la Pequeña Minería y Minería Artesanal*. Lima: OEFA, 2013.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. *Mapa de Situación Minera y Pasivos Ambientales Mineros en el Ámbito de la Cuenca del Río Rímac*. Lima: SIG OEFA, 2012.
- Organización Mundial de la Salud. *Guía para la Calidad de Agua Potable. Primer Apéndice a la Tercera Edición*. . Vol. I. Geneva: Ediciones de la OMS, 2006.
- Orlove, Ben, y Steven Caton. «Water Sustainability: Anthropological Approaches and Prospects.» *Annual Review of Anthropology* 39 (2010): 401-415.
- Ortiz Moreno, Erica. «La experiencia de Holanda y Alemania en el uso de cargos por vertimientos de aguas residuales como instrumento para el control de la contaminación hídrica. Elementos para decidir los parámetros a ser tenidos en consideración.» *Economía y Desarrollo* 4, nº 1 (2005): 55-87.
- Parris, Thomas, y Robert Kates. «Characterizing and Measuring Sustainable Development.» *Annual Review of Environment and Resources*, nº 28 (2003): 559-586.
- Peralta-Videa, J.R., J.L. Gardea-Torresdey, E. Gomez, K.L. Tiemann, J.G. Parsons, y G. Carrillo. «Effect of mixed cadmium, copper, nickel and zinc at different pHs upon alfalfa growth and heavy metal uptake.» *Environmental Pollution* 119 (2002): 291-301.
- Peralta-Videa, José. «The biochemistry of environment heavy metal uptake by plants: Implications for the food chain.» *The International Journal of Biochemistry and Cell Biology*, nº 41 (2008): 1665-1677.
- Peralta-Videa, Jose, Martha Lopez, Mahesh Narayan, Geoffrey Saupe, y Jorge Gardea-Torresdey. «The biochemistry of environment heavy metal uptake by plants: Implications for the food chain.» *The International Journal of Biochemistry and Cell Biology*, nº 41 (2009): 1665-1677.
- Pérez-Barnuevo, L., C. Brea, y R. Castroviejo. «Innovación en las técnicas de microscopía óptica aplicadas a la industria minera.» En *Nuevos retos en la prospección e investigación de los recursos minerales. Libro homenaje al Profesor Jesús García Iglesias*, de L. Pérez-Barnuevo, C. Brea y R. Castroviejo, 521-562. Madrid: Jorge Loredó Pérez, Oviedo, 2010.
- Pérez-Monserrat, Elena. «Técnicas de caracterización petrológicas (I): Microscopía Óptica de Polarización (MOP) y Difracción de Rayos X (DRX).» En *La conservación de los geomateriales utilizados en el patrimonio*, editado por Rafael Fort González y Elena Pérez-Monserrat, 23-30. Madrid: Programa Geomateriales (Comunidad de Madrid y Fondo Social Europeo), 2011.
- Pierri, Naína. «Historia del Concepto de Desarrollo Sustentable.» En *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el Desarrollo Sustentable*, editado por G. Foladori y N. Pierri, 27-81. México: UAZ/Porrúa, 2009.
- Pimm, Stuart. «The Complexity and Stability of Ecosystems.» *Nature* 307, nº 26 (1984): 321-326.
- Poole, Geoffrey, y otros. «The Case for Regime-based Water Quality Standards.» *BioScience* 54, nº 2 (2004): 155-161.
- Postel, Sandra. «Entering an Era of Water Scarcity: The Challenges Ahead.» *Ecological Applications* 10, nº 4 (2000): 941-948.

- Preciado, Ruth. «El agua y las industrias extractivas en el Perú: un análisis desde la Gestión Integrada de Recursos Hídricos.» En *Agua e industrias extractivas: cambios y continuidades en los Andes*, editado por Patricia Urteaga, 171-215. Lima: Instituto de Estudios Peruanos, 2011.
- Proemina S.A.C. «Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado - Proyecto Ecológico "Charito".» Lima, 2008.
- Quan, Li, y Rafael Reuveny. «Democracy and Environmental Degradation.» *International Studies Quarterly* 50, n° 4 (2006): 935-956.
- Rabatel, A., y otros. «Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change.» *The Cryosphere*, n° 7 (2013): 81-102.
- Rajkumar, Mani, Majeti Narasimha, Sandhya Swaminathan, y Helena Freitas. «Climate change driven plant-metal-microbe interactions.» *Environment International*, n° 53 (2013): 74-86.
- Ramirez, Bernardino. «El enclave minero y el desmejoramiento de los niveles de vida de los pueblos de la cuenca alta del río Rímac.» *Investigaciones Sociales*, n° 14 (2005): 179-211.
- Ramirez, Bernardino. «El enclave minero y el desmejoramiento de los niveles de vida de los pueblos de la cuenca alta del río Rímac.» *Investigaciones Sociales*, n° 14 (2005): 179-211.
- Ramos, Willy, Leopoldo Munive, Milena Alfaro, Martha Calderón, Isidro Gonzáles, y Yesenia Núñez. «Intoxicación plúmbica crónica: una revisión de la problemática ambiental en el Perú.» *Revista Peruana de Epidemiología* 3, n° 2 (2009): 1-8.
- Ramos, Willy, y otros. «Queratosis arsenical en pobladores expuestos a relaves mineros en altura en San Mareo de Huanchor: ¿Sinergismo entre arsenicismo y daño actínico crónico?» *Dermato Peru* 16, n° 1 (2006): 41-45.
- Sabogal, Ana. «Distribución del agua en el Perú desde una perspectiva de cuenca.» *Debates en Sociología*, n° 34 (2009): 9-20.
- Sadler, Barry. «Environmental Assessment in a Changing World. Evaluating Practice to Improve Performance.» Canadian Environmental Assessment Agency, International Association for Impact Assessment, Ottawa, 1996.
- Salomon, Frances. «Impacts of Metals on Aquatic Ecosystems and Human Health.» *Environment and Communities*. 2008.
<http://www.infomine.com/library/publications/docs/mining.com/Apr2008c.pdf> (último acceso: 27 de Setiembre de 2014).
- Salomons, W. «Environmental impact of metals derived from mining activities: processes, predictions, prevention.» *Journal of Geochemical Exploration* 52, n° 1-2 (1995): 5-23.
- Schwarzenbach, René, Thomas Egli, Thomas Hofstetter, Urs von Gunten, y Bernhard Wehrli. «Global Water Pollution and Human Health.» *Annual Review of Environment and Resources* 35 (2010): 109-136.
- Shiklomanov's, Igor. «World Fresh Water Resources.» En *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*, editado por Oxford University Press, traducido por Peter Gleick, 13-24. New York, 1993.

- Shugar, Aaron, y Jane Sirois. «Handheld XRF use in the identification of heavy metal pesticides in ethnographic collections.» En *Handheld XRF for art and archeology*, editado por Aaron Shugar y Jennifer Mass, 313-348. Leuven: Leuven University Press, 2012.
- Sima, Mihaela, y otros. «Environment pollution by mining activities - a case study in the Cris Alb Valley, Western Carpathians, Romania.» *Romanian Research Programme on Environmental Science y Technology (ESTROM)*, nº 14 (2008): 9-20.
- Simate, Geoffrey, y Sehliselo Ndlovu. «Acid mine drainage: Challenges and opportunities.» *Journal of Environmental Chemical Engineering* 2 (2014): 1785-1803.
- Skoog, Douglas, James Holler, y Stanley Crouch. *Principles of Instrumental Analysis*. Sexta. Belmont: Thomson, 2007.
- Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. «Impacto Económico de la Minería en el Perú.» 2012. http://www.snmpe.org.pe/informes-y-publicaciones-snmpe/impacto-economico-de-la-actividad-minera-en-el-peru.html#pag_1 (último acceso: 6 de Junio de 2013).
- Solanes, Miguel, y Fernando Gonzalez-Villareal. *The Dublin Principles for Water as Reflected in a Comparative Assessment of Institutional and Legal Arrangements for Integrated Water Resources Management*. Stockholm: Global Water Partnership Technical Advisory Committee (TAC), 1999.
- Stafilov, Trajce, Milihate Aliu, y Robert Sajn. «Arsenic in surface soils affected by mining and metallurgical processing in K. Mitrovica Region, Kosovo.» *International Journal of Environmental Research and Public Health*, nº 7 (2010): 4050-4061.
- Stern, David, Michael Common, y Edward Barbier. «Economic growth and environmental degradation: The environmental Kuznets curve and sustainable development.» *World Development* 24, nº 7 (1996): 1151-1160.
- Sundeeep Waslekar, Saahil. «World environmental Kuznets curve and the global future.» *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 133 (2014): 310-319.
- The Oregonian. *Oregonlive*. 16 de Junio de 2011. http://www.oregonlive.com/environment/index.ssf/2011/06/oregon_adopts_stricest_standards.html (último acceso: 31 de Enero de 2015).
- The Ramsar Convention on Wetlands. «The Ramsar Convention on Wetlands.» *Wetlands: water, life, and culture. 8th Meeting of the Conference of the Parties*. 2002. http://www.ramsar.org/pdf/cop8/cop8_doc_32_e.pdf (último acceso: 08 de Agosto de 2014).
- Theis, Tom, y Jonathan Tomkin, . *Sustainability: A Comprehensive Foundation*. Houston: Rice University, 2013.
- Tumialán, Pedro Hugo. «La Geología en Relación al Sistema Ecológico en el Perú.» *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG* 7, nº 13 (2013): 9-15.
- United Nations Environment Programme. *Convention on Biological Diversity*. 2000. <http://www.cbd.int/decisions/cop/?m=cop-05> (último acceso: 06 de Agosto de 2014).

- Urteaga, Patricia. «Agua e industrias extractivas: cambios y continuidades en los Andes.» En *Agua e industrias extractivas: cambios y continuidades en los Andes*, editado por Patricia Urteaga, 9-10. Lima: Instituto de Estudios Peruanos, 2011.
- . *Agua en industrias extractivas: cambios y continuidades en los Andes*. Lima: Instituto de Estudios Peruanos, 2011.
- Valcárcel, Marcel. «Desarrollo y Desarrollo Rural. Enfoques y Reflexiones.» Departamento de Ciencias Sociales, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2007.
- Vitousek, Peter, Paul Ehrlich, Anne Ehrlich, y Pamela Matson. «Human Appropriation of the Products of Photosynthesis.» *BioScience* 36, n° 6 (1986): 368-373.
- Weis, Judith, y Peddrick Weis. «Metal uptake, transport and release by wetland plants: implications for phytoremediation and restoration.» *Environment International*, n° 30 (2004): 685-700.
- Wiersma, C., y J. Rimstidt. «Rates of reaction of pyrite and marcasite with ferric iron at pH 2.» *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48, n° 1 (Enero 1984): 85-92.
- Wright, David, y Pamela Welbourn. *Environmental Toxicology*. Cambridge : Cambridge University Press, 2002.
- Zhai, Limei, y otros. «Regional assessment of cadmium pollution in agricultural lands and the potential health risk related to intensive mining activities: A case study in Chenzhou City, China.» *Journal of Environmental Sciences*, n° 20 (2008): 696-703.
- Zhuang, Ping, Murray McBride, Hanping Xia, Ningyu Li, y Zhian Li. «Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, South China.» *Science of the Total Environment*, n° 407 (2009): 1551-1561.



Anexo 01: Resultados de los análisis químicos del agua



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ



REGISTRO N° LE-027

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL SERVICIO NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE INDECOPI-SNA CON REGISTRO N° LE-027 Y POR EL STANDARDS COUNCIL OF CANADA

INFORME DE ENSAYO ICP/INF-246/2013

SOLICITANTE: Srta. Amelia Corzo Remigio.
 DOMICILIO: Av. Máximo Arbull 551-604 – Jesús María 331-1948
 TELÉFONO / FAX:
 SERVICIO SOLICITADO: Análisis químico en 10 (diez) muestras de agua.
 REFERENCIA: ICP/PRO-225/2013
 OTROS DATOS:
 MUESTREO: Realizado por el solicitante. 2013-08-09
 FECHA: 22 de agosto del 2013.

1. DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS

Fueron recibidos 10 (diez) frascos de plástico conteniendo muestras de agua para la determinación de los ítems establecidos en la referencia.

ANÁLISIS DE SOLUCIONES ACUOSAS					
Código Solicitante	Fecha y Hora de Muestreo	Fecha de recepción de muestras	Código PUCP 2013AQ	METALES DISUELTOS pH	METALES TOTALES pH
M1	2013-08-09 10:50	2013-08-13	0487	1,0	-----
M2	2013-08-09 11:40	2013-08-13	0488	1,0	-----
M3	2013-08-09 12:30	2013-08-13	0489	1,0	-----
M4	2013-08-09 01:30	2013-08-13	0490	1,0	-----
M5	2013-08-09 01:55	2013-08-13	0491	1,0	-----
001	2013-08-09 10:50	2013-08-13	0492	-----	1,0
002	2013-08-09 11:40	2013-08-13	0493	-----	1,0
003	2013-08-09 12:30	2013-08-13	0494	-----	1,0
004	2013-08-09 01:30	2013-08-13	0495	-----	1,0
005	2013-08-09 01:55	2013-08-13	0496	-----	1,0

2. MÉTODOS DE ENSAYO

ACREDITADOS POR INDECOPI (*)	Determinación de metales totales: ICP-Lab-3.37- Rev. 5 – 2010-07-26. Determinación de metales totales en aguas, basado en EPA Method 200.7, 1994 Rev. 4.4.
ACREDITADOS POR SCC (**)	Determinación de metales disueltos: ICP-Lab-3.17- Rev. 15 – 2010-07-19. Determinación de metales disueltos en aguas, basado en EPA Method 200.7, 1994 Rev. 4.4.
NO ACREDITADOS	Determinación de metales totales y disueltos: Mediante espectroscopía de emisión por plasma. Método basado en EPA 200.7 – Rev. 4.4 – 1994

LOS RESULTADOS DEL PRESENTE INFORME NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DEL SOLICITANTE
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL ICP-PUCP



AV. UNIVERSITARIA 1801 - LIMA 32 - SAN MIGUEL- APARTADO POSTAL 1761 - LIMA 100
 TELÉFONOS: DIRECTO (0051-1) 626 2510 / 626 2000 anexos 2510 - 3071 / (0051-1) 626 2835 Email: icp@pucp.edu.pe

1 de 5.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ



REGISTRO N° LE-027

INFORME DE ENSAYO ICP/INF-246/2013

RESULTADOS DE ENSAYOS

ANÁLISIS DE SOLUCIONES ACUOSAS						
Código de Muestra	Código Cliente	M1	M2	M3	M4	M5
	Código PUCP 2013AQ	0487	0488	0489	0490	0491
Fecha muestreo		2013-08-09	2013-08-09	2013-08-09	2013-08-09	2013-08-09
Hora de muestreo		10:50	11:40	12:30	01:30	01:55
Parámetro	Unidad	Resultados				
Aluminio disuelto (**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Arsénico disuelto	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,06	< 0,01
Bario disuelto (**)	mg/L	0,0144	0,0326	0,0587	0,0354	0,0418
Berilio disuelto (**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Boro disuelto (**)	mg/L	0,150	0,185	0,103	0,236	0,449
Cadmio disuelto (**)	mg/L	0,017	0,005	N.D.	N.D.	0,004
Calcio disuelto (**)	mg/L	78,95	52,85	47,97	87,45	125,15
Cobalto disuelto (**)	mg/L	0,004	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cobre disuelto(**)	mg/L	0,010	< 0,008	< 0,008	< 0,008	0,009
Cromo disuelto(**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Estaño disuelto (**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	< 0,08
Estroncio (**)	mg/L	0,606	0,422	0,410	0,909	1,532
Hierro disuelto (**)	mg/L	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Magnesio disuelto (**)	mg/L	6,36	7,85	6,76	17,49	19,29
Manganeso disuelto(**)	mg/L	1,0064	0,2266	0,0906	0,0827	0,1965
Mercurio disuelto	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Molibdeno disuelto(**)	mg/L	N.D.	N.D.	<0,015	<0,015	<0,015
Niquel disuelto(**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Plata disuelto(**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Plomo disuelto(**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Potasio disuelto(**)	mg/L	0,86	0,76	0,68	4,03	3,32
Sodio disuelto (**)	mg/L	8,32	5,57	5,43	10,76	10,15
Talio disuelto(**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	< 0,04	N.D.
Titanio disuelto(**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Vanadio disuelto(**)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Zinc disuelto(**)	mg/L	1,967	0,491	0,221	0,046	0,646

Este laboratorio de ensayo se encuentra acreditado por el Servicio Nacional de Acreditación de INDECOP y/o por el Standards Council of Canada (SCC). (*)
Los resultados obtenidos son aplicables únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s).

ACREDITADOS POR INDECOP (*)	ACREDITADOS POR SCC (**)	NO ACREDITADOS Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOP-SNA ni por SCC
--------------------------------	-----------------------------	---

2 de



AV. UNIVERSITARIA 1801 - LIMA 32 - SAN MIGUEL- APARTADO POSTAL 1761 - LIMA 100
TELÉFONOS: DIRECTO (0051-1) 626 2510 / 626 2000 anexos 2510 - 3071 / (0051-1) 626 2835 Email: icp@pucp.edu.pe



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ



INSTITUTO DE
CORROSIÓN Y
PROTECCIÓN



REGISTRO N° LE-027

INFORME DE ENSAYO ICP/INF-246/2013

ANÁLISIS DE SOLUCIONES ACUOSAS						
Código de Muestra	Código Cliente	001	002	003	004	005
	Código PUCP 2013AQ	0492	0493	0494	0495	0496
Fecha muestreo		2013-08-09	2013-08-09	2013-08-09	2013-08-09	2013-08-09
Hora de muestreo		10:50	11:40	12:30	01:30	01:55
Parámetro	Unidad	Resultados				
Aluminio total	mg/L	0,461	0,067	0,066	0,030	0,125
Arsénico total	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	0,06	0,03
Bario total	mg/L	0,0163	0,0322	0,0614	0,0370	0,0443
Berilio total	mg/L	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Boro total	mg/L	0,168	0,183	0,122	0,223	0,412
Cadmio total (*)	mg/L	0,017	0,004	N.D.	N.D.	0,002
Calcio total	mg/L	78,33	54,72	49,54	91,41	131,06
Cobre total (*)	mg/L	0,125	0,023	0,013	0,011	0,043
Cromo total (*)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Estaño total	mg/L	0,027	0,029	0,019	0,025	0,026
Estroncio total	mg/L	0,598	0,418	0,403	0,882	1,505
Hierro total	mg/L	1,821	0,244	0,094	0,114	0,241
Magnesio total	mg/L	8,26	5,64	5,48	11,42	10,83
Manganeso total	mg/L	1,012	0,231	0,094	0,083	0,230
Mercurio total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Molibdeno total	mg/L	<0,013	<0,013	<0,013	<0,013	<0,013
Niquel total (*)	mg/L	0,023	0,005	0,007	0,008	0,020
Plata total	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Plomo total (*)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Potasio total	mg/L	1,01	0,82	0,76	4,64	3,69
Sodio total	mg/L	7,29	8,33	7,32	20,42	22,08
Talio total	mg/L	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011
Titanio total	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Vanadio total	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Zinc total	mg/L	2,380	0,559	0,251	0,069	0,817

Este laboratorio de ensayo se encuentra acreditado por el Servicio Nacional de Acreditación de INDECOPI y/o por el Standards Council of Canada (SCC). (*)
Los resultados obtenidos son aplicables únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s).

ACREDITADOS POR INDECOPI (*)	ACREDITADOS POR SCC (**)	NO ACREDITADOS Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA ni por SCC
------------------------------	--------------------------	--





INSTITUTO DE
CORROSIÓN Y
PROTECCIÓN

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ



REGISTRO N° LE-027

INFORME DE ENSAYO ICP/INF-246/2013

FECHAS DE ANÁLISIS DE SOLUCIONES ACUOSAS		
Código Solicitante	Código PUCP	METALES
	2013AQ	
M1	0487	2013-08-19 a -23
M2	0488	2013-08-19 a -23
M3	0489	2013-08-19 a -23
M4	0490	2013-08-19 a -23
M5	0491	2013-08-19 a -23
001	0492	2013-08-19 a -23
002	0493	2013-08-19 a -23
003	0494	2013-08-19 a -23
004	0495	2013-08-19 a -23
005	0496	2013-08-19 a -23

4. OBSERVACIONES

1. N.D.: No detectable. Límite de detección de :

Parámetro	Unidades	MDL
Aluminio (**)	mg/L	0,006
Bario (**)	mg/L	0,0001
Berilio (**)	mg/L	0,0002
Boro (**)	mg/L	0,003
Cadmio (**)	mg/L	0,001
Cadmio (*)	mg/L	0,001
Cobalto (**)	mg/L	0,001
Cobre (**)	mg/L	0,002
Cobre (*)	mg/L	0,001
Cromo (**)	mg/L	0,002
Cromo (*)	mg/L	0,001
Estaño (**)	mg/L	0,025
Estroncio (**)	mg/L	0,0001
Hierro (**)	mg/L	0,002
Manganeso (**)	mg/L	0,0001
Molibdeno (**)	mg/L	0,004
Níquel (**)	mg/L	0,004
Níquel (*)	mg/L	0,001
Plata (**)	mg/L	0,0018
Plomo (**)	mg/L	0,020
Plomo (*)	mg/L	0,004
Talio (**)	mg/L	0,011
Titanio (**)	mg/L	0,0006
Vanadio (**)	mg/L	0,001
Zinc (**)	mg/L	0,001



4 de 5

AV. UNIVERSITARIA 1801 - LIMA 32 - SAN MIGUEL - APARTADO POSTAL 1761 - LIMA 100
TELÉFONOS; DIRECTO (0051-1) 626 2510 / 626 2000 anexos 2510 - 3071 / (0051-1) 626 2835 Email: icp@pucp.edu.pe



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ



REGISTRO N° LE-027

INFORME DE ENSAYO ICP/INF-246/2013

2. Asociada a los resultados se presenta una estimación de la incertidumbre (en forma de rango). La incertidumbre ha sido calculada utilizando un factor de cobertura ($k = 2$) lo cual da un nivel de confianza del 95% aproximadamente.

Valor de incertidumbre expandida para:

PARAMETRO	RANGO	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	UNIDADES
Cadmio(*)	De 0,002 a 0,200	$\pm 0,008$	mg/L
Cobre(*)	De 0,003 a 0,200	$\pm 0,013$	mg/L
Níquel(*)	De 0,006 a 0,200	$\pm 0,009$	mg/L

3. En el anexo 1 se presentan los valores de incertidumbre para los metales disueltos.

EL PRESENTE INFORME DE ENSAYO CONSTA DE 05 (CINCO) PÁGINAS DE TEXTO.

Jefe (e) del Laboratorio de Análisis Químico e Instrumental
Ilse Eliana Acosta Sullcahuamán.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Instituto de Corrosión y Protección

Isabel Díaz Yang

Prof. ISABEL DÍAZ YANG
Directora

Anexo 02: Entrevistas

ENFOQUE ECOSISTÉMICO - SAN ANTONIO	
Ruperto Cáceda Vidal - Miembro de la Comunidad de San Antonio	
Fecha:	
Ex militar - escritor y presidente de CODEMADES (página 1 de 2)	
25/10/2013	
PASO A: DETERMINACIÓN DE LOS ACTORES PRINCIPALES Y DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ACCIÓN Y GOBERNANZA.	1. ¿Que instituciones (públicas o privadas), asociaciones, comunidades, ministerios, etc. están vinculados a la comunidad, y de que manera les apoyan en la agricultura y ganadería?
	Minam: Fiscalización y control. Ley General del Ambiente. Queja de contaminación, plan estratégico, por medio del Comité Provincial Ambiental. Comités Municipales Ambientales. Minag: Desarrollan inversiones agrícolas en las comunidades como depósitos de agua. Proyectos de irrigación, reforestación. Minera Casapalca: Inversiones sostenibles como crianza de cuyes. Nyrstar: Reforestación. Primero capacitan, ellos mismos canalizan (realizan) el proyecto monitorean, se encargan de la logística. Piedra Caliza. Municipalidad de SMH fortalecimiento agrícola técnico.
	2. ¿Se toma en cuenta el conocimiento ancestral para el manejo de sus tierras, como dividen sus tierras para tener diferentes sembríos?
	Cambio Climático, a pesar se toma en cuenta las costumbres, como el sembrío en secano, el resto es con irrigación (riego tecnificado). Faenas, Minka, Mita, Ayni.
PASO B: ESTRUCTURA DEL ECOSITEMA, FUNCIÓN Y MANEJO	1. ¿Han determinado algún límite de capacidad de cultivo en función del tiempo (temporadas) y la cantidad de agua para irrigar las tierras?
	Sí reforestación para sembrar agua en las zonas altas. Luego fluye a las sequias. Del río se utiliza el agua en depósitos. No tienen problemas de cantidad de agua. El problema es la contaminación.
	2. ¿Han realizado planes de recuperación de tierras poco fértiles? ¿Estos han sido efectivos?
	Recuperación de tierras poco fértiles. Sembrar para las alpacas, sembrío de plantas nativas. La tierra se deteriora por el método de riego (inundación). Lava la tierra se va. Riego tecnificado, no deteriora se mantiene y favorece, la tierra se va.
	3. ¿Quiénes están encargados del manejo de la actividad agrícola y ganadera, como es la organización y cuales son sus funciones?
	Comunidad - empresa comunal - unidades productivas. 160 poseionarios de tierras y de sus antepasados. crianza de cuyes, ganado de altura, psigranja y turismo.
	4. Que tan importante es el sistema de riego para el cultivo? Si no habría irrigación en cuanto disminuiría su producción
	Al menos 50% solo en secano y riego. 10 años de tecnificado. Ancestros, comunidad 1573. Ayllus - Grupos de noción familiar, ser uno solo- varios múltiple Incas. Colonia - Virreinato - forma de la reserva de los indios. 1573 dádiva.
La comunidad entrega pastos, tierras a los nuevos. (comunero nativo o comprometido por 5-10años) Trabajan en familias se apoyan entre ellos (6 familias). La que gana es poseionario. Compartir cuyes, ganado, hacen cuyadas, pachamanca. Presidente, vice, secretario, tesorero. Ley de Comunidades no ganan, solo el reconocimiento de sus	

Fuente: Elaboración propia

Ruperto Cáceda Vidal - Miembro de la Comunidad de San Antonio		Fecha:
Ex militar - escritor y presidente de CODEMADES (página 2 de 2)		25/10/2013
PASO C: ASPECTOS ECONÓMICOS	1. ¿Los beneficios de las tierras de cultivo de la comunidad, contribuyen a la disminución de pobreza de sus miembros, como se reparten los beneficios?	
	Si - sostienen para salir de la pobreza. Para la mayoría no sustenta las necesidades, por ello necesitan trabajar en minas, servicios casi todas. No se puede vivir de la chacra. No hay suficiente tecnología. Guano de Isla. Casi no utilizan ya no como una regla.	
	2. Como cubren los costos de mantenimiento del sistema de irrigación. De donde provienen estos fondos?	
	Comité de usuarios de regantes. El comité nombra a un tomero, ahí tiene la llave para darle al usuario, la irrigación cuesta 3s/día - paga al tomero cada usuario hace el mantenimiento minka todos - limpian caminos, cercan (también es individual). 8 años zonas agrícolas rotan, chacra se renueva.	
PASO D: MANEJO ADAPTATIVO EN EL ESPACIO	1. ¿La comunidad de San Antonio colinda con actividades mineras, que tan beneficioso es esta actividad y cuales son los riesgos de la minería?	
	Aceptar una fortaleza SMH - minería, inversión, aporte económico, transporte, servicios. Perjudicial: no se adaptan al cuidado del medio ambiente, no lo ven rentable. Los pasivos el Estado los concesiona, deben dejar la zona en buenas condiciones.	
	2. ¿Sienten el apoyo del gobierno, consideran que los planes del gobierno están de acuerdo a sus actividades agropecuarias?	
	No, la necesidad tecnológica, la inversión, no apoyan, no hay programa agrícola no ganadero. Desarrollo Sostenible- taquillacta sino tractor. Hacer más rápido y más estable la inversión. El Estado debe abrir la casa comunal, el banco. Priorizan la minería.	
PASO E: MANEJO ADAPTATIVO EN EL TIEMPO	1. ¿Desde cuándo usan las tierras de la comunidad para la agricultura y ganadería, desde cuándo riegan y cuánto tiempo cree que las tierras seguirán siendo usadas para estas actividades?	
	Ancestros, riegan desde siempre- sostenible la tierra- elementos para las plantas - abono. Herencia de las nuevas generaciones, sea agricultura, ganadería o turismo- truchas. Inversión preparación de las comunidades, que se eduquen- programas para fortalecimiento de capacidades.	
	2. ¿Cuáles son las principales amenazas al desarrollo de sus actividades agropecuarias, tienen algun plan para evitar que estas amenazas disminuya su producción?	
	Falta de apoyo técnico e inversión. Ley de comunidades campesinas. Los directivos deben ser remunerados para que no estén sentados. La inversión del Canon debe llegar a las comunidades campesinas. Provincia, distrito y comunidades campesinas.	
	3. ¿Usted ha notado cambios en el medio ambiente y sus tierras?	
Si, cambios desaparición de batracios, aparición de moscos, los sapos se los comen. Calentamiento global. Friaje a 4600 msnm, el ganado se muere.		

Fuente: Elaboración propia

ENFOQUE ECOSISTÉMICO - SAN ANTONIO	
Lilia Caravantes Cabrera - Miembro de la comunidad (comerciante) (página 1 de 2)	
Nieta de Don Jerónimo Caravantes Cabrera Presidente comunal en 1934	
Fecha: 25/10/2013	
PASO A: DETERMINACIÓN DE LOS ACTORES PRINCIPALES Y DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ACCIÓN Y GOBERNANZA.	<p>1. ¿Qué instituciones (públicas o privadas), asociaciones, comunidades, ministerios, etc. están vinculados a la comunidad, y de que manera les apoyan en la agricultura y ganadería?</p> <p>Municipalidad de San Mateo de Huanchor. Empresas mineras Nyrstar y Casapalca, apoyan con el sistema de riego. Pronamach. Ellos sienten que tienen que presionar a los centros mineros para renovar convenios, Las empresas les apoyan con el presupuesto participativo del municipio terio de Agricultura mediante apoyo técnico, ya que hace dos años en pumayana han sembrado pastos nativos. La comunidad de San Antonio y de San José de Parárc tienen diferencias: Por problemas de límites, actualmente tienen un juicio. A veces la comunidad de SJP cierran el paso del agua de la irrigación. Sin embargo, se apoyan como vecinos ya que se tienen que llevar bien.</p>
	<p>2. ¿Se toma en cuenta el conocimiento ancestral para el manejo de sus tierras, como dividen sus tierras para tener diferentes sembríos?</p> <p>Ya no, son pocos los que saben, ahora prefieren la tecnología, por ejemplo ya no se usan las pircas, ahora se usan postes, alambres.</p>
PASO B: ESTRUCTURA DEL ECOSITEMA, FUNCIÓN Y MANEJO	<p>1. ¿Han determinado algún límite de capacidad de cultivo en función del tiempo (temporadas) y la cantidad de agua para irrigar las tierras?</p> <p>El agua no es un límite, sobra el agua (ellos cuentan con un reservorio), lo que faltan son tierras. Quizá por la papa, pero ya no es como antes.</p>
	<p>2. ¿Han realizado planes de recuperación de tierras poco fértiles? ¿Estos han sido efectivos?</p> <p>Falta tierra, y también trabajar técnicamente terrazas y andenes. Aun no se ha realizado nada.</p>
	<p>3. ¿Quiénes están encargados del manejo de la actividad agrícola y ganadera, como es la organización y cuales son sus funciones?</p> <p>La comunidad de San Antonio tiene un presidente, el que es elegido cada dos años y trabaja ad honoren. La comunidad de San Antonio ha organizado el manejo mediante tres sectores: San Mateo, Caruya y Chocna; cada uno de estos tiene su comité y se organizan para trabajar las tierras, las cuales son divididas de acuerdo a la antigüedad de los miembros.</p>
	<p>4. ¿Qué tan importante es el sistema de riego para el cultivo? ¿Si no habría irrigación en cuanto disminuiría su producción?</p> <p>El riego es muy importante, ya que actualmente se está dejando el sembrío en seco por el sistema de riego poder tener varios cultivos. Si no habría riego los cultivos disminuirían. La producción principal es la papa (yunga y perricholi) y la alfalfa. Es para consumo y para venta. La papa cosechan en abril, junio, también en diciembre. No guardan sus cosecha porque utilizan insecticidas, y cuando no tienen productos compran del mercado para abastecer la canasta familiar (los productos provienen de Lima). Sus productos los venden en la feria de los domingos y de los miércoles. La mayoría de los integrantes de la comunidad han diversificado sus actividades, a parte son también comerciantes, o tienen otra actividad adicional.</p>

Fuente: Elaboración propia

Lilia Caravantes Cabrera - comerciante (página 2 de 2)		Fecha:
Nieta de Don Jerónimo Caravantes Cabrera Presidente comunal en 1934		25/10/2013
PASO C: ASPECTOS ECONÓMICOS	1. ¿Los beneficios de las tierras de cultivo de la comunidad, contribuyen a la disminución de pobreza de sus miembros, como se reparten los beneficios?	
	Si, generan ingresos en el mediano y largo plazo. Por eso la mayoría tiene otras actividades. Antes había más equitatividad, ahora hay más gente y se prioriza a los que son familiares de los fundadores. Desde hace dos años ya no pueden ingresar nuevos miembros. Actualmente hay 120 miembros activos, más los pasivos serán al menos 200.	
	2. ¿Como cubren los costos de mantenimiento del sistema de irrigación? ¿De donde provienen estos fondos?	
	Apoyo de la municipalidad, centros mineros por la concesión y usufructo. Se realizan faenas comunales para limpiar.	
PASO D: MANEJO ADAPTATIVO EN EL ESPACIO	1. ¿La comunidad de San Antonio colinda con actividades mineras, que tan beneficioso es esta actividad y cuales son los riesgos de la minería?	
	Si, contaminan el agua y también por el aire. Prácticamente el apoyo social es obligatorio es un apoyo mínimo, una migaja, si no se les exige ellos no apoyan.	
	2. ¿Sienten el apoyo del gobierno, consideran que los planes del gobierno están de acuerdo a sus actividades agropecuarias?	
	Promueve el desarrollo de la minería, si no hay usufructo esta la ley de servidumbre. El plan a largo plazo de la represa Yuracmayo y los sembríos de pastos nativos, están para ser utilizado en 10 años, eso es para captar agua para que se lleven a Lima. No hay ningún beneficio para nosotros quizá en el largo plazo.	
PASO E: MANEJO ADAPTATIVO EN EL TIEMPO	1. ¿Desde cuándo usan las tierras de la comunidad para la agricultura y ganadería, desde cuándo riegan y cuánto tiempo cree que las tierras seguirán siendo usadas para estas actividades?	
	Muchos años, antes regaban por gravedad (técnica ancestral) sin embargo al ser riesgoso debido a que cuando hay mucha agua puede llevarse los terrenos implementaron la técnica de riego por aspersión desde hace 10 años, la molina los asesoró.	
	2. ¿Cuales son las principales amenazas al desarrollo de sus actividades agropecuarias, tienen algún plan para evitar que estas amenazas disminuya su producción?	
	La contaminación de los centros mineros, se ha convertido en una lucha constante desde 1934. No como amenaza, la conversión de cultivo en secano a cultivo por riego es una prioridad.	
	3. ¿Usted ha notado cambios en el medio ambiente y sus tierras?	
	Ya no produce igual, antes producían buenos cultivos, diferentes tipos de papas, por el lavado de la tierra y porque no hay muchas terrazas, la formación de terrazas es lenta en comparación a los andenes, Pronamach nos estuvo apoyando.	

Fuente: Elaboración propia

ENFOQUE ECOSISTÉMICO COMUNIDAD DE SAN ANTONIO	
Carlos Caravantes Meza - Comunidad de San Antonio	
Fecha:	
Ingeniero agrónomo (página 1 de 2)	
30/01/2014	
PASO A: DETERMINACIÓN DE LOS ACTORES PRINCIPALES Y DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ACCIÓN Y GOBERNANZA.	1. ¿Que instituciones (públicas o privadas), asociaciones, comunidades, ministerios, etc. están vinculados a la comunidad, y de que manera les apoyan en la agricultura y ganadería?
	Ministerio de Agricultura, sujetos a la legislación Agraria, las comunidades campesinas rige el funcionamiento como instituciones. Prácticamente no hay apoyo en la actividad somos independientes. En cuanto a la conservación del medio ambiente somos apoyados por AGRORURAL (institución del Estado), en forestación proporcionan plantas y apoyo a los comuneros (pequeño presupuesto en las comunidades) a través de las municipalidades.
	2. ¿Se toma en cuenta el conocimiento ancestral para el manejo de sus tierras, como dividen sus tierras para tener diferentes sembríos?
	El manejo es ancestral está en los estatutos internos de la comunidad , la organización y la clase de trabajos. Sobre la repartición: Se da un usufructo los terrenos de cultivo a los comuneros activos. Hay tres tipos de comuneros: Comuneros Calificados: (más obligaciones) deciden el destino de la comunidad. Comuneros Activos: tienen que estar 2 años , cumplen sus faenas, asisten a diversas actividades. Si cumplen pueden pasar a ser comuneros calificados. Comuneros Pasivos: (mayores)
PASO B: ESTRUCTURA DEL ECOSISTEMA, FUNCIÓN Y MANEJO	1. ¿Han determinado algún límite de capacidad de cultivo en función del tiempo (temporadas) y la cantidad de agua para irrigar las tierras? ¿Cómo?
	La cantidad de tierras es muy variable, algunos no se dedican mucho a la agricultura. Hay problemas de sobrepastoreo. Colectivamente tienen ganados: comités, cooperativa ganadera y empresa comunal. En las partes altas tienen vacunos, ovinos, alpacas. En la parte baja sembríos como trigo, cebada, habas y en mayor cantidad papa y alfalfa.
	2. ¿Han realizado planes de recuperación de tierras poco fértiles? ¿Estos han sido efectivos?
	Desde hace mucho tiempo no se ha capacitado para que hagan conservación. La erosión y los daños a los pastizales sobre pastoreados que requieren recuperación. No se hace, se está programando programas de recuperación mediante cercado de mallas (pastizales),capacitación a través de cursos (comuneros con ganado).
	3. ¿Quiénes están encargados del manejo de la actividad agrícola y ganadera, como es la organización y cuales son sus funciones?
	Los comités, anualmente es rotativo (en un sitio y otro en otro) van rotando en los terrenos que van cultivando para que descansen entre 8-10 años.
	4. Que tan importante es el sistema de riego para el cultivo? Si no habría irrigación en cuanto disminuiría su producción
	Mayormente el sembrío es en época de lluvia. Los que cuentan con agua se puede sembrar todo el año, por ejemplo los pastos porque tienen agua.

Fuente: Elaboración propia

Carlos Caravantes Meza - Comunidad de San Antonio		Fecha:
Ingeniero agrónomo (página 2 de 2)		30/01/2014
PASO C: ASPECTOS ECONÓMICOS	1. ¿Los beneficios de las tierras de cultivo de la comunidad, contribuyen a la disminución de pobreza de sus miembros, como se reparten los beneficios?	
	Cada vez hay menos gente que se dedica a la agricultura, las lluvias ya no son como antes a veces se adelantan, se retrasan y ocasionan pérdidas, perjudica. Las personas tienen otras actividades, la agricultura no les reporta mucha utilidad. Mayormente es para autoconsumo, pero algunos llevan al mercado.	
	2. ¿Como cubren los costos de mantenimiento del sistema de irrigación? ¿De donde provienen estos fondos?	
	Controlado por el ministerio de agricultura y la dirección de agua. Para conservar los conductos a través de faenas. Lo limpian, lo arreglan. Tuberías de material sintético con recursos de la comunidad y con recursos propio.	
PASO D: MANEJO ADAPTATIVO EN EL ESPACIO	1. ¿La comunidad de San Antonio colinda con actividades mineras, que tan beneficioso es esta actividad y cuales son los riesgos de la minería?	
	Solo por el trabajo. En la mayoría de casos nos contaminan el agua, las tierras con sustancias tóxicas. En las partes altas, Millotingo, Ticlio siguen, contaminan los pastizales han envenenado el agua y ya no se puede utilizar.	
	2. ¿Sienten el apoyo del gobierno, consideran que los planes del gobierno están de acuerdo a sus actividades agropecuarias?	
	Si de acuerdo a la política pero internamente no estamos aprovechando las comunidades. Por ejem. La producción de orgánicos con guano, humus, poca dedicación a este rubro. Estimular la producción de alimentos orgánicos. No se organizan referente a la quinua, a pesar de que tenemos clima apropiado para quinua, kiwicha, mejoraría el nivel adquisitivo.	
PASO E: MANEJO ADAPTATIVO EN EL TIEMPO	1. ¿Desde cuándo usan las tierras de la comunidad para la agricultura y ganadería, desde cuándo riegan y cuánto tiempo cree que las tierras seguirán siendo usadas para estas actividades?	
	Tiempos inmemorables, antes era la principal actividad la agricultura y la crianza de camélidos. Principal problema es la erosión, no cuidan los terrenos. No hay rotación, primero papa luego cebada, se debe respetar la rotación de cultivos. Contaminación del agua, las mineras sueltan el agua a las quebradas y contaminan los ríos y llega a los productos.	
	2. ¿Cuáles son las principales amenazas al desarrollo de sus actividades agropecuarias, tienen algún plan para evitar que estas amenazas disminuya su producción?	
	Falta capacitación internamente, las municipalidades deben preocuparse. Evitar el sobre-pastoreo para no seguir perdiendo especies nativas. Algunas especies forrajeras alto andinas se han perdido 5 o 6 especies como el torton, gramíneas, leguminosas. Se pierden los cultivos, no es seguro el beneficio de la tierra sobre todo en la agricultura. Con el conocimiento ancestral se podrían, se requiere tiempo y recursos.	
	3. ¿Usted ha notado cambios en el medio ambiente y sus tierras? ¿Cuáles?	
	Mucho cambio en la época de lluvia, ya no es como antes, ya no se sabe cuando es época de siembra para tener buenos productos.	

Fuente: Elaboración propia

ENFOQUE ECOSISTÉMICO - COMUNIDAD SAN JOSÉ DE PÁRAC	
	Fecha:
Ivan Astoyauri Soto - Presidente de la comunidad de San José de Párac	25/01/2014
Vicepresidente nacional de las comunidades campesinas (página 1 de 2)	
PASO A: DETERMINACIÓN DE LOS ACTORES PRINCIPALES Y DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ACCIÓN Y GOBERNANZA.	1. ¿Que instituciones (públicas o privadas), asociaciones, comunidades, ministerios, etc. están vinculados a la comunidad, y de que manera les apoyan en la agricultura y ganadería?
	Municipio. Mineras: Germania, Inca Minerales, American Silver, Nyrstar. Mineras: Germania, Inca Minerales, American Silver, Nyrstar. Ex Millotingo (antes Géminis, Preeminas, ahora Golden Horizon) Paralizado desde hace 2 años. Obras de irrigación para el pueblo. Aproximadamente hay 72 pobladores viviendo en San José de Párac. Hay una sola profesora en el centro educativo Javier Heraud 20594. La población tiene primaria completa. 85% sabe leer y escribir. 15% no sabe. Atención médica 48 horas semanales. Los 72 comuneros que viven en Párac tienen agricultura y ganadería de autoconsumo venden sus productos los miércoles y domingos. Hay una sola profesora para todos los niños de 3- 10 añitos de edad. Los límites de la comunidad son: Norte: C. San Damián Sur: C. San Antonio Este: C. Viso Oeste: C. Yuracmayo
	2. ¿Se toma en cuenta el conocimiento ancestral para el manejo de sus tierras, como dividen sus tierras para tener diferentes sembríos?
	Si se mantiene el conocimiento la costumbre. Quisieran implementar el riego tecnificado, actualmente tienen riego por canales. Sus sembríos son de alfalfa, trébol rojo, blanco, avena forrajera, tonto, depicap, pasto forrajero principal ganado es el vacuno, también tienen ovejas, alpacas y llamas. También cosechan papa, cebada, habas, ajos para autoconsumo.
PASO B: ESTRUCTURA DEL ECOSITEMA, FUNCIÓN Y MANEJO	1. ¿Han determinado algún límite de capacidad de cultivo en función del tiempo (temporadas) y la cantidad de agua para irrigar las tierras?
	Temporal y con regadío, con estas dos modalidades trabajan. Quieren tener un reservorio para mayor captación de agua, están en proyectos con las empresas mineras aledañas.
	2. ¿Han realizado planes de recuperación de tierras poco fértiles? ¿Estos han sido efectivos?
	Algunas tierras ya no producen y para recuperarlas utilizan guano de isla, guano de camero, se mueve la tierra para que sea más fértil. Todos los sembríos son naturales.
	3. ¿Quiénes están encargados del manejo de la actividad agrícola y ganadera, como es la organización y cuales son sus funciones?
	Son 82 comuneros, se gestiona por pastos y cultivos. Los pastos es por canchas y lo trabajan 7 comuneros y el cultivo de las chacras son personales, es decir por comunero.
4. Que tan importante es el sistema de riego para el cultivo? Si no habría irrigación en cuanto disminuiría su producción	
El riego existe desde 1945, si no habría riego disminuiría la producción de alfalfa. Al año se cosechan 3 veces alfalfa ya que su producción es de 45 a 50 días.	

Fuente: Elaboración propia

Ivan Astoyauri Soto - Presidente de la comunidad de San José de Párac		Fecha:
Vicepresidente nacional de las comunidades campesinas (página 2 de 2)		25/01/2014
PASO C: ASPECTOS ECONÓMICOS	1. ¿Los beneficios de las tierras de cultivo de la comunidad, contribuyen a la disminución de pobreza de sus miembros, como se reparten los beneficios?	
	Terrenos comunales mancomunados, hay quienes no pertenecen como familiares lejanos. De todas maneras ayuda pero se ven en la necesidad de diversificar sus actividades.	
	2. ¿Como cubren los costos de mantenimiento del sistema de irrigación? ¿De donde provienen estos fondos?	
	Limpieza de las sequias mediante faenas comunales.	
PASO D: MANEJO ADAPTATIVO EN EL ESPACIO	1. ¿La comunidad de San José de Párac colinda con actividades mineras, que tan beneficioso es esta actividad y cuales son los riesgos de la minería?	
	El apoyo social de las empresas mineras no es suficiente, las leyes no ayudan a formalizar el apoyo social. Nadie es anti minero pero sí queremos minería limpia y responsable, que cumpla con su PAMA para que no afecte contaminando el agua ya que se usa esta agua para el sembrío del alfalfa. Las empresas mineras deben contribuir socialmente con trabajo, canales de irrigación y riego tecnificado. Sobre el ganado muerto en el 2012, menciona que no se sabe si fue por efecto de la minería o por una peste, en realidad no se sabe (de acuerdo a lo mencionado por el Sr. Ivan) Cuando la comunidad para sus labores los policías respaldan a las empresas mineras. Por la carta verde las comunidades campesinas ya no son autónomas. El estado abusa de las comunidades campesinas.	
	2. ¿Sienten el apoyo del gobierno, consideran que los planes del gobierno están de acuerdo a sus actividades agropecuarias?	
	Apoyo a mediana escala, muy poco, deben priorizar ambas actividades agricultura y minería. Ley 25696 Carta verde comunidades campesinas. Toledo promulgo una ley de arbitrios y Alan la carta verde. El gobierno les da la concesión sin participación de las comunidades campesinas, el gobierno les da derechos sin la facultad participación a las comunidades campesinas para otorgar la concesión.	
PASO E: MANEJO ADAPTATIVO EN EL TIEMPO	1. ¿Desde cuándo usan las tierras de la comunidad para la agricultura y ganadería, desde cuándo riegan y cuánto tiempo cree que las tierras seguirán siendo usadas para estas actividades?	
	Comunidad de Párac por Resolución Predial 7642 del Ministerio de Agricultura el 22 de diciembre de 1939. Desde 1945 tienen canales para la irrigación Suspiros, Parco Chacra, Cacher.	
	2. ¿Cuáles son las principales amenazas al desarrollo de sus actividades agropecuarias, tienen algún plan para evitar que estas amenazas disminuya su producción?	
	Contaminación de las empresas mineras, y el friaje antes era -1°C ahora llega -10°C mueren los animales, minimizan estas amenazas inyectándoles calcio al ganado. Con respecto a la contaminación a la contaminación el MINEM tiene que velar por el cumplimiento del PAMA. Sembrío de 1000 pinos eucalipto y quenual para salvaguardar el aire limpio 150 ha.	
3. ¿Usted ha notado cambios en el medio ambiente y sus tierras?		
Friaje 2 años, es por la contaminación atmosférica		

Fuente: Elaboración propia

ENFOQUE ECOSISTÉMICO - COMUNIDAD DE SAN JOSÉ DE PÁRAC	
Tercer Vocal de la Comunidad de San José de Párac	
Fecha:	
El señor es comerciante, vende carne en el mercado. (página 1 de 2)	
30/01/2014	
PASO A: DETERMINACIÓN DE LOS ACTORES PRINCIPALES Y DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ACCIÓN Y GOBERNANZA.	1. ¿Que instituciones (públicas o privadas), asociaciones, comunidades, ministerios, etc. están vinculados a la comunidad, y de que manera les apoyan en la agricultura y ganadería?
	Nyrstar, Millotingo, Pacococha en apoyo social en mejoramiento del pueblo, de la iglesia. Millotingo (Inca minerales, San Mateo). También apoyo en agricultura.
	2. ¿Se toma en cuenta el conocimiento ancestral para el manejo de sus tierras, como dividen sus tierras para tener diferentes sembríos?
	Sí, mediante las faenas. En total hay un aproximado de 72 comuneros, estos se dividen en grupos. Cada comunero con su familia, los productos son de autoconsumo. Lo que mas cosechan son papa y alfalfa, también habas y cebada.
PASO B: ESTRUCTURA DEL ECOSITEMA, FUNCIÓN Y MANEJO	1. ¿Han determinado algún límite de capacidad de cultivo en función del tiempo (temporadas) y la cantidad de agua para irrigar las tierras? ¿Cómo?
	Si por temporadas (de lluvia). Los cultivos con riego son papa y alfalfa. Hay zonas donde no es accesible el agua para riego. No tienen reservorio, es manual el agua que sacan del río para sus regar sus cultivos. Hay 10 lugares en los que rotan para realizar sus sembríos, entre ellos Callan, Pilcumayo, Luyo, Parcochacra, Suspiros, Paza, etc.
	2. ¿Han realizado planes de recuperación de tierras poco fértiles? ¿Estos han sido efectivos?
	No hay problemas porque cambian de lugar por año, así que las tierras se mantienen. Pero dado el caso utilizan guano de corral, natural. Para los cultivos de las zonas de riego.
	3. ¿Quiénes están encargados del manejo de la actividad agrícola y ganadera, como es la organización y cuales son sus funciones?
	Comunidad, presidente, miembros. Se reúnen para acordar en que lugar siembran.
	4. Que tan importante es el sistema de riego para el cultivo? Si no habría irrigación en cuanto disminuiría su producción
	50%, si no habría riego sería solo temporal el cultivo, es bastante importante.

Fuente: Elaboración propia

Tercer Vocal de la Comunidad de San José de Párac		Fecha:
El señor es comerciante, vende carne en el mercado. (página 2 de 2)		30/01/2014
PASO C: ASPECTOS ECONÓMICOS	1. ¿Los beneficios de las tierras de cultivo de la comunidad, contribuyen a la disminución de pobreza de sus miembros, como se reparten los beneficios?	
	No tanto, solo un porcentaje, son pocos la mayoría complementa con otras actividades.	
	2. ¿Como cubren los costos de mantenimiento del sistema de irrigación? ¿De donde provienen estos fondos?	
No hay costo tarifario, los arreglos se realizan mediante faenas. Los canales han sido construidos mediante el apoyo de la empresa Nyrstar-Coricancha.		
PASO D: MANEJO ADAPTATIVO EN EL ESPACIO	1. ¿La comunidad de San José de Párac colinda con actividades mineras, que tan beneficioso es esta actividad y cuales son los riesgos de la minería?	
	Hay trabajo para los comuneros. Es peligroso porque contaminan por los reactivos que contaminan, no es una cosa catastrófica es algo mínimo. 2 años atrás se morían las llamas, auquénidos.	
	2. ¿Sienten el apoyo del gobierno, consideran que los planes del gobierno están de acuerdo a sus actividades agropecuarias?	
	No hay acá en San José de Párac. Sería idóneo que el gobierno promueva tanto la actividad agrícola como la minera.	
PASO E: MANEJO ADAPTATIVO EN EL TIEMPO	1. ¿Desde cuándo usan las tierras de la comunidad para la agricultura y ganadería, desde cuándo riegan y cuánto tiempo cree que las tierras seguirán siendo usadas para estas actividades?	
	Las comunidades existen desde que tiene conocimiento. Existe el riego desde que tiene conocimiento. La actividad agrícola nunca va a morir, porque la ganadería va de la mano con la agricultura.	
	2. ¿Cuáles son las principales amenazas al desarrollo de sus actividades agropecuarias, tienen algún plan para evitar que estas amenazas disminuya su producción?	
	La contaminación puede ser. Mitigan mediante convenios para trabajar mutuamente. Antes PROEMINA no cumplió el convenio y se paralizó, ahora es San Mateo.	
	3. ¿Usted ha notado cambios en el medio ambiente y sus tierras? ¿Cuáles?	
	El clima ya no es como antes hay sequía, este tiempo debería estar lloviendo pero esta haciendo calor, está templado. También hay heladas, friaje y mueren los animales en las zonas altas.	

Fuente: Elaboración propia

ENFOQUE ECOSISTÉMICO COMUNIDAD DE SAN JOSÉ DE PÁRAC	
Walter Godoy Villanueva - Comunidad de San José de Párac (página 1 de 2)	
Fecha:	
El día de la entrevista el señor cuidaba la reja ubicada en la entrada del pueblo	
30/01/2014	
PASO A: DETERMINACIÓN DE LOS ACTORES PRINCIPALES Y DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ACCIÓN Y GOBERNANZA.	1. ¿Que instituciones (públicas o privadas), asociaciones, comunidades, ministerios, etc. están vinculados a la comunidad, y de que manera les apoyan en la agricultura y ganadería?
	ADRA, PRONAA, Minera Nyrstar, Chanape, Inca Minerales, San Mateo. Menciona que antes la empresa PROEMINA les pagaba por cuidar. Ahora nadie les paga. Sobre Millotingo, PROEMINA tuvo problemas con la Minera de San Mateo de Huanchor.
	2. ¿Se toma en cuenta el conocimiento ancestral para el manejo de sus tierras, como dividen sus tierras para tener diferentes sembríos?
	Si mantienen las costumbres. Es común, cada persona tiene su tierra. La mayoría tiene todo en común ganadería y agricultura.
PASO B: ESTRUCTURA DEL ECOSITEMA, FUNCIÓN Y MANEJO	1. ¿Han determinado algún límite de capacidad de cultivo en función del tiempo (temporadas) y la cantidad de agua para irrigar las tierras? ¿Cómo?
	Por temporadas. Hay apoyo en Huacho para utilizar el riego por aspersión, para negocio para el mercado. Hay agua suficiente en la zona de tonsuyoc, riego del río también.
	2. ¿Han realizado planes de recuperación de tierras poco fértiles? ¿Estos han sido efectivos?
	No se usa, por eso hay capacitación para riego por aspersión. De mayo a agosto es tiempo de riego. Se practica desde hace más de 20 años.
	3. ¿Quiénes están encargados del manejo de la actividad agrícola y ganadera, como es la organización y cuales son sus funciones?
	Agricultura, cada uno en ganadería hay promotores. Se siembra cebada, olluco, mashua, habas, papa, alfalfa, quinua, linaza. (para consumo)
	4. Que tan importante es el sistema de riego para el cultivo? Si no habría irrigación en cuanto disminuiría su producción
Si no habría perjudicaría bastante no se produciría alfalfa. Menos agua requiere el olluco, mashua, linaza (esos son cultivos temporales) la papa y el alfalfa necesitan riego.	

Fuente: Elaboración propia

Walter Godoy Villanueva - Comunidad de San José de Paráca (página 2 de 2)		Fecha:
El día de la entrevista el señor cuidaba la reja ubicada en la entrada del pueblo		30/01/2014
PASO C: ASPECTOS ECONÓMICOS	1. ¿Los beneficios de las tierras de cultivo de la comunidad, contribuyen a la disminución de pobreza de sus miembros, como se reparten los beneficios?	Es suficiente para mantener a sus familias (alimentación), pero para la educación se requiere otro trabajo.
	2. ¿Como cubren los costos de mantenimiento del sistema de irrigación? ¿De donde provienen estos fondos?	En el mes de abril hay faena comunal. La municipalidad ayuda con cemento, arena. También algunas empresas apoyan.
	1. ¿La comunidad de San Antonio colinda con actividades mineras, que tan beneficioso es esta actividad y cuales son los riesgos de la minería?	Depende de los acuerdos, no es tan beneficioso. El riesgo de contaminación del agua suelo por los reactivos, por los relaves.
	2. ¿Sienten el apoyo del gobierno, consideran que los planes del gobierno están de acuerdo a sus actividades agropecuarias?	No, falta mantenimiento de la cantera, diques para irrigar para la agricultura. Estado es más para la minería, se llevan las riquezas del pueblo.
PASO E: MANEJO ADAPTATIVO EN EL TIEMPO	1. ¿Desde cuándo usan las tierras de la comunidad para la agricultura y ganadería, desde cuándo riegan y cuánto tiempo cree que las tierras seguirán siendo usadas para estas actividades?	Se tienen las tierras desde 1930 y se riegan los cultivos desde hace 20 años aprox.
	2. ¿Cuáles son las principales amenazas al desarrollo de sus actividades agropecuarias, tienen algún plan para evitar que estas amenazas disminuya su producción?	Plagas, se necesita fumigar. Se fumiga 3 veces por mes la papa y alfalfa.
	3. ¿Usted ha notado cambios en el medio ambiente y sus tierras? ¿Cuáles?	No es normal, esta es época de lluvia, pero no esta lloviendo, llueve poco. El tiempo está cambiado.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 03: Solicitudes de acceso a la información pública

**SOLICITO: INFORMACIÓN DE DATOS
ESTADÍSTICOS DE ANEXOS**

Sr. LUIS E. RINCÓN FRANCO

ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN MATEO DE HUANCHOR



Yo, Amelia Corzo Remigio, identificada con DNI N° 43776581, con domicilio Av. Maximo Abril 551- Jesús María, estudiante de la Maestría en Desarrollo Ambiental de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Ante usted respetuosamente me presento y expongo:

Que como parte de mi formación profesional he decidido realizar la tesis de maestría en el distrito de San Mateo de Huanchor debido a su historia medioambiental. Por ello, solicito información de datos estadísticos de los anexos del distrito, específicamente del anexo San José de Párac, asimismo solicito información estadística de la comunidad de San Antonio.

Por lo expuesto:

la investigación para el desarrollo del

de Huanchor, 06 de setiembre de 2013

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN MATEO
GARCERANONDO CON LA ORGANIZACIÓN AMBIENTAL GALS I

RUC N° 20196625608
RECIBO UNICO DE CAJA N° 0019687

06/09/2013 11:00 am
CAJA01 CELIA ZEGARRA ROMERO

AMELIA CORZO REMIGIO
DIRECCION
TRAMITE DOCUMENTARIO

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	SUB TOTAL
OTROS DERECHOS ADMINI:	1.00	5.00	5.00
OBS		S/. TOTAL	5.00

SOLICITA INFORMACION DE DATOS ESTADISTICOS DE ANEXOS

CONTRIBUYENTE

CANCELADO
San Mateo 06 de 09 del 2013
Tesorería Municipalidad Distrital San Mateo

Ing. Amelia Corzo Remigio

DNI N° 43776581

SOLICITO: INFORMACIÓN DE DATOS ESTADÍSTICOS

Dra. TANIA MARTINEZ LOZANO
JEFA DE MICRORED SAN MATEO-MATUCANA

Yo, Amelia Corzo Remigio, identificada con DNI N° 43776581, con domicilio Av. Máximo Abril 551- Jesús María, Lima, estudiante de la Maestría en Desarrollo Ambiental de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Ante usted respetuosamente me presento y expongo:

Que como parte de mi formación profesional he decidido realizar la tesis de maestría en el distrito de San Mateo de Huanchor, específicamente en la microcuenca Párac, la cual asienta al anexo de San José de Párac y es utilizada para la actividad agrícola por la comunidad de San Antonio. Por ello, solicito información de datos estadísticos del anexo San José de Párac y de la comunidad de San Antonio. Asimismo solicito datos estadísticos generales de la población de del distrito de San Mateo de Huanchor.

De manera general, mi investigación está orientada al estudio del efecto de los metales pesados en la salud de la población. Por lo tanto, la información estadística solicitada es referida a cantidad de población, por edades, por sexo; tasa de enfermedades relacionadas al consumo de agua contaminada; tasa de nacimientos; acceso a agua potable, entre otros. Cualquier tipo de información estadística o histórica enriquecerá el trabajo de investigación.

Por lo expuesto:

Ruego a usted acceda a mi solicitud.

San Mateo de Huanchor, 06 de setiembre de 2013



Ing. Amelia Corzo Remigio
DNI N° 43776581





GOBIERNO REGIONAL DE LIMA

Exp. N° 00764542

INFORME N° 063 - 2014-GRL-GRDE-DREM

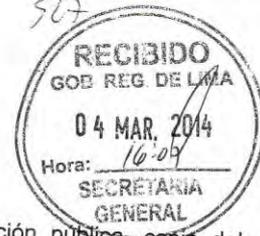
A Abog. JESSICA JANET LENGUA GRANDEZ
Responsable de Información Pública

DE Dr. WILLIAM DE LA VEGA VILLANES
Director Regional De Energía Y Minas

ASUNTO Solicitud de transparencia y acceso a la información pública, copia del Estudio de Impacto Ambiental de la empresa Golden Horizon Investments Corporation Sucursal Perú y otros.

REFERENCIA Hoja de envío, Exp. N° 760358

FECHA 27 de febrero de 2014



Es grato dirigirme a usted, para hacer de su conocimiento que se ha tomado conocimiento del documento de la referencia, por lo cual informo lo siguiente:

- Ante la solicitud de la señora Amelia Corzo Remigio de copias del Estudio de Impacto Ambiental según detalle del siguiente cuadro:

N°	Empresa / Titular	Derecho Minero	código	Tipo	IGA*
01	GOLDEN HORIZON INVESTMENTS CORPORATION SUCURSAL DEL PERÚ	MILLOTINGO	P0102349	Planta de beneficio	EIA**
02	S.M.R.L. PLANTA CONCENTRADORA HUAROCHIRÍ	HUAROCHIRÍ	P0103051	Planta de beneficio	EIA**

*IGA: instrumento de Gestión Ambiental
** EIA: Estudio de Impacto Ambiental

- Se precisa que para el derecho minero HUAROCHIRÍ, la DREM- Lima no posee IGA alguno
 - Para el derecho Minero Millotingo se tiene la Aprobación de un Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado EIA-sd del Proyecto Ecológico Charito, obtenido por la empresa PROEMINA S.A.C.
- Es preciso aclarar que los estudios ambientales, son realizados por una consultora, ajena, a está DREM, por tanto se encuentran protegidas por las normas de protección de la creación intelectual e industrial, ya que son producto de un trabajo de investigación y del resultado de la aplicación de métodos científicos, por tanto a tenor de lo previsto por el Art. 97°, del DECRETO LEGISLATIVO N° 1075, constituye una infracción, la reproducción de la misma sin la correspondiente autorización y/o LICENCIA, del autor, siendo que este derecho es concordante con lo previsto por el, Decreto Legislativo N° 822, Ley Sobre el Derecho de Autor, bajo el principio de que "Al Estado y a toda la comunidad le interesa proteger la propiedad intelectual, porque considera que no sólo se está premiando la creatividad de sus ciudadanos sino también se está reconociendo el esfuerzo y los aportes que los mismos hacen para el bienestar general"

www.regionlima.gob.pe

RPM: #962573582 / teléfono: 3976957
Oficina: Prolongación Grau N° 192 / Huacho
rlima@minem.gob.pe



GOBIERNO REGIONAL DE LIMA

3. Entiéndase que se considera como Documento público a todos aquellos CREADOS O FINANCIADOS POR EL PRESUPUESTO PUBLICO, Según el Art. 10° de la Ley N° 27806, modificada por la Ley 27927, "Ley de transparencia y acceso a la información pública", mas no por el financiado por los particulares como es el caso presente.
4. Por consiguiente se le puede proporcionar las copias de los informes, actuados y resolución emitidas por esta Dirección Regional para el Proyecto Ecológico Charito obtenido por la Empresa PROEMINA S.A.C., que **son 235 folios** del Área de Asuntos Ambientales.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para manifestarle los sentimientos de mi mayor consideración.

Atentamente



GOBIERNO REGIONAL DE LIMA


DR. WILLIAM DE LA VEGA VILLANES
DIRECTOR REGIONAL DE ENERGIA Y MINAS

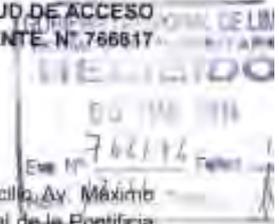
www.regionlima.gob.pe

RPM: #962573582 / teléfono: 3976957
Oficina: Prolongación Grau N° 192 / Huacho
rlima@minem.gob.pe

**SOLICITO: RECONSIDERACIÓN DE SOLICITUD DE ACCESO
A LA INFORMACIÓN PÚBLICA – EXPEDIENTE N° 766817**

Abog. JESSICA JANET LENGUA GRANDEZ

Responsable de Información Pública del Gobierno Regional de Lima



Yo, Amelia Corzo Remigio, identificada con DNI N° 43776581, con domicilio en Av. Máximo Abril 551- Jesús María, Lima, estudiante de la Maestría en Desarrollo Ambiental de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Ante usted respetuosamente me presento y expongo:

De acuerdo al informe señalado por el Director Regional de Energía y Minas no se me puede facilitar el acceso al Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto Ecológico Charito, de la Empresa Proemina SAC, debido a que es un documento elaborado por una consultora ajena al DREM, por lo que se encuentra protegida por las normas de la protección de la creación intelectual e industrial. Ante esta respuesta, solicito la reconsideración debido a las siguientes razones:

1. Existe el precedente de acceso a este tipo de documentos (EIA), ya que en setiembre del 2011, el EIA del proyecto de Central Hidroeléctrica Inambari, fue puesto al conocimiento de la opinión pública después de la resolución del Expediente es N° 1893-2011, en el cual el 10° Juzgado Constitucional declaró fundada la demanda de Hábeas Data interpuesta por el Instituto de Defensa Legal del Ambiente y del Desarrollo Sostenible (IDLADS). Para su verificación adjunto una hoja informativa con su respectivo link. Asimismo, la resolución del Expediente N° 1893-211
2. La información solicitada no se encuentra dentro de las excepciones de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, Ley N° 27806. Ya que en el Artículo 13° de la mencionada Ley, explica lo siguiente: "La denegatoria al acceso a la información solicitada debe ser fundamentada en las excepciones del Artículo 15° de esta Ley, señalándose expresamente y por escrito las razones por las que se aplican esas excepciones y el plazo por el que se prolongará dicho impedimento". Cabe señalar que las excepciones de la Ley están vinculadas a la información de ámbito militar, seguridad y defensa nacional.
3. Finalmente, reitero la reconsideración de la solicitud debido a que los fines son estrictamente educativos. Para ello, adjunto una copia de una Carta de Presentación suscrita por la coordinadora de la maestría.

Asimismo, hago de su conocimiento que he solicitado nuevamente el acceso al Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto Ecológico Charito, cuyo número de expediente es 767834, para que le pueda hacer el seguimiento respectivo. Además, envío una copia de esta solicitud a la Oficina de Control Institucional del Gobierno Regional.

Por lo expuesto, ruego a usted acceda a mi solicitud.

Huacho, 06 de marzo de 2014



Ing. Amelia Corzo Remigio
DNI N° 43776581

Escuela de Posgrado
**MAESTRIA EN
DESARROLLO AMBIENTAL**



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

N° 2/2014-MDA

Lima, 24 de febrero del 2014

Director General de Asuntos Ambientales Mineros

Tengo el agrado de presentar a la alumna Amelia Corzo Remigio, quien estudia en la Maestría en Desarrollo Ambiental de la Pontificia Universidad Católica del Perú. La alumna se encuentra elaborando su tesis de maestría en colaboración con la profesora del programa, la Dra. Nadia Gamboa Fuentes sobre el tema Impacto de pasivos ambientales mineros en la actividad agrícola. Como parte del mencionado trabajo, la alumna planea conversar con representantes del gobierno, sector privado y asociaciones civiles relacionados al impacto de los pasivos ambientales mineros en las actividades agrícolas desarrolladas en la microcuenca Párac, ubicada en la cuenca alta del río Rímac.

Por ello, la alumna requiere una entrevista con la persona encargada del tema de Pasivos Ambientales Mineros, para consultar acerca de las actividades de remediación ambiental. Asimismo, cualquier ayuda que pudiera brindarle será muy apreciada. Agradezco de antemano su apoyo al desarrollo de la tesis.

Atentamente,


Ana SABOGAL DUNIN BORKOWSKI
Director
Maestría en Desarrollo Ambiental
Pontificia Universidad Católica del Perú

Av. Universitaria N° 1801 – San Miguel Lima 32
Teléfono 626-2000 anexo 5116
maestriadesamb@pucp.edu.pe

Anexo 04: Hoja de seguridad del Froth 70 - MIBC



Safety Data Sheet

1. IDENTIFICATION OF THE MATERIAL AND SUPPLIER

Product Name:	METHYL ISOBUTYL CARBINOL
Other name(s):	Methyl amyl alcohol; 4-Methyl-2-pentanol; Isobutyl methyl carbinol; MBC; Metilisobutilcarbinol
Recommended use of the chemical and restrictions on use:	Solvent; mineral floatation agent.
Supplier:	Orica Australia Pty Ltd
ABN:	99 004 117 828
Street Address:	1 Nicholson Street, Melbourne 3000 Australia
Telephone Number:	+61 3 9665 7111
Facsimile:	+61 3 9665 7937
Emergency Telephone:	1 800 033 111 (ALL HOURS)

2. HAZARDS IDENTIFICATION

Classified as Dangerous Goods by the criteria of the Australian Dangerous Goods Code (ADG Code) for Transport by Road and Rail; DANGEROUS GOODS.

This material is hazardous according to Safe Work Australia; HAZARDOUS SUBSTANCE.

Classification of the substance or mixture:

Flammable liquids - Category 3

Specific target organ toxicity (single exposure) - Category 3

SIGNAL WORD: WARNING



Hazard Statement(s):

H226 Flammable liquid and vapour.

H335 May cause respiratory irritation.

Precautionary Statement(s):

Prevention:

P210 Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. No smoking.

P233 Keep container tightly closed.

P240 Ground/bond container and receiving equipment.

P241 Use explosion-proof electrical/ventilating/lighting equipment.

P242 Use only non-sparking tools.

P243 Take precautionary measures against static discharge.

P261 Avoid breathing mist/vapours/spray.

P271 Use only outdoors or in a well-ventilated area.

P280 Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection.

Product Name: METHYL ISOBUTYL CARBINOL

Substance No: 000031314201

Issued: 17/01/2013

Version: 5



Safety Data Sheet

Response:

P303+P361+P353 IF ON SKIN (or hair): Take off immediately all contaminated clothing. Rinse skin with water/shower.
 P304+P340 IF INHALED: Remove person to fresh air and keep comfortable for breathing.
 P312 Call a POISON CENTER or doctor/physician if you feel unwell.
 P370+P378 In case of fire: Use extinguishing media as outlined in Section 5 of this Safety Data Sheet to extinguish.

Storage:

P403+P233 Store in a well-ventilated place. Keep container tightly closed.
 P403+P235 Store in a well-ventilated place. Keep cool.
 P405 Store locked up.

Disposal:

P501 Dispose of contents/container in accordance with local/regional/national/international regulations.

Poisons Schedule (SUSMP): None allocated.

3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Components	CAS Number	Proportion	Hazard Codes
Methyl isobutyl carbinol	108-11-2	>=99%	H226 H335

4. FIRST AID MEASURES

For advice, contact a Poisons Information Centre (e.g. phone Australia 131 126; New Zealand 0800 764 766) or a doctor.

Inhalation:

Remove victim from area of exposure - avoid becoming a casualty. Remove contaminated clothing and loosen remaining clothing. Allow patient to assume most comfortable position and keep warm. Keep at rest until fully recovered. If patient finds breathing difficult and develops a bluish discolouration of the skin (which suggests a lack of oxygen in the blood - cyanosis), ensure airways are clear of any obstruction and have a qualified person give oxygen through a face mask. Apply artificial respiration if patient is not breathing. Seek immediate medical advice.

Skin Contact:

If skin contact occurs, remove contaminated clothing and wash skin with running water. If irritation occurs seek medical advice.

Eye Contact:

If in eyes, wash out immediately with water. In all cases of eye contamination it is a sensible precaution to seek medical advice.

Ingestion:

Rinse mouth with water. If swallowed, do NOT induce vomiting. Give a glass of water. Seek immediate medical assistance.

Indication of immediate medical attention and special treatment needed:

Treat symptomatically.

5. FIRE FIGHTING MEASURES

Suitable Extinguishing Media:

Alcohol resistant foam is the preferred firefighting medium but, if it is not available, normal protein foam can be used.

Unsuitable Extinguishing Media:

Water jets. Solid water jet/stream may scatter and spread the fire.

Hazchem or Emergency Action Code: - 3Y

Product Name: METHYL ISOBUTYL CARBINOL
 Substance No: 000031314201

Issued: 17/01/2013
 Version: 5



Safety Data Sheet

Specific hazards arising from the substance or mixture:

Flammable liquid. May form flammable vapour mixtures with air. Vapour may travel a considerable distance to source of ignition and flash back.

Special protective equipment and precautions for fire-fighters:

On burning will emit toxic fumes, including those of oxides of carbon. Heating can cause expansion or decomposition of the material, which can lead to the containers exploding. If safe to do so, remove containers from the path of fire. Keep containers cool with water spray. Fire fighters to wear self-contained breathing apparatus and suitable protective clothing if risk of exposure to vapour or products of combustion.

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Emergency procedures/Environmental precautions:

Shut off all possible sources of ignition. Clear area of all unprotected personnel. If contamination of sewers or waterways has occurred advise local emergency services.

Personal precautions/Protective equipment/Methods and materials for containment and cleaning up:

Slippery when spilt. Avoid accidents, clean up immediately. Wear protective equipment to prevent skin and eye contact and breathing in vapours. Work up wind or increase ventilation. Contain - prevent run off into drains and waterways. Use absorbent (soil, sand or other inert material). Use a spark-free shovel. Collect and seal in properly labelled containers or drums for disposal.

7. HANDLING AND STORAGE

Precautions for safe handling:

Avoid skin and eye contact and breathing in vapour. All potential sources of ignition (open flames, pilot lights, furnaces, spark producing switches and electrical equipment etc) must be eliminated both in and near the work area. Do NOT smoke. Take precautionary measures against static discharges.

Conditions for safe storage, including any incompatibilities:

Store in a cool, dry, well ventilated place and out of direct sunlight. Store away from sources of heat or ignition. Store away from incompatible materials described in Section 10. Keep containers closed when not in use - check regularly for leaks.

8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

Methyl isobutyl carbinol: 8hr TWA = 104 mg/m³ (25 ppm), 15 min STEL = 167 mg/m³ (40 ppm), Sk

As published by Safe Work Australia Workplace Exposure Standards for Airborne Contaminants.

TWA - The time-weighted average airborne concentration of a particular substance when calculated over an eight-hour working day, for a five-day working week.

STEL (Short Term Exposure Limit) - the airborne concentration of a particular substance calculated as a time-weighted average over 15 minutes, which should not be exceeded at any time during a normal eight hour work day. According to current knowledge this concentration should neither impair the health of, nor cause undue discomfort to, nearly all workers.

'SK' (skin) Notice - absorption through the skin may be a significant source of exposure. The exposure standard is invalidated if such contact should occur.

These Workplace Exposure Standards are guides to be used in the control of occupational health hazards. All atmospheric contamination should be kept to as low a level as is workable. These workplace exposure standards should not be used as fine dividing lines between safe and dangerous concentrations of chemicals. They are not a measure of relative toxicity.

Product Name: METHYL ISOBUTYL CARBINOL
Substance No: 000031314201

Issued: 17/01/2013
Version: 5



Safety Data Sheet

Appropriate engineering controls:

Ensure ventilation is adequate to maintain air concentrations below Workplace Exposure Standards. Vapour heavier than air - prevent concentration in hollows or sumps. DO NOT enter confined spaces where vapour may have collected. If inhalation risk exists: Use with local exhaust ventilation or while wearing organic vapour respirator. Keep containers closed when not in use.

Individual protection measures, such as Personal Protective Equipment (PPE):

The selection of PPE is dependant on a detailed risk assessment. The risk assessment should consider the work situation, the physical form of the chemical, the handling methods, and environmental factors.

Orica Personal Protection Guide No. 1, 1998: G - OVERALLS, SAFETY SHOES, SAFETY GLASSES, GLOVES, RESPIRATOR.



Wear overalls, safety glasses and impervious gloves. Use with adequate ventilation. If inhalation risk exists wear organic vapour respirator meeting the requirements of AS/NZS 1715 and AS/NZS 1716. Always wash hands before smoking, eating, drinking or using the toilet. Wash contaminated clothing and other protective equipment before storage or re-use.

When handling this product in bulk quantities, and/or in Intermediate Bulk Containers (IBC's), wear overalls, safety shoes, impervious gloves, chemical goggles, and a face shield. If inhalation risk exists, wear appropriate respiratory protection as mentioned above.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Physical state:	Liquid
Colour:	Colourless
Odour:	Mild
Molecular Formula:	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH(OH)CH ₃
Specific Gravity:	0.808 @20°C
Relative Vapour Density (air=1):	3.52
Vapour Pressure (20 °C):	3.7 hPa
Flash Point (°C):	41 (Open Cup)
Flammability Limits (%):	1 - 5.5
Autoignition Temperature (°C):	335
Solubility in water (g/L):	21.8 @20°C
Boiling Point/Range (°C):	131.6
pH:	Not available
Viscosity:	4.074 mPa.s @25°C
Evaporation Rate:	0.26 (n-Butyl acetate = 1)
Partition Coefficient:	1.43 (n-octanol/water)
Freezing Point/Range (°C):	-90

10. STABILITY AND REACTIVITY

Reactivity:	No information available.
Chemical stability:	Stable under normal conditions of use.
Possibility of hazardous reactions:	Hazardous polymerisation will not occur.

Product Name: METHYL ISOBUTYL CARBINOL
Substance No: 000031314201

Issued: 17/01/2013
Version: 5



Safety Data Sheet

Conditions to avoid:	Avoid exposure to heat, sources of ignition, and open flame.
Incompatible materials:	Incompatible with strong acids, and strong oxidising agents.
Hazardous decomposition products:	Oxides of carbon.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

No adverse health effects expected if the product is handled in accordance with this Safety Data Sheet and the product label. Symptoms or effects that may arise if the product is mishandled and overexposure occurs are:

Ingestion:	Swallowing can result in nausea, vomiting and central nervous system depression. If the victim is showing signs of central system depression (like those of drunkenness) there is greater likelihood of the patient breathing in vomit and causing damage to the lungs.
Eye contact:	May be an eye irritant.
Skin contact:	Contact with skin may result in irritation. Will have a degreasing action on the skin. Repeated or prolonged skin contact may lead to irritant contact dermatitis. Can be absorbed through the skin with resultant adverse effects.
Inhalation:	Material is irritant to the mucous membranes of the respiratory tract (airways). Breathing in vapour can result in headaches, dizziness, drowsiness, and possible nausea. Breathing in high concentrations can produce central nervous system depression, which can lead to loss of co-ordination, impaired judgement and if exposure is prolonged, unconsciousness.

Acute toxicity:
 Oral LD50 (rat): 2500 mg/kg.
 Dermal LD50 (rabbit): 2870 mg/kg.
 Inhalation LC50 (rat): > 16000 mg/m³/4hr

Chronic effects:

Mutagenicity:	Non-mutagenic in AMES test. No evidence of mutagenic effects.
Carcinogenicity:	No evidence of carcinogenic effects.
Reproductive toxicity:	No evidence of reproductive effects.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Ecotoxicity	Avoid contaminating waterways.
Persistence/degradability:	The material is readily biodegradable.

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

Disposal methods:
 Refer to Waste Management Authority. Dispose of material through a licensed waste contractor. Advise flammable nature. Normally suitable for incineration by an approved agent.

14. TRANSPORT INFORMATION

Product Name: METHYL ISOBUTYL CARBINOL
Substance No: 000031314201

Issued: 17/01/2013
Version: 5



Safety Data Sheet

14. TRANSPORT INFORMATION

Road and Rail Transport

Classified as Dangerous Goods by the criteria of the Australian Dangerous Goods Code (ADG Code) for Transport by Road and Rail; DANGEROUS GOODS.



UN No: 2053
 Transport Hazard Class: 3 Flammable Liquid
 Packing Group: III
 Proper Shipping Name or Technical Name: METHYL ISOBUTYL CARBINOL
 Hazchem or Emergency Action Code: - 3Y

Marine Transport

Classified as Dangerous Goods by the criteria of the International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code) for transport by sea; DANGEROUS GOODS.

UN No: 2053
 Transport Hazard Class: 3 Flammable Liquid
 Packing Group: III
 Proper Shipping Name or Technical Name: METHYL ISOBUTYL CARBINOL

IMDG EMS Fire: F-E
 IMDG EMS Spill: S-D

Air Transport

Classified as Dangerous Goods by the criteria of the International Air Transport Association (IATA) Dangerous Goods Regulations for transport by air; DANGEROUS GOODS.

UN No: 2053
 Transport Hazard Class: 3 Flammable Liquid
 Packing Group: III
 Proper Shipping Name or Technical Name: METHYL ISOBUTYL CARBINOL

15. REGULATORY INFORMATION

Classification:

This material is hazardous according to Safe Work Australia; HAZARDOUS SUBSTANCE.

Classification of the substance or mixture:

Flammable liquids - Category 3
 Specific target organ toxicity (single exposure) - Category 3

Hazard Statement(s):

H226 Flammable liquid and vapour.
 H335 May cause respiratory irritation.

Poisons Schedule (SUSMP): None allocated.

This material is listed on the Australian Inventory of Chemical Substances (AICS).

Product Name: METHYL ISOBUTYL CARBINOL
 Substance No: 000031314201

Issued: 17/01/2013
 Version: 5



Safety Data Sheet

16. OTHER INFORMATION

Supplier Safety Data Sheet: 12/ 2010.

This safety data sheet has been prepared by Orica Toxicology & SDS Services.

Reason(s) for Issue:
Revised Primary SDS
Alignment to GHS requirements

This SDS summarises to our best knowledge at the date of issue, the chemical health and safety hazards of the material and general guidance on how to safely handle the material in the workplace. Since Orica Limited cannot anticipate or control the conditions under which the product may be used, each user must, prior to usage, assess and control the risks arising from its use of the material.

If clarification or further information is needed, the user should contact their Orica representative or Orica Limited at the contact details on page 1.

Orica Limited's responsibility for the material as sold is subject to the terms and conditions of sale, a copy of which is available upon request.

Product Name: METHYL ISOBUTYL CARBINOL
Substance No: 000031314201

Page 7 of 7

Issued: 17/01/2013
Version: 5