



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental



**EVALUACIÓN AMBIENTAL EN EL ÁREA DE
INFLUENCIA DE LA UNIDAD MINERA
RETAMAS, UBICADA EN LA PROVINCIA DE
PATAZ, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD,
DURANTE EL AÑO 2017**

**COORDINACIÓN DE EVALUACIONES AMBIENTALES EN
MINERÍA Y ENERGÍA**

DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN

4.
A
Z
C
D



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL
SUBDIRECCIÓN DE LA LÍNEA DE BASE Y AGENTES CONTAMINANTES
RÉCIBIDO
15 SEP 2017
VºBº Hora:
Firma

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

INFORME N° 085 -2017-OEFA/DE-SDLB-CEAME

- A** : **LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS**
Subdirector de la Línea de Base y Agentes Contaminantes
- DE** : **LUIS ÁNGEL ANCCO PICHUILLA**
Coordinador de Evaluaciones Ambientales en Minería y Energía
- EDGAR ALBERTO YSLA CEDEÑO**
Tercero Evaluador
- HERVER ARTURO ACUÑA BARDALES**
Tercero Evaluador
- CESAR REÁTEGUI VALLE**
Tercero Evaluador
- CARLOS FIDENCIO LLANOS VÁSQUEZ**
Tercero Evaluador
- KAREM LISSETH OROSCO CHAMBI**
Tercero Evaluador

ASUNTO : Informe de evaluación ambiental en el área de influencia de la unidad minera Retamas, ubicada en la provincia de Pataz, departamento de La Libertad, durante el año 2017

REFERENCIA : Planefa 2017

FECHA : Lima, 15 SEP 2017

2017-101-29005

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted con relación al asunto de la referencia, a fin de informar lo siguiente:

I. INFORMACIÓN GENERAL

1. Detalles de la evaluación ambiental:

a.	Zona evaluada	Área de influencia de la unidad minera Retamas, operada por Minera Aurífera Retamas S.A.
b.	Ámbito de influencia	Distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de La Libertad.
c.	Problemática de la zona evaluada	Posible alteración de los cuerpos de agua ubicados en el área de influencia de la unidad minera Retamas.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

d.	¿A pedido de qué se realizó la actividad?	Planefa 2017		
e.	¿Se realizó en el marco de un espacio de diálogo, mesa de diálogo o mesa de desarrollo?	SI	NO	X



2. Detalles del diagnóstico ambiental:

a.	Salidas y fechas de muestreo	Muestreo	08/03/17 al 14/03/17
b.	Componentes y puntos de muestreo evaluados	Agua	20 puntos
		Hidrobiología	20 puntos
		Sedimentos	20 puntos
		Estaciones Meteorológicas	06 puntos
		Niveles Piezométricos	11 puntos

3. Equipo profesional:

	Apellidos y nombres	Actividad	Periodo de realización
1	Edgar Alberto Ysla Cedeño	Muestreo	08/03/17 al 14/03/17
2	Carlos Fidencio Llanos Vázquez		
3	David Felix de las Casas Peña		
4	Bryant O'neil Pómez Quiroz		
5	Elmer Francisco Zegarra Figueroa		
6	Karem Liseth Orosco Chambi		

II. OBJETIVO

4. Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia de la unidad minera Retamas.

III. ANTECEDENTES

5. El presente informe se realiza dando cumplimiento a la función evaluadora del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) establecida en la Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA), que indica que la función evaluadora permite establecer el diagnóstico de la calidad ambiental en forma integrada y continua, con énfasis en aquellas actividades fiscalizables por el OEFA, comprendiendo acciones de vigilancia, monitoreo y otras similares según sus competencias, para asegurar el cumplimiento de las normas ambientales, a la vez que sirve de soporte técnico a la función de supervisión directa. De igual modo, las Evaluaciones Ambientales en Minería y Energía realizan el



Handwritten signatures and initials in blue ink.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

diagnóstico de los factores externos que podrían estar influenciando en los diferentes componentes ambientales en las áreas de influencia de las actividades fiscalizables. En este sentido, la evaluación ambiental en el área de influencia de la unidad minera Retamas se encuentra programado en el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental 2017 (Planefa 2017), aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 004-2017-OEFA/CD, publicado el 1 de febrero de 2017 en el diario oficial El Peruano.

IV. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6. El análisis se encuentra desarrollado en el Anexo N° 1 denominado "Evaluación ambiental en el área de influencia de la unidad minera Retamas, ubicada en la provincia de Pataz, departamento de La Libertad, durante el año 2017" que se adjunta y forma parte del presente informe.

V. CONCLUSIÓN

7. En vista de que la evaluación ambiental en el área de influencia de la unidad minera Retamas cuenta con el sustento técnico requerido, el equipo profesional que elaboró el informe lo traslada a la Subdirección de la Línea de Base y Agentes Contaminantes a efectos que se proponga su aprobación ante la Dirección de Evaluación.

Atentamente,

LUIS ÁNGEL ANCCO PICHUILLA
Coordinador de Evaluaciones Ambientales en
Minería y Energía
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

EDGAR ALBERTO YSLA CEDEÑO
Tercero Evaluador
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

HERVER ARTURO ACUÑA BARDALES
Tercero Evaluador
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

CESAR REATEGUI VALLE
Tercero Evaluador
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

CARLOS FIDENCIO LLANOS VÁSQUEZ

Tercero Evaluador
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

15 SEP 2017

KAREM LISSETH OROSCO CHAMBI

Tercero Evaluador
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

Visto el Informe N° 85 -2017-OEFA/DE-SDLB-CEAME y habiéndose verificado que se encuentra enmarcado dentro de la función evaluadora, así como su coherencia normativa; el Subdirector de la Línea de Base y Agentes Contaminantes recomienda su APROBACIÓN a la Dirección de Evaluación, razón por el cual se TRASLADA el presente Informe.

Atentamente,

LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS

Subdirector de la Línea de Base y Agentes Contaminantes
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

15 SEP 2017

Visto el Informe N° 85 -2017-OEFA/DE-SDLB-CEAME y en atención a las recomendaciones del Coordinador de Evaluaciones Ambientales en Minería y Energía y el Subdirector de la Línea de Base y Agentes Contaminantes, la Dirección de Evaluación ha dispuesto aprobar el presente Informe.

Atentamente,

FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN

Director de Evaluación
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



Anexo N° 1

S.
A
Z
@
P



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

INDICE DEL CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	ANTECEDENTES.....	2
3.	JUSTIFICACIÓN.....	9
4.	OBJETIVOS.....	11
4.1.	Objetivo general.....	11
4.2.	Objetivos específicos.....	11
5.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	11
6.	MARCO CONCEPTUAL.....	13
6.1.	Proceso productivo que se desarrolla en la unidad minera Retamas.....	13
6.2.	Geología en la zona aurífera de Retamas.....	15
6.3.	Base conceptual.....	26
7.	METODOLOGÍA.....	33
7.1.	Ubicación de puntos de monitoreo.....	35
7.2.	Calidad de agua superficial.....	37
7.3.	Calidad de sedimentos.....	41
7.4.	Comunidades hidrobiológicas.....	44
7.5.	Medición de condiciones meteorológicas.....	49
8.	RESULTADOS Y ANALISIS.....	50
8.1.	Comparación con el ECA para agua aprobado en el Instrumento de Gestión Ambiental de Minera Aurífera Retamas S.A.....	51
8.1.1.	Resultados para el Grupo I.....	51
8.1.2.	Resultados para el Grupo II.....	56
8.1.3.	Resultados para el Grupo III.....	61
8.2.	Comparación de uso referencial con normativa nacional e internacional.....	63
8.2.1.	Resultados para el Grupo I.....	63
8.2.2.	Resultados para el Grupo II.....	79
8.2.3.	Resultados para el Grupo III.....	94
8.2.4.	Resultados de los parámetros meteorológicos.....	109
9.	DISCUSIONES.....	115
9.1.	Análisis de la calidad ambiental de los parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y biológicos del área de influencia de la unidad minera Retamas.....	115
9.1.1.	GRUPO I.....	116
9.1.2.	GRUPO II.....	122
9.1.3.	GRUPO III.....	127
9.2.	Influencia de la meteorología en el diagnóstico de la calidad ambiental.....	128
10.	CONCLUSIONES.....	129
10.1.	GRUPO I.....	129
10.2.	GRUPO II.....	130
10.3.	GRUPO III.....	131
11.	RECOMENDACIONES.....	132
12.	ANEXOS.....	132
13.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	132



Handwritten signature and initials in blue ink

INDICE DE TABLAS

Tabla 6-1.	Unidades estratigráficas de la columna de Pataz.....	16
Tabla 6-2.	Composición mineralógica del granito.....	18
Tabla 6-3.	Composición mineralógica de la granodiorita.....	18
Tabla 6-4.	Minerales presentes en el yacimiento y presentes en la litología.....	24
Tabla 6-5.	Potencial de generación de contaminantes y fuentes de generación.....	30
Tabla 6-6.	Atributos ecológicos afectados por las actividades mineras.....	33
Tabla 7-1.	Red de puntos de monitoreo para calidad de agua superficial, sedimento y componente hidrobiológico establecidos en el área de influencia de la UM Retamas.....	36
Tabla 7-2.	Clasificación de cuerpos de agua que se ubican en el área de influencia del UM Retamas, según Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA.....	37
Tabla 7-3.	Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de recursos hídricos superficiales, consideraciones en la evaluación del área de influencia de la UM Retamas.....	37
Tabla 7-4.	Características de los equipos accesorios y otros materiales para el monitoreo de calidad de agua superficial.....	38
Tabla 7-5.	Parámetros y métodos de ensayo usados en el análisis de muestras ambientales por los laboratorios acreditados ante INACAL.....	39
Tabla 7-6.	Estándares de Calidad Ambiental para Agua Cat4, aprobados mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM y Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.....	40
Tabla 7-7.	Guías y protocolos de monitoreo para calidad de sedimentos evaluados en el área de influencia de la UM Retamas.....	41
Tabla 7-8.	Parámetros y métodos de ensayo considerados para la evaluación de la calidad de sedimentos en el área de influencia de la UM Retamas.....	42
Tabla 7-9.	Valores estándar para metales en sedimentos de agua dulce, según la norma canadiense CEQG.....	42
Tabla 7-10.	Clasificación de las aguas y significado ecológico de acuerdo al índice ABI.....	47
Tabla 7-11.	Estado ecológico de las aguas de acuerdo con la puntuación del índice ABI.....	48
Tabla 7-12.	Guías y protocolos de monitoreo para calidad de aire, utilizados para la medición de parámetros meteorológicos en el área de influencia de la UM Retamas.....	49
Tabla 7-13.	Ubicación y coordenadas de los puntos de monitoreo de parámetros meteorológicos ubicados en el ámbito de la UM Retamas, administrada por MARSAs.....	50
Tabla 8-1.	Resultados de parámetros de campo para calidad de agua superficial del Grupo I, comparados con el ECA Cat.4 E2 del año 2008.....	52
Tabla 8-2.	Resultados de parámetros de campo para calidad de agua superficial del Grupo II, comparados con el ECA Cat.4 E2 del año 2008.....	57
Tabla 8-3.	Resultados de parámetros de campo para calidad de agua superficial del Grupo III, comparados con el ECA Cat.4 E1 del año 2008.....	62



4.
8
8



Tabla 8-4.	Resultados de parámetros de campo para calidad de agua superficial del Grupo I, comparados con el ECA Cat.4 E2 del año 2017.....	64
Tabla 8-5.	Resumen de análisis de variables extraídos del Análisis de Correspondencia Canónica para el Grupo I durante marzo de 2017.....	78
Tabla 8-6.	Resumen de asociación de especies asociados a metales totales para el Grupo I durante marzo de 2017	79
Tabla 8-7.	Resultados de parámetros de campo para calidad de agua superficial del Grupo II, comparados con el ECA Cat.4 E2 del año 2017.....	80
Tabla 8-8.	Resumen de análisis de variables extraídos del Análisis de Correspondencia Canónica para el Grupo II durante marzo de 2017.....	93
Tabla 8-9.	Resumen de asociación de especies asociados a metales totales para el Grupo II durante marzo de 2017	94
Tabla 8-10.	Resultados de parámetros de campo para calidad de agua superficial del Grupo III, comparados con el ECA Cat.4 E1 del año 2017.....	95
Tabla 8-11.	Resumen de análisis de variables extraídos del Análisis de Correspondencia Canónica para el Grupo II durante marzo de 2017.....	107
Tabla 8-12.	Resumen de asociación de especies asociados a metales totales para el Grupo III durante marzo de 2017	108
Tabla 8-13.	Parámetros meteorológicos de la estación ECA-1	109
Tabla 8-14.	Parámetros meteorológicos de la estación ECA-2	110
Tabla 8-15.	Parámetros meteorológicos de la estación ECA-3	111
Tabla 8-16.	Parámetros meteorológicos de la estación ECA-4	112
Tabla 8-17.	Parámetros meteorológicos de la estación ECA-5	113
Tabla 8-18.	Parámetros meteorológicos de la estación ECA-6	114



INDICE DE FIGURAS

Figura 6-1.	Diagrama de flujo del proceso productivo que se desarrolla en las actividades de explotación y beneficio de minerales auríferos de la UM Retamas	14
Figura 6-2.	Geología regional de la unidad minera Retamas.....	16
Figura 6-3.	Fotografía tomada en el cerro el Gigante donde afloran esquistos del Complejo Marañón en la unidad minera Retamas	19
Figura 6-4.	Fotografía tomada en el cerro el Gigante donde afloran granodioritas en el área de influencia de la unidad minera Retamas	20
Figura 6-5.	Mapa geológico local en el área de influencia de la unidad minera Retamas	22
Figura 6-6.	Fotografía tomada en afloramiento de roca con venillas de cuarzo e incrustaciones de pirita y galena presentes en el cerro El Gigante.	23
Figura 6-7.	Modelo modificado de Yacimientos de oro Orogénico tomado de Goldfarb et al. (2000)	25
Figura 6-8.	Ciclo de un proyecto minero.....	26

4.
2
e
/

Figura 7-1.	Diagrama de flujo de las actividades a realizar como parte del Plan de Evaluación Ambiental en el área de influencia de la unidad minera Retamas	34
Figura 7-2.	Interpretación de pruebas de balance ácido-base por PNN	43
Figura 7-3.	Interpretación de prueba de balance ácido-base a una relación PN:PA	43
Figura 8-1.	Distribución de los grupos de evaluación y componentes evaluados considerados en la evaluación ambiental en el área de influencia de la UM Retamas, durante el año 2017	50
Figura 8-2.	Concentraciones de arsénico total y disuelto del Grupo I, comparadas con el ECA para agua de conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (Cat.4 E2)	53
Figura 8-3.	Concentraciones de plomo total y disuelto del Grupo I, comparadas con el ECA para agua de conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (Cat.4 E2)	54
Figura 8-4.	Concentraciones de zinc total y disuelto del Grupo I, comparadas con el ECA para agua de conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (Cat.4 E2)	55
Figura 8-5.	Concentraciones de nitrógeno amoniacal del Grupo I, comparadas con el ECA para agua de conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (Cat.4 E2)	56
Figura 8-6.	Principales sistemas de conducción de aguas de contacto y no contacto de la quebrada Mush Mush y la laguna Blanca en la UM Retamas.	57
Figura 8-7.	Concentraciones de arsénico total y disuelto del Grupo II, comparadas con el ECA para agua de conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (Cat.4 E2)	58
Figura 8-8.	Concentraciones de plomo total y disuelto del Grupo II, comparadas con el ECA para agua de conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (Cat.4 E2)	59
Figura 8-9.	Concentraciones de zinc total y disuelto del Grupo II, comparadas con el ECA para agua de conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (Cat.4 E2)	60
Figura 8-10.	Concentraciones de nitrógeno amoniacal (N-NH ₃) del Grupo III, comparadas con el ECA para agua de conservación del ambiente acuático de lagunas y lagos (Cat.4 E1)	63
Figura 8-11.	Concentraciones de arsénico total en sedimentos del Grupo I, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISGQ como para PEL	66
Figura 8-12.	Concentraciones de plomo total en sedimentos del Grupo I, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISGQ como para PEL	66
Figura 8-13.	Concentraciones de cadmio total en sedimentos del Grupo I, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), para ISGQ y PEL	67
Figura 8-14.	Concentraciones de zinc total en sedimentos del Grupo I, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISGQ como para PEL	68
Figura 8-15.	Concentraciones de cobre total en sedimentos del Grupo I, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISGQ como para PEL	68



4,
8
@
@
@



Handwritten marks: 'Y.', '8', '@', and a signature.

Figura 8-16. Concentraciones de cromo total en sedimentos del Grupo I, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISGQ como para PEL69

Figura 8-17. Número de especies en la comunidad del perifiton (microalgas) según el phylum, correspondientes al Grupo I durante marzo de 2017.....70

Figura 8-18. Densidad (abundancia) de la comunidad del perifiton (microalgas) según el phylum, correspondientes al Grupo I durante marzo de 201771

Figura 8-19. Diversidad alfa (diversidad verdadera) de la comunidad del perifiton (microalgas), correspondientes al Grupo I durante marzo de 201771

Figura 8-20. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por conglomerados) de la comunidad del perifiton (microalgas) del Grupo I durante marzo de 201773

Figura 8-21. Número de especies de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según el orden, correspondientes al grupo I durante marzo de 201774

Figura 8-22. Densidad (abundancia) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según el orden, correspondientes al grupo I durante marzo de 201775

Figura 8-23. Diversidad alfa (diversidad verdadera) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, correspondientes al grupo I durante marzo de 201775

Figura 8-24. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por conglomerados) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos correspondiente al Grupo I durante marzo de 201776

Figura 8-25. Valores del índice ABI en el grupo I, durante marzo de 201777

Figura 8-26. Análisis de correspondencia canónica de las especies más frecuentes y abundantes (F.R. $\geq 30\%$; A.R. $\geq 3\%$) con las variables ambientales plomo total (mg/Kg), cromo total (mg/Kg), cobre total (mg/Kg), mercurio total (mg/Kg), arsénico total (mg/Kg), cadmio total (mg/Kg) y zinc total (mg/Kg) para el Grupo I durante marzo de 201779

Figura 8-27. Concentraciones de arsénico total en sedimentos del Grupo II, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISGQ como para PEL.....82

Figura 8-28. Concentraciones de zinc total en sedimentos del Grupo II, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISGQ como para PEL.....82

Figura 8-29. Concentraciones de plomo total en sedimentos del Grupo II, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISGQ como para PEL.....83

Figura 8-30. Concentraciones de cobre total en sedimentos del Grupo II, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISGQ como para PEL.....84

Figura 8-31. Concentraciones de cadmio total en sedimentos del Grupo II, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISGQ como para PEL.....84

Figura 8-32. Número de especies en la comunidad del perifiton (microalgas) según el phylum, correspondientes al grupo II durante marzo de 201786



Figura 8-33. Densidad (abundancia) de la comunidad del perifiton (microalgas) según el phylum, correspondientes al grupo II durante marzo de 201786

Figura 8-34. Diversidad alfa (diversidad verdadera) de la comunidad del perifiton (microalgas), correspondientes al grupo II durante marzo de 201787

Figura 8-35. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por conglomerados) de la comunidad del perifiton (microalgas) correspondiente al Grupo II durante marzo de 201788

Figura 8-36. Número de especies de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según el orden en el grupo II durante marzo de 201789

Figura 8-37. Densidad (abundancia) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según el orden, correspondientes al grupo II durante marzo de 201790

Figura 8-38. Diversidad alfa (diversidad verdadera) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, correspondientes al grupo II durante marzo de 201790

Figura 8-39. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por conglomerados) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos correspondiente al Grupo II durante marzo de 2017.92

Figura 8-40. Valores del índice ABI en correspondientes al grupo II durante marzo de 201793

Figura 8-41. Análisis de correspondencia canónica de las especies más frecuentes y abundantes (F.R. $\geq 30\%$; A.R. $\geq 3\%$) con las variables ambientales plomo total (mg/Kg), cromo total (mg/Kg), cobre total (mg/Kg), mercurio total (mg/Kg), arsénico total (mg/Kg), cadmio total (mg/Kg) y zinc total (mg/Kg) para el Grupo II durante marzo de 201794

Figura 8-42. Concentraciones de Cr y Zn total en sedimentos del Grupo III, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), para ISGQ y PEL.....96

Figura 8-43. Concentraciones de Cd y Cu total en sedimentos del Grupo III, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), para ISGQ y PEL.....97

Figura 8-44. Número de especies en la comunidad del perifiton (microalgas) según el phylum, correspondientes al grupo III durante marzo de 2017.....98

Figura 8-45. Densidad (abundancia) de la comunidad del perifiton (microalgas) según el phylum, correspondientes al grupo III durante marzo de 201799

Figura 8-46. Diversidad alfa (diversidad verdadera) de la comunidad del perifiton (microalgas), correspondientes al grupo II durante marzo de 201799

Figura 8-47. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por conglomerados) de la comunidad del perifiton (microalgas) correspondiente al Grupo III durante marzo de 2017100

Figura 8-48. Número de especies de la comunidad del perifiton (microorganismos) según el phylum en el grupo III durante marzo de 2017101

Figura 8-49. Densidad (abundancia) de la comunidad del perifiton (microorganismos) según el phylum, correspondientes al Grupo III durante marzo de 2017101



Handwritten mark

Handwritten mark

Handwritten mark

Handwritten mark

Handwritten mark



Figura 8-50. Diversidad alfa (diversidad verdadera) de la comunidad del perifiton (microorganismos), correspondientes al Grupo III durante marzo de 2017 102

Figura 8-51. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por conglomerados) de la comunidad del perifiton (microorganismos) del Grupo III durante marzo de 2017 103

Figura 8-52. Número de especies de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según el orden en el Grupo III durante marzo de 2017 104

Figura 8-53. Densidad (abundancia) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según el orden, correspondientes al Grupo III durante marzo de 2017 104

Figura 8-54. Diversidad alfa (diversidad verdadera) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, correspondientes al Grupo III durante marzo de 2017 105

Figura 8-55. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por conglomerados) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos correspondiente al Grupo III durante marzo de 2017 106

Figura 8-56. Valores del índice ABI correspondientes al Grupo III durante marzo de 2017 107

Figura 8-57. Análisis de correspondencia canónica de las especies más frecuentes y abundantes (F.R. $\geq 30\%$; A.R. $\geq 1\%$) con las variables ambientales plomo total (mg/Kg), cromo total (mg/Kg), cobre total (mg/Kg), mercurio total (mg/Kg), arsénico total (mg/Kg), cadmio total (mg/Kg) y zinc total (mg/Kg) para el Grupo III durante marzo de 2017 108

Figura 8-58. Ubicación del punto de monitoreo ECA-1 y su respectiva rosa de viento 109

Figura 8-59. Ubicación del punto de monitoreo ECA-2 y su respectiva rosa de viento 110

Figura 8-60. Ubicación del punto de monitoreo ECA-3 y su respectiva rosa de viento 111

Figura 8-61. Ubicación del punto de monitoreo ECA-4 y su respectiva rosa de viento 112

Figura 8-62. Ubicación del punto de monitoreo ECA-5 y su respectiva rosa de viento 113

Figura 8-63. Ubicación del punto de monitoreo ECA-6 y su respectiva rosa de viento 114

Figura 9-1. Quebrada Ventanas, naciente de la margen derecha de la microcuenca del río Llacuabamba, fuera del área de influencia de la UM Retamas. 116

Figura 9-2. Quebrada Ventanas antes de su confluencia con la quebrada Ventanas a). Imagen satelital del tramo (QVen-02 – Qvent-03). 117

Figura 9-3. Tramo del río Llacuabamba. 118

Figura 9-4. Representación gráfica de las concentraciones de arsénico (As) total en agua superficial y sedimento de los puntos de monitoreo de la presente evaluación ambiental, considerando la ubicación de los vertimientos industriales tratados autorizados por la ANA ... 119

Figura 9-5. Representación gráfica de las concentraciones de plomo (Pb) total en agua superficial y sedimento de los puntos de monitoreo de la presente evaluación ambiental, considerando la ubicación de los vertimientos industriales tratados autorizados por la ANA ... 120



4.

7

8

9

10



Figura 9-6. Representación gráfica de las concentraciones de zinc (Zn) total en agua superficial y sedimento de los puntos de monitoreo de la presente evaluación ambiental, considerando la ubicación de los vertimientos industriales tratados autorizados por la ANA 121

Figura 9-7. Registro fotográfico de las condiciones que se presentaron durante el monitoreo del mes de marzo para el día 14 del mismo mes..... 122

Figura 9-8. Imagen satelital del tramo (QMush-01 – QMush-03) de la quebrada Mush Mush, ubicada dentro del área de influencia de la UM Retamas. 123

Figura 9-9. Quebrada Shucaque.. 126

Figura 9-10. Vista panorámica de borde inundado de la laguna Blanca, ubicado en la naciente de la quebrada Mush Mush dentro del área de influencia de la UM Retamas..... 128

Figura 9-11. Variación de las precipitaciones totales del mes de marzo durante el periodo 2000 – 2015 para las estaciones San Andrés y Chilcas de la UM Retamas 129



Handwritten signature in blue ink

1. INTRODUCCIÓN

1. El presente informe corresponde a la evaluación ambiental realizada en el mes de marzo de 2017, en el ámbito de influencia de la unidad minera Retamas, contiene los resultados, análisis y conclusiones de los estudios realizados por la Dirección de Evaluación del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, como parte del Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental 2017.
2. La unidad minera Retamas a cargo de la Minera Aurífera Retamas S.A (MARSA) se dedica a la explotación del yacimiento conocido como "Cerro El Gigante" constituido por minerales mena de pirita aurífera emplazada en rocas intrusivas del Batolito de Pataz. Sus operaciones son bajo el sistema de mina subterránea y cuenta con un total de 21 concesiones mineras de extensión aproximada de 6 713 ha, así como la concesión de beneficio San Andrés. Actualmente, cuenta con una unidad económica administrativa U.E.A. Retamas ubicada en el anexo Llacuabamba del distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de La Libertad.
3. Hidrográficamente, la unidad minera Retamas se ubica entre las microcuencas Mush Mush y Llacuabamba, esta última confluye sus aguas con las del río Huinchus formando así el río Parcoy. Geográficamente, se ubica en la cordillera oriental de los andes del norte del Perú, dentro de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Río Abiseo (PNRA)¹.
4. Actividades mineras como la que desarrolla MARSA, cumplen un rol fundamental debido a que constituyen parte del desarrollo económico del país. Pese a ello en los últimos años se ha observado un incremento de conflictos socioambientales con rechazo de la población hacia dicha actividad a nivel nacional. Una de las posibles causas podría ser el mal manejo de los residuos mineros y los impactos que esto genera, tomando como referencia la existencia de pasivos ambientales mineros² y su posible afectación, resultado de actividades extractivas pasadas.
5. Es así que, una de las principales problemáticas que existe en el ámbito de la UM Retamas administrada por la Minera Aurífera Retamas S.A., es la conflictividad socio ambiental que se presenta entre la sociedad civil y la empresa minera. Durante los últimos años, las autoridades locales sostienen que tanto los ríos Llacuabamba y Parcoy, así como la laguna Pías están siendo contaminados. Dando a conocer que son las mineras Minera Aurífera Retamas S.A., Consorcio Minero Horizonte S.A. y Compañía Minera Poderosa S.A., las responsables de esta afectación al ambiente y la salud de la población.³

¹ El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas – SERNANP, mediante Decreto Supremo N° 064-83-AG, aprueba la denominación de Área Natural Protegida al Parque Nacional Río Abiseo (PNRA).

² Según Resolución Ministerial N° 535-2016-MEM/DM, desde el año 2006 hasta el 20 de diciembre de 2016, se han identificado 8854 pasivos mineros en todo el ámbito nacional.

³ Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero, aprobado mediante Decreto Supremo N° 040-2014-EM, publicado el 12 de noviembre de 2014.

Artículo 16°.- De la responsabilidad ambiental. (...) El titular de la actividad minera es responsable por las emisiones, efluentes, vertimientos, residuos sólidos, ruido, vibración y cualquier otro aspecto de sus operaciones, así como los impactos ambientales que pudieran generarse durante todas las etapas de desarrollo del proyecto, en particular de aquellos impactos y riesgos que excedan los Límites Máximo Permisibles y afecten los Estándares de Calidad Ambiental, que les sean aplicables o afecten al ambiente y la salud de las personas. (...).

6. Para abordar esta problemática ambiental, la Dirección de Evaluación del OEFA, desarrolló estudios; tales como, caracterización de aguas superficiales, sedimento e hidrobiología, complementados con parámetros meteorológicos entre otros. De igual manera se analizó la data histórica de los diferentes componentes ambientales monitoreados periódicamente por la empresa minera e información consignada en sus instrumentos de gestión ambiental de manera tal que se pueda identificar las posibles fuentes de alteración en base a la problemática identificada.
7. La información contenida en este informe, constituirá como soporte técnico para el inicio de las acciones de fiscalización y supervisión ambiental, de acuerdo con las funciones del OEFA.



2. ANTECEDENTES

8. Mediante la Resolución de Consejo Directivo N° 004-2017-OEFA/CD, publicado el 01 de febrero de 2017 en el diario oficial El Peruano, se aprobó el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental correspondiente al año 2017 (en adelante, Planefa 2017) del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, OEFA), el que comprende el Plan Anual de Evaluación Ambiental, que está orientado a ejecutar acciones de evaluación ambiental en las áreas de influencia de las actividades fiscalizables de competencia del OEFA, en aras de otorgar un soporte efectivo a la función supervisora. Asimismo, se ha previsto la realización de evaluaciones ambientales que permitan determinar los factores externos que podrían estar influenciando en los diferentes componentes ambientales, realizando un análisis que permita determinar si existe relación de causalidad entre el estado de los componentes ambientales y los impactos que puedan generar las actividades de los sectores fiscalizados.
9. En ese sentido, entre los criterios considerados por OEFA para priorizar la ejecución de las evaluaciones ambientales son: la conflictividad socioambiental, afectación a la calidad de los componentes ambientales, presencia de cuerpos de agua, bofedales, áreas naturales protegidas, número de vertimientos autorizados por la Autoridad Nacional del Agua y compromisos asumidos pendientes por el OEFA. Teniendo en consideración esos criterios, el OEFA consideró de prioridad efectuar una evaluación ambiental en el área de influencia de la unidad minera Retamas (en adelante, UM Retamas), a cargo de Minera Aurífera Retamas S.A (en adelante, MARSА), ubicada en el departamento de La Libertad, dado que en ella se desarrollan importantes actividades económicas productivas que podrían estar generando algún impacto en perjuicio de la calidad de las aguas de los principales cuerpos hídricos de la zona.
10. Como parte de las actividades previas a la elaboración del Plan de Evaluación Ambiental en el área de influencia de la UM Retamas, se tomó como referencia la visita de reconocimiento realizada por los especialistas de la Dirección de Evaluación del OEFA a dicha unidad minera en el mes de diciembre de 2015. Esta visita de reconocimiento se realizó a 15 unidades fiscalizables por el OEFA en el marco de la Intercuenca Alto Marañón V, entre ellas la UM Retamas según se detalla en el Informe N° 047-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI.
11. En efecto, el 23 de febrero de 2017, se aprobó el Plan de Evaluación Ambiental en el área de influencia de la UM Retamas, mediante Informe N° 014-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAME, el mismo que detalla las actividades a desarrollar para la evaluación ambiental y el cronograma de ejecución.



4.
8
@
@
@

12. La salida de campo fue realizada por los especialistas de la Dirección de Evaluación del OEFA, durante los días del 08 al 14 de marzo de 2017. Se evaluó la calidad ambiental del agua de superficial (20 puntos), sedimento (20 puntos), comunidades hidrobiológicas de perifiton y macroinvertebrados bentónicos (20 puntos), niveles piezométricos de agua subterránea (11 puntos) y parámetros meteorológicos (6 puntos).
13. Sobre la base de lo expuesto, se elaboró el presente informe de evaluación ambiental en el área de influencia de la unidad minera Retamas por parte de la Dirección de Evaluación para el presente año 2017.

2.1. Información documental de carácter ambiental en relación a la actividad que desarrolla la unidad minera Retamas

14. Como parte de los antecedentes para la ejecución de la presente evaluación ambiental en el área de influencia de la unidad minera Retamas, fue necesaria la revisión de información documental de carácter ambiental relacionada con la actividad en desarrollo, los que se mencionan a continuación:

- Instrumentos de gestión ambiental (IGA) otorgados para la unidad minera Retamas de responsabilidad de la Minera Aurífera Retamas S.A.
- Reportes de monitoreo ambiental de la unidad minera Retamas, en el marco de sus compromisos ambientales asumidos de los IGA otorgados.
- Reportes públicos de la Dirección de Supervisión del OEFA.
- Acciones de la Dirección de Evaluación.
- Informes técnicos y autorización de vertimiento emitidos por la Autoridad Nacional del Agua – ANA.
- Espacios de diálogo y desarrollo.
- Denuncias ambientales registradas por el Sinada.

15. En tal sentido, a continuación, se presenta un resumen de la información documental de carácter ambiental revisada como parte del presente informe de evaluación.

2.1.1. Instrumentos de gestión ambiental otorgados para la unidad minera Retamas de responsabilidad de la Minera Aurífera Retamas S.A.

16. A la fecha, MARSA cuenta con una serie de instrumentos de gestión ambiental (IGA) otorgados para la etapa de explotación y/o beneficio (ver Tabla 2-1). Entre estos tenemos el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), Estudios de Impacto Ambiental (EIA), Planes de Remediación Ambiental (PRA) e Informes Técnicos Sustentatorios (ITS)⁴, los cuales se encuentran en el portal institucional del Ministerio de Energía y Minas (en adelante, MINEM). Siendo el último IGA (ITS) aprobado en el año 2016, para el Proyecto de Ampliación de la Planta de Beneficio San Andrés Ampliado y Cambio de Ruta de Transporte de Relaves de

⁴ Los Informes Técnicos Sustentatorios, se encuentran de acuerdo a lo establecido en la Resolución Ministerial N° 120-2014-MEM/DM y en el marco del artículo 4° del Decreto Supremo N° 054-2013-PCM, el cual dispone "En los casos en que sea necesario modificar componentes auxiliares hacer ampliaciones en proyectos de inversión con certificación ambiental aprobada que tienen impacto ambiental no significativo o se pretendan hacer mejoras tecnológicas en las operaciones, no se requerirá un procedimiento de modificación del instrumento de gestión ambiental (...).

la U.E.A. Retamas. No obstante, cabe resaltar que la empresa minera cuenta con un IGA⁵ que actualmente se encuentra en evaluación.

Tabla 2-1. Instrumentos de gestión ambiental otorgados para la etapa de explotación y/o beneficio de la UM Retamas de responsabilidad de la Minera Aurífera Retamas S.A.

N°	Título del IGA	Número de resolución aprobada por el MINEM	Fecha de aprobación
01	Estudio de Impacto Ambiental de la Ampliación de la Planta Concentradora "San Andrés" de Minera Aurífera Retamas S.A"	R.D. N° N° 124-95-EM/DGM	19 de abril de 1995
02	Programa de Adecuación y Manejo Ambiental PAMA de Unidad Minera Retamas"	R.D. N° 189-97 EM/DGM	14 de mayo de 1997
03	Aprobación de la ejecución de su PAMA de Unidad Minera Retamas	R.D. N° 300-2002-EM/DGM	08 de diciembre de 2002
04	Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Depósito de Desmonte "Alaska"	R.D N° 368-2006-MEM/AAM	01 de setiembre de 2006
05	Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de la U.E.A. Retamas, respecto a la reubicación de la Estación de Monitoreo de Calidad de Aire ECA-4.	R.D. N° 257-2008-MEM/AAM	21 de octubre de 2008
06	Modificación del Programa de Monitoreo de Puntos E-11 y E-20	R.D. N° 165-2010-MEM-AAM	13 de mayo de 2010
07	Plan de Remediación Ambiental del Depósito de Desmontes "Los Cuyes".	R.D. N° 424-2010-MEM/AAM	21 de diciembre de 2010
08	Aprobación de la Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de la U.E.A. Retamas, respecto del Programa de Monitoreo de Calidad de Agua, el mismo que se encuentra conformado por 10 puntos oficiales.	R.D. N° 214-2011-MEM/AAM	12 de julio de 2011
09	Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Excepcional de la "Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Mina FAR WEST" de la UEA Retamas.	R.D. N° 330-2014-MEM/DGAAM	03 de julio de 2014
10	Modificación del Plan de Remediación Ambiental del Depósito de Desmontes "Los Cuyes".	R.D. N° 349-2014-MEM/DGAAM	08 de julio de 2014
11	Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de la U.E.A. Retamas – Plan Integral para la Implementación de LMP de descarga de efluentes minero – Metalúrgicos y adecuación a los ECA para agua.	R.D. N° 397-2014-MEM/DGAAM	06 de agosto de 2014
12	Estudio de Impacto Ambiental Excepcional del Proyecto Campamentos e Infraestructura de la U.E.A. Retamas.	R.D. 192-2016-MEM/DGAAM	15 de junio de 2016
13	Primer Informe Técnico Sustentatorio Proyecto de Ampliación de la Planta de Beneficio San Andrés Ampliado y Cambio de Ruta de Transporte de Relaves de la U.E.A. Retamas	R.D. 124-2016-SENACE/DCA	07 de diciembre de 2016

Fuente: Portal institucional del Ministerio de Energía (MINEM) y Minas y el Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE)

5

Actualmente, MARSa cuenta con una "Modificatoria del EIA U.E.A. Retamas para el proyecto Depósito de desmontes Molinetes". El mismo que fue ingresado el 24 de setiembre de 2015, mediante escrito 2537906 y que se según el portal de la institución competente en su momento (MINEM), este se encuentra en proceso de evaluación.

17. De igual manera, MARSА cuenta con cuatro IGA otorgados entre actualizaciones y modificaciones que corresponden a su Plan de Cierre para la UM Retamas (ver Tabla 2-2). Siendo el último IGA aprobado en el año 2014, denominado "Actualización del Plan de Cierre de Minas de la U.E.A Retamas".

Tabla 2-2. Instrumentos de gestión ambiental otorgados en referencia al Plan de Cierre de la UM Retamas de responsabilidad de la Minera Aurífera Retamas S.A.

N°	Título del IGA	Número de resolución aprobada por el MINEM	Fecha de aprobación
01	Aprobación del Plan de Cierre de Minas de la U.E.A. Retamas	R.D. N° 017-2009-MEM/AAM	29 de enero de 2009
02	Modificación del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Retamas	R.D. N° 009-2010-MEM/AAM	08 de enero de 2010
03	Aprobación de la Modificación del Cronograma de Cierre Final a Progresivo del Plan de Cierre de la U.E.A. Retamas	R.D. N° 394-2010-MEM/AAM	26 de noviembre de 2010
04	Actualización del Plan de Cierre de Minas de la U.E.A Retamas	R.D. N° 636-2014-MEMDGAAM	31 de diciembre de 2014

Fuente: Portal del Ministerio de Energía y Minas

2.1.2. Reportes de monitoreo ambiental de la unidad minera Retamas, en el marco de sus compromisos ambientales asumidos de los IGA otorgados

18. Para efectos de conocer el comportamiento y la dinámica de los elementos presentes en los diferentes componentes ambientales asociados a las actividades de explotación y beneficio por parte de la UM Retamas, se analizó la información consignada en los reportes de monitoreo de los últimos seis años (2012-2017) presentada por Minera Aurífera Retamas S.A. a la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros (en adelante, DGAAM) del Ministerio de Energía y Minas, en cumplimiento a los compromisos asumidos en sus IGA otorgados.

19. Los componentes ambientales de los cuales se pudo recopilar información de los reportes de monitoreo antes mencionados, fueron agua superficial y aire. Tales resultados se presentan a detalle en el Anexo 1.

Informe de Identificación de Sitios Contaminados de la U.E.A. Retamas

20. Por otro lado, también se analizó los resultados consignados en el Informe de Identificación de Sitios Contaminados de la U.E.A. Retamas presentado el 10 de abril de 2015 por el titular minero a la DGAAM del MINEM, en conformidad a lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 002-2014-MINAM⁶. Con respecto al mencionado informe, éste se trabajó en base a los resultados de 47 muestras (39 de identificación y 8 de nivel de fondo) distribuidos en ocho zonas.
21. De los resultados se observó problemas con los niveles de concentraciones para arsénico (As) total en 17 muestras de identificación distribuidos en cinco zonas

⁶ Aprueban disposiciones complementarias para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, aprobado mediante Decreto Supremo N° 002-2014-MINAM, publicado el 24 de marzo de 2014.

Artículo 5°. - Fases que deben desarrollar los titulares de actividades en curso (...) Cuando se trate de actividades en curso, el titular deberá desarrollar la fase de identificación en el emplazamiento y áreas de influencia de sus actividades extractivas, productivas o de servicios. Los resultados de la fase de identificación serán sistematizados y estructurados, en el Informe de Identificación de Sitios Contaminados (...)

(principalmente en la zona de San Andrés, bocaminas y Far West (R-2) y en menos proporción en las zonas de Chilcas y Depósito Integrado de Relaves) de las ocho evaluadas, así como en el 50% de muestras de nivel de fondo según el mencionado informe presentado por MARSAs.

2.1.3. Reportes públicos de la Dirección de Supervisión del OEFA

22. La Dirección de Supervisión (DS), es el órgano de línea del OEFA que se encarga de conducir, coordinar y ejecutar acciones de seguimiento y verificación del desempeño ambiental y cumplimiento de las obligaciones ambientales fiscalizables de los administrados de competencia del OEFA. Bajo este contexto, se tiene que la DS ha realizado acciones de supervisión en el ámbito del área de influencia de la UM Retamas evidenciados en los siguientes reportes:



Reporte público del informe N°353-2014-OEFA/DS-MIN

23. La información que proporciona el reporte corresponde a la supervisión regular realizada del 07 al 09 de mayo de 2014. De lo suscrito en el documento, se resalta la presencia de sedimentos en el canal de derivación de las aguas de escorrentías de la planta de tratamiento de residuos sólidos domésticos del relleno sanitario. De la medición de parámetros de campo tanto para efluentes como cuerpos receptores, todos se encontraron dentro de los LMP y ECA respectivamente.



Reporte Público de Acciones de Supervisión Directa C.U.C. 0018-3-2016-15

24. La supervisión se realizó en el mes de marzo de 2016, para verificar las acciones de preparación y respuesta adoptadas por el titular ante posibles precipitaciones inusuales como consecuencia del fenómeno "El Niño". Durante la supervisión, se verificó las instalaciones y/o componentes principales de operación como sus sistemas de tratamiento (PTARD y PTARM Las Chilcas y PTARM Far West R-2) y Depósito Integrado de Relaves (DIR), entre otros como bocaminas y canales de coronación ubicados en la UM Retamas. Para efectos de la elaboración del reporte en mención, no se formularon hallazgos identificados en campo.

4.

f

e

f

2.1.4. Acciones de la Dirección de Evaluación


25. El OEFA en el ejercicio de su función evaluadora y en facultad de sus competencias en el ámbito de UM Retamas, a la fecha ha realizado un monitoreo de la calidad ambiental durante el año 2016 en respuesta a una denuncia de presunta afectación ambiental del agua y sedimento del río Parcoy y afluentes ocasionada por actividades mineras cercanas tal cual se menciona a continuación.

Informe N° 254-2016-OEFA/DE-SDCA


26. El informe correspondiente a la evaluación ambiental realizada del 04 al de 10 de junio de 2016, y abarcó los principales cuerpos de agua ubicados en el área de influencia de las unidades fiscalizables por el OEFA, que operan en los distritos de Parcoy y Pías. Entre estos cuerpos de agua se destaca a la laguna Blanca, río Llacuabamba, y las quebradas Ventanas, Castilla y Huinchus ubicados en el área de influencia de la UM Retamas. Con respecto a los resultados de laboratorio, se tiene que las concentraciones de elementos metálicos en aguas superficiales tales como arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn), se encontraron por encima del ECA para agua categoría 4 principalmente en el río Llacuabamba y quebrada Huinchus; mientras que en muestras de sedimento, las

concentraciones de los 7 metales que regula la norma canadiense superaron sus estándares de comparación referencial⁷.


2.1.5. Informes técnicos, autorizaciones de vertimiento y derechos de uso de agua emitidos por la Autoridad Nacional del Agua – ANA

- 
27. En el marco de sus acciones de vigilancia de los recursos hídricos superficiales, la Autoridad Nacional del Agua (en adelante, ANA), mediante la Subdirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos de la Autoridad Administrativa del Agua VI Marañón, ha realizado a la fecha dos monitoreos participativos de calidad de agua superficial en el área de influencia de la UM Retamas (ámbito de la Administración Local de Agua Huamachuco, en adelante ALA Huamachuco) en el marco de la Intercuenca Alto Marañón V.

Informe N° 004-2015-ANA-AAA VI M/JAMV – Primer monitoreo participativo de la calidad de agua superficial de la Intercuenca Alto Marañón V

- 
28. La primera evaluación de la calidad de agua para el ámbito de la ALA Huamachuco se realizó del 31 de julio al 10 de agosto de 2014, y abarcó los principales cuerpos de agua ubicados en la microcuenca del río Parcoy, tal cual suscribe el informe en mención. Entre estos cuerpos de agua se destaca al río Llacuabamba y las quebradas Mush Mush y Ventanas, ubicados en el área de influencia de la UM Retamas. Con respecto a los resultados de laboratorio, el presente informe reporto concentraciones de arsénico (As) por encima del ECA para agua en comparación a su categoría 3, en la quebrada Mush Mush y río Llacuabamba⁸.

Informe N° 002-2016-ANA-AAA VI M-SDGCRH/JAMV – Segundo monitoreo participativo de la calidad de agua superficial de la Intercuenca Alto Marañón V – Ámbito de la Administración Local de Agua Huamachuco

- 
29. La segunda evaluación de la calidad de agua para el ámbito de la ALA Huamachuco se realizó del 31 de agosto al 09 de setiembre de 2015, y abarcó los mismos cuerpos de agua evaluados en el primer monitoreo participativo descrito en el párrafo precedente. Con respecto a los resultados de laboratorio, este informe no reporto concentraciones de metales por encima del ECA para categoría 3 usado de comparación en el presente informe⁹. Asimismo, en el marco de sus funciones en materia de protección y recuperación de la calidad de los recursos hídricos, la ANA a través de la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos (DGCRH), ha otorgado a favor de MARSА, la autorización del vertimiento de aguas residuales industriales y domésticas tratadas provenientes de sus operaciones en la UM Retamas tal como se detalla en la Tabla 2-3.

⁷ Los Estándares de la Guía de Calidad Ambiental de Canadá – CEQG (*Canadian Environmental Quality Guidelines – Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life – Fresh water*), establece valores de comparación para siete metales como son el arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc.

⁸ Cabe precisar que según la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, que aprueba la clasificación de los cuerpos de aguas continentales y marino costeros, los cuerpos de agua ubicados en el área de influencia de la UM Retamas están considerados como categoría 4: Conservación del ambiente acuático. En tal sentido, al realizar un nuevo análisis comparativo con el ECA Cat.4, se observó que los elementos metálicos como arsénico (As), cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn) estarían superando el estándar de comparación Cat.4 E2.

⁹ De acuerdo a lo establecido en la nota de pie precedente, al realizar un nuevo análisis comparativo con el ECA Cat.4, se observó en este segundo monitoreo concentraciones de arsénico (As), mercurio (Hg) y zinc (Zn) que estarían superando el estándar de comparación para la subcategoría Cat.4 E2.

Tabla 2-3. Autorizaciones otorgadas por la ANA, para el vertimiento de aguas residuales industriales y domésticas tratadas provenientes de las operaciones en la UM Retamas

Puntos de vertimiento autorizados		Coordenadas UTM DATUM WGS84		Dispositivo Legal vigente otorgado por la ANA
CÓD.	Descripción del vertimiento	Este (m)	Norte (m)	
P-3 ⁽¹⁾	Vertimiento de la planta de relaves	9 108 648	233 631	R.D. N° 0055-2015-ANA-DGCRH
P-7 ⁽¹⁾	Vertimiento del sistema de tratamiento las Chilcas	9 110 569	230 572	
P-10 ⁽¹⁾	Vertimiento del sistema de tratamiento Far West R-2	9 111 530	227 857	
ED-1	Aguas residuales domésticas tratadas provenientes del campamento de obreros y empleados de la zona Chilcas oeste y la población Chilcas 3220	9 110 599	230 366	R.D. N° 0183-2016-ANA-DGCRH

⁽¹⁾ Los vertimientos autorizados por la ANA con códigos P-3, P-7 y P-10, también se encuentran codificados como E-2F, E-11 y E-20 respectivamente, tomando como referencia los IGA de MARSA.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua – ANA



30. Por otro lado, la ANA también ha otorgado a MARSA las licencias de uso de agua con fines mineros¹⁰ provenientes de las principales fuentes naturales agua de su área de influencia, tal como se detalla en la Tabla 2-4.

Tabla 2-4. Licencias de uso agua con fines mineros otorgadas por la ANA, para las operaciones de la UM Retamas.

N°	Licencia de uso de agua con fines mineros	Resolución de otorgamiento de uso	Fecha de aprobación
01	Otorgar Licencia de Uso de Agua Superficial con fines Mineros de la bocamina La Española	R.D. N° 318-2013-ANA-AAA.M	31 de mayo de 2013
02	Otorgamiento de Licencia de uso de agua con fines mineros proveniente de la quebrada Paccha, a favor de la Minera Aurífera Retamas por un caudal de hasta 4,75 l/s.	R.D. N° 030-2013-ANA-AAA.M	21 de enero de 2013
03	Modificar el Artículo Primero de la R.A. N° 410-2010-ANA-ALA Huamachuco a un nuevo volumen de hasta 93 607 m ³ , de la fuente de agua de la quebrada Molinetes.	R.A. N° 0206-2011-ANA-AAA VI MARAÑÓN	19 de setiembre de 2011
04	Modificar el Artículo Primero de la R.A. N° 0412-2010-ANA-ALA Huamachuco a un nuevo volumen de hasta 536 113.00 m ³ de la fuente de la quebrada Mush Mush.	R.A. N° 0207-2011-ANA-AAA VI MARAÑÓN	19 de setiembre de 2011
05	Modificar el Artículo primero de la R.A. N° 0411-2010-ANA-ALA Huamachuco a un nuevo volumen anual de hasta 435 481.00 m ³ anuales de la fuente de la Laguna Blanca.	R.A. N° 0208-2011-ANA-AAA VI MARAÑÓN	19 de setiembre de 2011
06	Otorgamiento de Licencia de uso de agua superficial con fines mineros proveniente de la quebrada Pomachay, a favor de la Minera Aurífera Retamas por un caudal de hasta 1,93 l/s.	R.A. N° 0409-2010-ANA-ALA Huamachuco	17 de diciembre de 2010
07	Otorgar Licencia de uso de agua superficial con fines mineros provenientes del Río Mishito a favor de la Minera Aurífera Retamas por un caudal de hasta 0,71 l/s	R.A. N° 0413-2010-ANA-ALA Huamachuco	17 de diciembre de 2010
08	Otorgar Licencia de uso de agua superficial con fines mineros provenientes de la quebrada Potacocha a favor de la Minera Aurífera Retamas por un caudal de hasta 2,17 l/s	R.A. N° 0414-2010-ANA-ALA Huamachuco	17 de diciembre de 2010



Handwritten blue ink marks and signatures on the left side of the page.

¹⁰ Según lo establece el Decreto Supremo N° 012-2016-MINAGRI, que modifica el Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua – ANA, en concordancia al Artículo 15° de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.

N°	Licencia de uso de agua con fines mineros	Resolución de otorgamiento de uso	Fecha de aprobación
09	Otorgar Licencia de uso de agua superficial con fines mineros provenientes de la quebrada Potrero a favor de la Minera Aurífera Retamas por un caudal de hasta 0,42 l/s	R.A. N° 0415-2010-ANA-ALA Huamachuco	17 de diciembre de 2010

Fuente: Autoridad Nacional del Agua - ANA

2.1.6. Espacios de diálogo y desarrollo

31. En el ámbito de la UM Retamas, la Coordinación de Gestión de Conflictos y de Cumplimiento de Compromisos Socioambientales (es decir, CGCCCS) del OEFA, ha reportado en su mapa de conflictos socio ambientales al espacio de diálogo denominado "Grupo Técnico de Gestión Ambiental cuenca del río Parcoy - Laguna de Pías", como espacio territorial priorizado en el marco del PLANEFA 2017, cuya sensibilidad es de nivel alta.

2.1.7. Denuncias ambientales registradas por el Sinada.

32. De igual manera, el Sistema Nacional de Denuncias Ambientales (en adelante, Sinada) del OEFA, en los últimos años ha reportado denuncias relacionadas a una posible afectación de la calidad ambiental de los principales recursos hídricos ubicados en el ámbito del área de influencia de la UM Retamas y demás empresas del mismo rubro emplazadas en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz

3. JUSTIFICACIÓN

33. Actualmente, la principal problemática que existe en el ámbito de la UM Retamas administrada por la Minera Aurífera Retamas S.A., es la alta conflictividad socioambiental entre la sociedad civil y la empresa minera. El motivo principal por el cual la población presenta este malestar hacia la minera, está asociada a una presunta contaminación de los ríos Llacuabamba, Parcoy y la laguna Pías por parte de la actividad extractiva de la empresa y que data de los años 90s.
34. Como antes se había mencionado, esta empresa minera con más de 30 años en operación, fue protagonista de una de las mayores fallas en presas de relaves a nivel nacional¹¹, la cual evoca al año 1993 y que tuvo como consecuencia el fallecimiento de 6 pobladores de la comunidad campesina de Llacuabamba y la contaminación de hectáreas de tierras ubicadas en la quebrada Mush Mush y aguas del río Llacuabamba y laguna Pías producto de este desborde.
35. Es así que, este caso fue emblemático tanto en términos legales como ambientales, debido a que el Abog. Carlos Chirinos, por entonces miembro de la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), obtuvo la información oficial sobre las relaveras colapsadas después de interponerle un proceso de *Habeas Data*¹² en el Poder Judicial al Ministerio de Energía y Minas (MEM en ese entonces) en enero de 1994 y que ganó en junio de 1996. Ordenando al Ministerio demandado proporcione la información solicitada por la entidad accionante¹³.

¹¹ Información obtenida de <http://www.wise-uranium.org/mdaf.html>. Revisado en junio de 2017.

¹² Francisco J. Eguiguren P. Habeas Data y su desarrollo en el Perú; p. 307. Disponible en <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechopucp/article/viewFile/6134/6155>. Revisado en junio de 2017

¹³ Información que en su momento fue publicada en el diario oficial El Peruano, «Jurisprudencia»; con fecha miércoles 4 de setiembre de 1996; p. 2297.

36. Sin resultados legales conocidos posterior al suceso, la Comunidad Campesina de Llacuabamba presentó al Congreso de la República una denuncia por contaminación ambiental al en abril de 2004. Y no fue hasta enero del 2006 que el MEM sancionó a MARSÁ con 10 UIT (Unidades Impositivas Tributarias)¹⁴ en base a un "examen especial" realizada por la empresa fiscalizadora AUDITEC S.A.C., caso por el cual el titular minero apeló en primera instancia¹⁵. De igual manera, para el año 2007 el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin), asumió la función de fiscalización ambiental en minería elevando la multa a 50 UIT en marzo de 2008¹⁶, volviendo a apelar el titular minero.
37. Parte de los motivos por el cual, el Gobierno Regional de La Libertad a través de la Gerencia Regional del Ambiente (GRAM-LL) conforma el Grupo Técnico de Gestión Ambiental Cuenca del río Parcoy - Laguna de Pías (en adelante GTGALP), mediante Decreto Regional N° 02-2006-PGR/RLL. El mismo Gobierno Regional de La Libertad reinstaló el GTGALP para el año 2015, convocando a las instituciones involucradas en la implementación del "Plan de Mitigación y Mejoramiento de la Calidad del Agua de la Cuenca del Río Parcoy y Laguna Pías".
38. Por otro lado, a nivel legislativo la Congresista Rosa María Bartra Barriga ingresa el 12 de diciembre de 2016 el Proyecto de Ley 758/2016-CR "Ley que declara de necesidad pública y de preferente interés nacional la recuperación, conservación, protección y promoción de la laguna de Pías, ubicada en el distrito de Pías, provincia de Patate, departamento de La Libertad" (en adelante, PL 758/2016-CR)¹⁷ para ser materia de dictamen por la Comisión de Pueblos Andinos Amazónicos y Afroperuanos, Ambiente y Ecología en el periodo anual de sesiones 2016-2017 (periodo parlamentario 2016-2021).
39. Es así que, luego de un proceso de opiniones favorables por los diferentes sectores¹⁸ y predictamen, el 18 de abril de 2017 la comisión de Pueblos Andinos Amazónicos y Afroperuanos, Ambiente y Ecología mediante dictamen recomienda la aprobación del PL 758/2016-CR con el siguiente texto sustitutorio: "Ley que declara interés nacional la recuperación, conservación, protección y promoción de la laguna de Pías de La Libertad".
40. Finalmente, de acuerdo con la problemática antes planteada se diseña la evaluación ambiental en el área de influencia de la unidad minera Retamas, con la finalidad de identificar las fuentes contaminantes, que estarían asociadas a la actividad minera por parte de Minera Aurífera Retamas S.A.



4
8
@
/

¹⁴ Aprobado mediante Resolución Directoral N° 011-2006-MEM/DGM, de fecha 11 de enero de 2006.

¹⁵ Declarándose la nulidad de la citada Resolución Directoral dispuesta mediante Resolución N° 438-2007-OS/CD del Consejo Directivo de Osinergmin, con fecha 26 de julio de 2007.

¹⁶ Aprobado mediante Resolución de Gerencia Regional del Osinergmin N° 629-2008-1-OS/CD, publicado el 17 de mayo de 2017 en el diario oficial El Peruano.

¹⁷ Cabe precisar que entre los antecedentes legislativos del Proyecto de Ley se menciona que, (...) en la legislatura 2011-2016, se presentaron proyectos de ley afines, con el mismo propósito, pero con distinta fórmula legal. Así tenemos, los Proyectos de Ley 4036/2014-GR y el 4128/2014-GR, presentados por el Gobierno Regional de La Libertad y el proyecto de Ley 5200/2015-GL, presentado por la Municipalidad Distrital de Pías (...).

¹⁸ Los diferentes sectores involucrados los cuales brindaron su opinión al Proyecto de Ley 758/2016-CR fueron:

- Ministerio de Agricultura y Riego,
- Ministerio del Ambiente,
- Ministerio de Cultura,
- Autoridad Nacional del Agua,
- Gobierno Regional La Libertad y
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

41. Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia de la unidad minera Retamas.

4.2. Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico de la calidad ambiental del agua superficial y sedimento del río Llacuabamba, laguna Blanca y sus principales tributarios.
- Determinar la composición, riqueza, abundancia y diversidad de las comunidades hidrobiológica del perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces, en el río Llacuabamba, laguna Blanca y sus principales tributarios.
- Medir las variables meteorológicas en el área de influencia de la unidad minera Retamas.



5. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

42. La UM Retamas se ubicada en el anexo Llacuabamba del distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de La Libertad, a una altitud aproximada de entre los 3 800 y 4 200 m s.n.m. Geográficamente se encuentra en la cordillera oriental de los andes del norte del Perú, en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Río Abiseo (PNRA)¹⁹.

43. Cabe resaltar que las áreas efectivas de las operaciones superficiales de la UM Retamas se encuentran emplazadas principalmente a lo largo de la microcuenca del río Llacuabamba (ver Figura 5-1), principal tributario del río Parcoy, el cual desemboca sus aguas en la laguna Pías. Entre sus principales tributarios ubicados al margen de la actividad minera, se encuentran las quebradas Mush Mush y Molinetes los cuales conforman el río Porvenir (también denominado como quebrada Shucaque)²⁰. También se encuentran las quebradas San Vicente, Pomachay y Balcones (estos dos últimos, tributarios del río Huinchus).



Handwritten signatures and initials in blue ink.

¹⁹ El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas – SERNANP, mediante Decreto Supremo N° 064-83-AG, aprueba la denominación de Área Natural Protegida al Parque Nacional Río Abiseo (PNRA), ubicada entre los departamentos de San Martín y La Libertad.

²⁰ Primer Informe Técnico Sustentatorio Proyecto de Ampliación de la Planta de Beneficio San Andrés Ampliado y Cambio de Ruta de Transporte de Relaves de la U.E.A. Retamas, aprobado mediante Resolución Directoral N° 124-2016-SENACE/DCA, el 07 de diciembre de 2016.

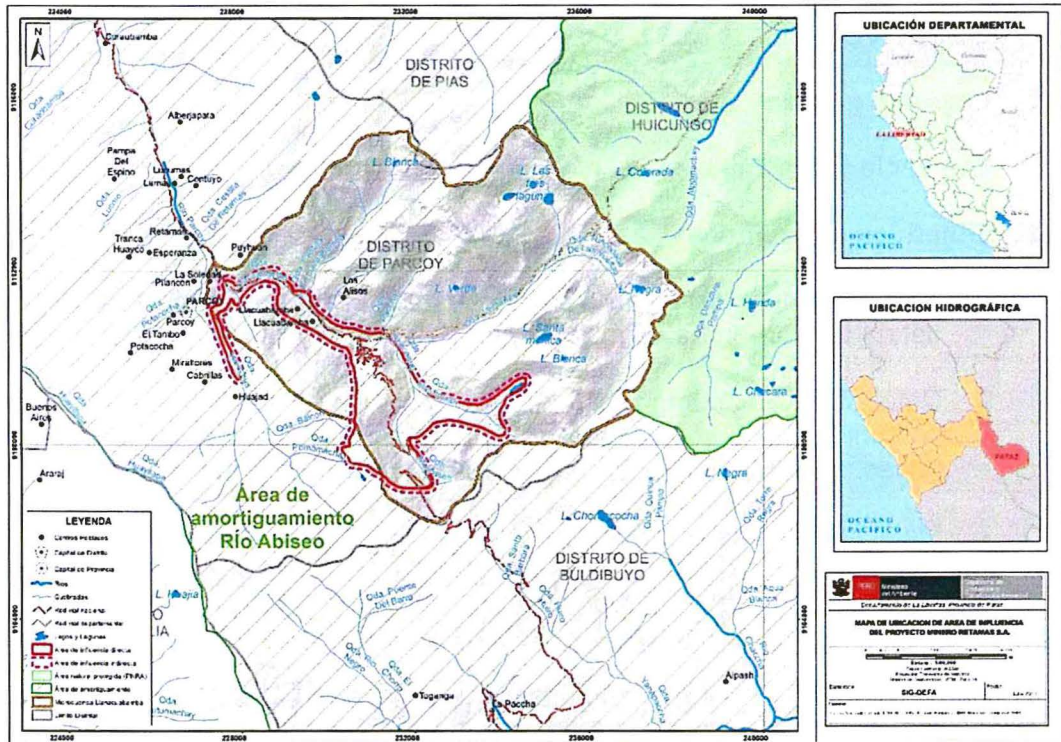


Figura 5-1. Áreas efectivas de las operaciones superficiales de la UM Retamas

44. De igual manera, es importante mencionar que aguas abajo de las operaciones de la UM Retamas, se encuentran las instalaciones de la UM Acumulación Parcoy N° 1, administrada por Consorcio Minero Horizonte S.A., a la altura del río Parcoy.

45. Con la finalidad de tener una mejor interpretación de los resultados del área de estudio en el espacio, la presente evaluación ambiental se ha delimitado en tres grupos ubicados dentro de la microcuenca del río Llacuabamba tomando en consideración los tipos de cuerpos de agua existentes, la distribución de los puntos de monitoreo y la ubicación de las fuentes potenciales de contaminación de la actividad minera (ver Figura 5-2). A continuación, se describen los tres grupos:

- Grupo I, que corresponde netamente a un sistema lótico que inicia desde la parte alta de la microcuenca del río Llacuabamba compuesta por la quebrada Ventanas (afluente de la margen derecha del río Llacuabamba, ubicada fuera del área efectiva de las actividades de la UM Retamas) y seguida del río Llacuabamba (río principal en la cual se desarrollan actividades por parte del administrado).
- Grupo II, que corresponde al río Porvenir también denominado quebrada Shucaque (afluente de la margen izquierda del río Llacuabamba y sus tributarios ubicados dentro del área efectiva de las actividades de la UM Retamas) conformado por la quebrada Mush Mush, quebrada Molinetes y quebrada Alaska.
- Grupo III, que corresponde netamente al grupo de cuerpos de agua lenticos de la microcuenca del río Llacuabamba, compuesto por el circuito de Las Tres Lagunas (cabecera de la microcuenca, fuera del área efectiva del administrado) y la laguna Blanca (ubicada dentro del área efectiva de las actividades de la UM Retamas).



4.
8
@
h

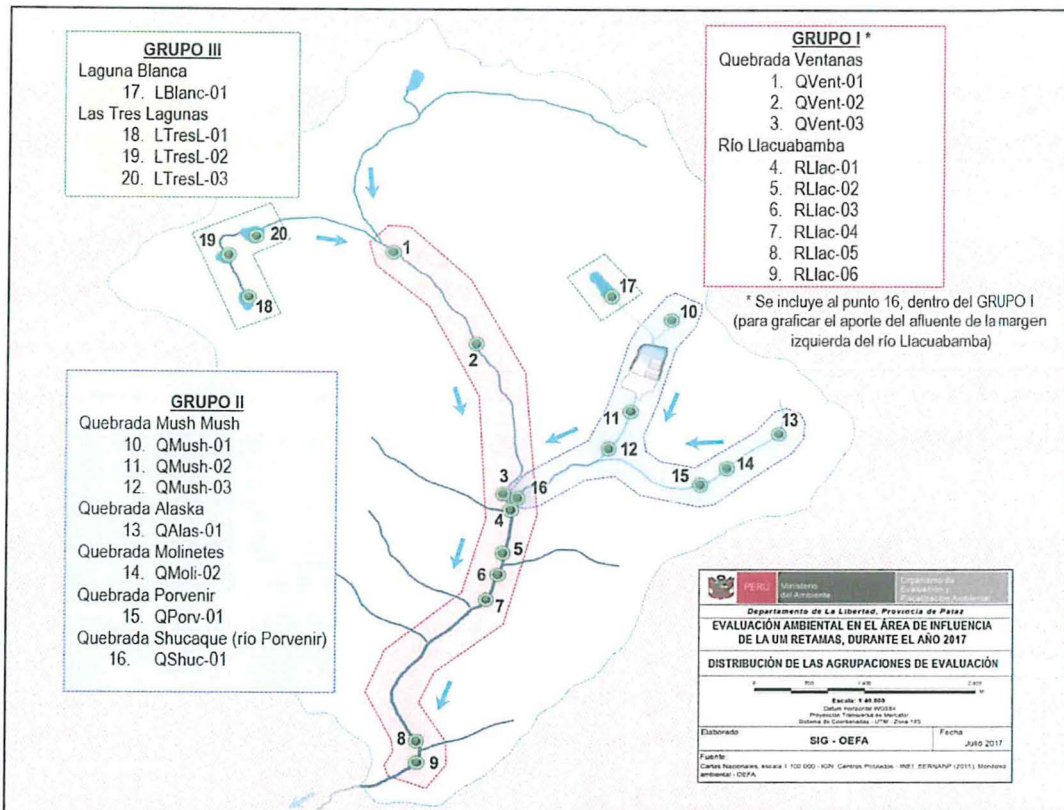


Figura 5-2. Área de estudio delimitada en grupos de evaluación para la UM Retamas

6. MARCO CONCEPTUAL

- 4.
- 8
46. El marco conceptual de la presente evaluación ambiental tiene como principal función clarificar los fundamentos y conceptos necesarios para el entendimiento del desarrollo de la presente evaluación. Es así que, al analizar la información documental de carácter ambiental extraída de los IGA mencionados en el apartado 2.1 del capítulo de "Antecedentes", está se enfocó básicamente en poder entender los factores externos que podrían estar influenciando a los diferentes componentes ambientales asociados al área de influencia de la unidad minera Retamas, así como los procesos productivos que se desarrollan en las actividades de explotación y/o beneficio de minerales auríferos y el manejo ambiental que establece MARSAs como medidas de prevención, control y mitigación de los probables impactos ambientales negativos que implica el desarrollo de sus operaciones.

6.1. Proceso productivo que se desarrolla en la unidad minera Retamas

47. Dentro de este marco, el proceso productivo de la extracción de minerales auríferos que se desarrolla en la unidad minera Retamas forma parte fundamental del marco conceptual de la evaluación ambiental. La Figura 6-1 representa el proceso que se desarrolla como parte de las actividades de explotación y/o beneficio de minerales auríferos, el mismo que contempla las etapas de acondicionamiento y beneficio de minerales, así como su disposición de relaves.

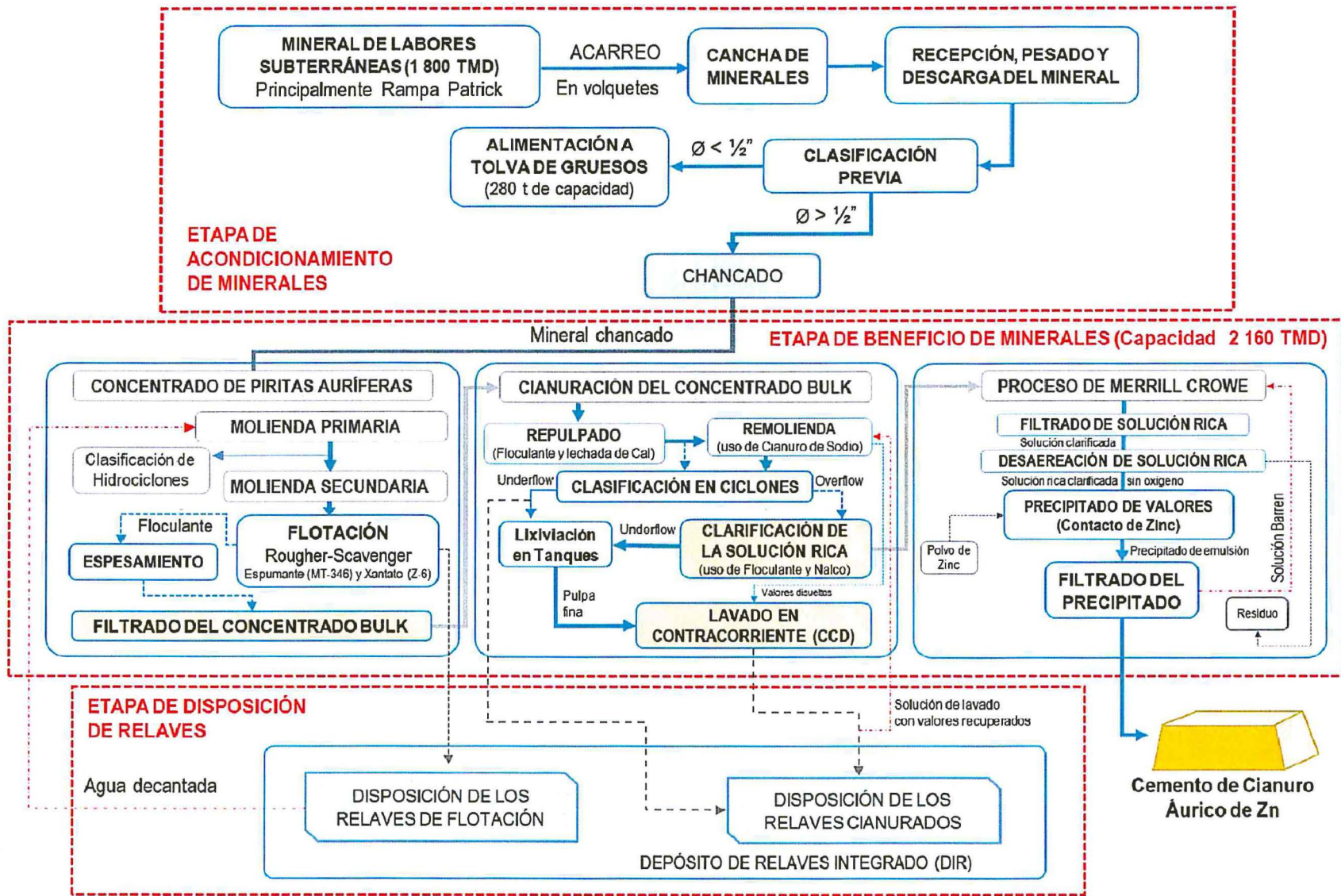


Figura 6-1. Diagrama de flujo del proceso productivo que se desarrolla en las actividades de explotación y beneficio de minerales auríferos de la UM Retamas

48. No obstante, es imperativo tomar en consideración el conocimiento del entorno del medio físico, principalmente de la geología y la climatología del sector donde se ubica la actividad. En tal sentido, la importancia de la revisión previa de los antecedentes como punto de partida para estudios de evaluación ambiental, como es el caso de línea base, modelo geológico del yacimiento, entre otros (Sernageomin, 2015) se mencionan a continuación.

6.2. Geología en la zona aurífera de Retamas

49. La región aurífera de Pataz- Buldibuyo, se localiza en la zona septentrional de la Cordillera Oriental, inmediatamente al Este del valle del río Marañón, entre los 3000 y 4000 msnm, llegando los picos más altos hasta los 4500 msnm aproximadamente. En la UM Retamas es tal vez un caso especial dentro de la zona, por las profundas alteraciones que se presentan en el ámbito regional. Como referencia se tomaron los estudios de la consultora Buenaventura Ingenieros S.A. así como la recopilación de artículos científicos que contienen estudios de la zona en evaluación.

50. Como parte de la evaluación ambiental en el área de influencia de la unidad minera Retamas se considera una descripción geológica a escala regional y a escala local; siguiendo así con la descripción del yacimiento. A continuación, se desarrollan las descripciones mencionadas.

a. Geología regional

51. La zona donde se ubica la UM Retamas pertenece a una zona de grabens o fallas tectónicas del Marañón²¹, y consiste en una faja angosta de cuencas tectónicas, que son delimitadas por grandes fallas más o menos verticales de orientación NW-SE. La zona de estudio se encuentra en el extremo NE de la fosa Vijus-Parcoy, la cual es una cuenca de sedimentos del Paleozoico superior y Mesozoico con un ancho de 3 a 5 km y 45 km de largo, rodeados en parte por rocas del Paleozoico inferior y Precámbrico, y en parte por el batolito granodiorítico del Terciario. Este último está conformado por granitos y granodioritas de composición más félsica²².

52. Este batolito portador de oro está constituido por un magma calcoalcalino que contiene numerosas vetas de cuarzo aurífero, y es el principal constituyente en la zona aurífera comprendida entre Parcoy, El Gigante y Buldibuyo, estando ligado a una franja de rocas intrusivas que cortan a las filitas y pizarras del Complejo Marañón.

53. De otro lado, la columna estratigráfica de la provincia de Pataz comprende varios miles de metros de rocas cuyas edades están comprendidas entre el Precámbrico y el Terciario Superior, estando poco desarrollados los depósitos cuaternarios.

²¹ El valle del río Marañón en gran parte de su recorrido se ubica sobre fosas tectónicas o graben, que es una estructura geológica correspondiente a un juego de fallas múltiple compuesta de tres bloques, donde el bloque central desciende y los dos laterales se levantan y geomorfológicamente (Tomado del Diccionario Geológico preparado por Jorge Dávila Burga – INGEMMET, 2011).

²² Estudio Programa de adecuación y manejo Ambiental de la Unidad Minera "Retamas" de Minera Aurífera Retamas S.A., ubicada en el distrito de Pataz y departamento de La Libertad, aprobado mediante Resolución Directoral N° 189-97- EM/DGM.

Tabla 6-1. Unidades estratigráficas de la columna de Pataz

Era	Sistema	Serie	Unidades Estratigráficas	Rocas intrusivas
Cenozoico	Cuaternario		Depósitos aluviales	Diorita Granodiorita
			Depósitos fluvio - glaciares	
	Terciario	Superior		
		Medio		
		Inferior		
Mesozoico	Cretáceo	Superior	Formación Chota	
		Inferior	Formación Crisnejas	
			Grupo. Goyllarisquizga	
	Jurásico	Inferior		
	Triásico	Superior	Grupo. Pucará	
Paleozoico	Permiano	Superior	Grupo. Mitu	Granito rojo
	Misisipiano		Grupo. Ambo	
	Ordoviciano	Medio	Fm. Contaya	
Precámbrico			Complejo del Marañón	

Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – En base a la tabla estratigráfica

54. Las rocas más antiguas de la región se encuentran en el Complejo Marañón. Esta secuencia de más de 2 000 m de rocas metamórficas de bajo grado data del Precámbrico al Paleozoico Medio. Las formaciones se conformaron durante el Paleozoico Superior y son los grupos Tarma, Copacabana y Mitu.
55. Las calizas y dolomitas del grupo Pucará se formaron luego (Mesozoico y Terciario Inferior), y yacen en discordancia angular con el grupo Mitu y otras formaciones anteriores. Posteriores al grupo Pucará son la formación Goyllarisquizga (areniscas), la formación Crisnejas (margas y calizas algo arenosas) y la Formación Chota (lutitas y filitas rojas), la última se encuentra en discordancia angular sobre la formación Crisnejas (cf. Figura 6-2).

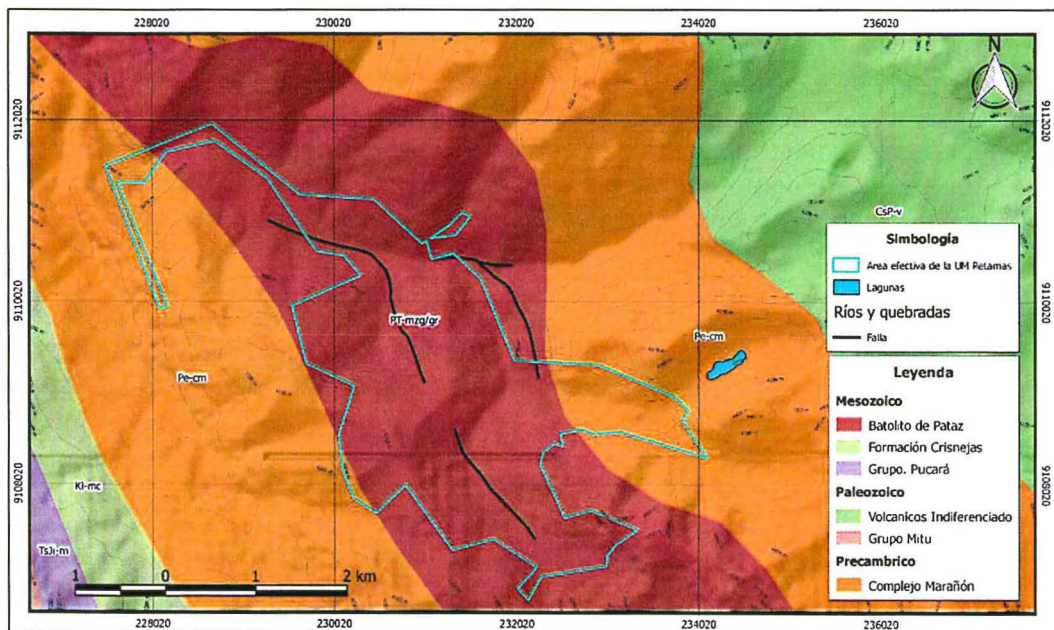


Figura 6-2. Geología regional de la unidad minera Retamas

56. **Complejo Marañón (Pe-cm):** Las rocas más antiguas de la región se encuentran en el complejo Marañón que consiste de roca metamórfica de bajo grado: filita negra, meta-andesita verdosa y mica-esquistos gris verdoso. La secuencia tiene un espesor máximo de más de 2000 m y data del precámbrico al cambriano. El límite entre el Complejo Marañón y las formaciones sobre yacentes es una discordancia angular nítida, además la diferencia existente en el grado de metamorfismo.
57. **Formación Contava (O-c):** La unidad más antigua de la zona de estudio que sobreyace al Complejo Marañón es la formación Contava. Consiste de varios cientos de metros de lutitas y pizarras negras o gris oscuras en láminas y capas delgadas, en las cuales se intercalan escasas capas delgadas de cuarcita. Por su contenido en graptolitos se le adjudica ser de la formación Ordovícico inferior y medio. El contacto superior de la formación es una discordancia ligeramente angular con las areniscas y lutitas del grupo Ambo. Su espesor máximo se estima en 500 m. las pizarras y lutitas graptolíticas se depositaron en ambiente marino de aguas profundas.
58. **Grupo Ambo (Ci-a):** El grupo Ambo tiene un espesor promedio de 300 m, alcanzando un máximo de 500 m., consiste de areniscas y lutitas con intercalaciones de conglomerados y restos de plantas del Carbonífero inferior. Las areniscas son feldespáticas de coloración gris marrón a verdoso, y las areniscas generalmente tienen un color verde olivo bien diferenciable; los conglomerados del grupo son más comunes en la parte baja de la secuencia y se caracterizan por ser bien compactado y de un color gris verdoso, y presentan clastos redondeados subangulares de roca metamórfica, areniscas y escasos rodados volcánicos, cementados en una matriz de arenisca feldespática con bastante arcilla y en general las areniscas del grupo Ambo son duras y carecen de estratificación. El contacto superior varía entre una discordancia paralela o angular (hasta 25°), y sobreyace el grupo Mitu o el grupo Goyllarisquizga respectivamente.
59. **Grupo Mitu (Ps-m):** De edad Pérmico, las areniscas y conglomerados rojos oscuros del grupo Mitu tienen un espesor promedio de 200 m. y el conglomerado basal del grupo se compone de elementos sub redondeados de caliza posiblemente de la formación Copacabana, arenisca parda, andesita rosada y roca metamórfica en una matriz de arenisca arcósica. Los conglomerados del Mitu se diferencian con los del Grupo Ambo por su menor grado de compactación. En la parte superior está delimitada por una discordancia paralela de las calizas triásicas suprayacentes.
60. **Grupo Pucará (TrJi-p):** El grupo Pucará está caracterizado por bancos gruesos de caliza gris clara que en partes es silicificada y seguido por caliza negra, bituminosa, bien estratificada en capas delgadas de un espesor máximo de 500 m. Está formado por la Formación Chambará, caracterizado por calizas de color gris a gris oscura con calizas bituminosas y calizas dolomíticas. La Formación Aramachay y Condorsinga también pertenece al Grupo Pucará que está formado por calizas caracterizado por la presencia de secuencias de Chert en la base superior de estas formaciones.
61. **Formación Goyllarisquizga (Ki-g):** Con una ligera discordancia angular la formación sobreyace a la Formación Pucará. Esta unidad está compuesta de una secuencia de areniscas grises, marrones y rojizas de grano medio a grueso en capas medianas a gruesas que llevan intercalaciones de lutita gris y rojiza, las areniscas son muy variables y consiste de granos subredondeados de cuarzo ligeramente cementado por sílice y óxidos de hierro y tiene un espesor total de 100



4.
7
e
B
B

a 350 m. El contacto superior es generalmente una discordancia erosional con las calizas de la formación Crisnejas.

62. **Formación Crisnejas (Ki-cr):** La formación Crisnejas está conformada por calizas, areniscas calcáreas y lutitas calcáreas con un espesor promedio de 200 m. El contacto superior es una discordancia con los sedimentos clásticos de la formación Rosa.
63. **Formación Chota (KsP-ch):** La formación Chota está conformada de areniscas, arcillitas y conglomerados rojos con una potencia aproximada de 600 m. Sobreyace a unidades tan antiguas como el complejo Marañón.
64. **Depósitos Cuaternarios (Qr-al):** A lo largo de los cauces de los ríos principales aparecen terrazas extensas. El material de que están compuestas las terrazas es un conglomerado mal clasificado de guijarros sobre redondeados y redondeados en una matriz de arena y lodo.
65. **Granito rojo:** Se trata de un stock de granito rojo de grano grueso que intruye a las mica-esquistos del Precámbrico del Complejo Marañón y está cubierto en forma discordante por los sedimentos del grupo Pucará. El granito rojo se presenta como una roca de grano grueso en el que los cristales de ortosa rosada, hornblenda negra y verde oscuro y cuarzo²³. En un estudio de lámina delgada se presenta la siguiente composición mineralógica:

Tabla 6-2. Composición mineralógica del granito

Roca	Mineral	Porcentaje	Formula química
Granito Rojo	Ortosa	35%	KAlSi ₃ O ₄
	Cuarzo	45%	SiO ₂
	Plagioclasa	18%	(Na, Ca)(Si, Al) ₃ O ₈
	Máficos- Biotia	2%	K(Mg,Fe) ₃ AlSi ₃ O ₁₀ (OH,F) ₂
	Máficos-hornblenda		Ca ₂ (Mg,Fe,Al) ₅ (Al,Si) ₈ O ₂₂ (OH) ₂

4. 66. **Granodiorita:** La granodiorita de color gris de grano medio a grueso en el que se notan los cristales de hornblendas negras, plagioclasa blanca y cuarzo. En un estudio mineralógico en sección delgada se tiene: plagioclasa 35%, ortosa 15%, cuarzo 40% y máficos 10%. La granodiorita pertenece al principal cuerpo intrusivo de la región, el llamado Batolito de Pataz. Los afloramientos de este complejo ígneo cubren un área aproximada de 200 km², conformando una faja de aproximadamente 80 km de largo, con una orientación N 20-30°W. Su emplazamiento fue post-precambriano y pre-terciario medio o superior.

Tabla 6-3. Composición mineralógica de la granodiorita

Roca	Mineral	Porcentaje	Formula química
Granodiorita	Plagioclasa	35%	(Na, Ca)(Si, Al) ₃ O ₈
	Cuarzo	40%	SiO ₂
	Ortosa	15%	KAlSi ₃ O ₄
	Máficos- Biotia	10%	K(Mg,Fe) ₃ AlSi ₃ O ₁₀ (OH,F) ₂
	Máficos-hornblenda		Ca ₂ (Mg,Fe,Al) ₅ (Al,Si) ₈ O ₂₂ (OH) ₂

23

Geología del Cuadrángulo de Pataz (Hoja 16-h). Carta geológica Nacional del Perú 1964

67. **Diorita:** Se trata de pequeños stocks o diques microdioríticos a andesíticos asociados a fallas. Su intrusión probablemente pertenece a la fase post intrusiva del batolito granodiorítico.

b. Geología local

68. La unidad minera se halla cubierta por depósitos cuaternarios, por los que las formaciones rocosas y estructuras mineralizadas se encuentran poco expuestas. En la zona el Gigante, debajo de la cubierta cuaternaria de 25 a 50 m de potencia aproximadamente, se extiende el intrusivo de Pataz de edad Paleozoica y naturaleza félsica²⁴. En este batolito es donde se emplazan las vetas auríferas que forman el yacimiento. Hacia el NE afloran rocas metamórficas del Complejo Marañón y hacia SW del complejo Tambo. A continuación, se describen las unidades geológicas a escala local.

b.1. Estratigrafía

69. **El complejo Marañón**, como ya se mencionó anteriormente consiste en filita grises con pequeñas intercalaciones de micas, así como esquistos que se presentan en contacto con el batolito de Pataz, este grupo de rocas se encuentra aflorando a lo largo de la zona de influencia de la unidad minera Retamas, las cuales están compuestas de esquistos verdosos con algún grado de alteración (cf. Figura 6-3). Se presentan con una potencia aproximada de 1000 a 1500 metros de espesor, estas rocas metamórficas afloran en la quebrada Mush Mush, donde se ubica el depósito de desmotes Mush Mush.

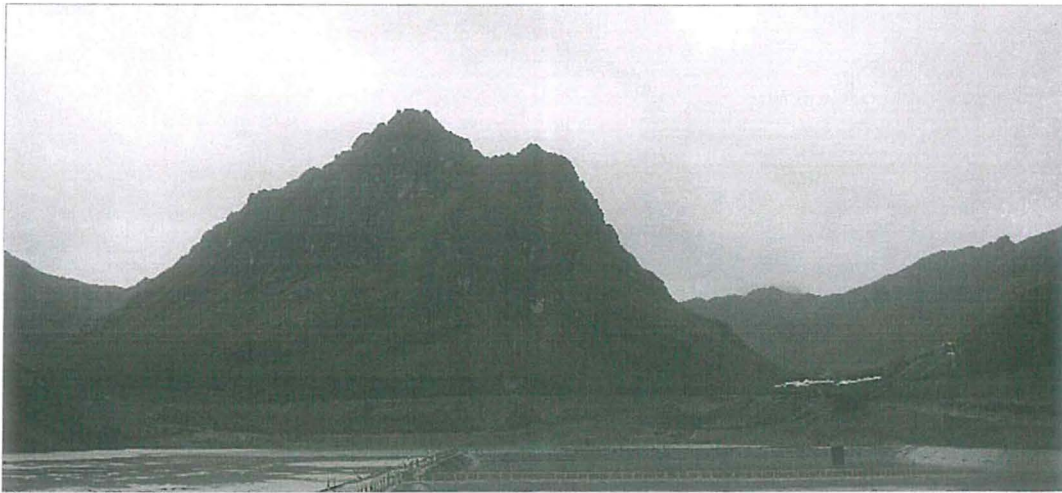


Figura 6-3. Fotografía tomada en el cerro el Gigante donde afloran esquistos del Complejo Marañón en la unidad minera Retamas

70. **Litología:** Las rocas presentes en la zona de la unidad minera Retamas, mica-esquistos los cuales se encuentran foliados de coloración gris verdosa, los únicos minerales identificables a simple vista son pequeñas plaquitas de minerales micáceos paralelos dispuestos a la foliación²⁵. Las meta-andesitas también forman parte del complejo Metamórfico, las cuales son rocas volcánicas de grano fino a medio de color verdoso. A simple vista se notan los cristales de feldespato blanco

²⁴ Los minerales félsicos son aquellos minerales que tienen minerales ricos en elementos ligeros como el silicio, oxígeno, aluminio, sodio y potasio. El termino félsico viene de la combinación de feldespato y sílice. Le Maitre, L.E, ed 2002 *Igneous Rocks: a Classification and Glossary of Terms*. Cambrigde.

^{25,12} Geología del Cuadrángulo de Pataz (Hoja 16-h). Carta geológica Nacional del Perú 1964

y minerales máficos alterados en una matriz verde oscura, estas afloran en potentes bancos y generalmente forman prominencias topográficas.

71. Así mismo podemos encontrar las filitas negras que se encuentran dentro del complejo Marañón las cuales se encuentran en una faja de filitas y pizarras negras las cuales sobre yacen en a la mica-esquistos con una discordancia marcada. Las filitas y las pizarras se encuentran en láminas muy delgadas y en algunos sitios la pizarra contiene moldes cúbicos hasta de 3 y 4mm de tamaño que parecen haber sido ocupados por cristales de pirita. Los pocos riachuelos que atraviesas las filitas y pizarras son salados. Y presentan eflorescencias blancas de alumbre, especialmente cerca de zonas húmedas. En este caso la presencia del alumbre en las pizarras de debe a la acción del ácido sulfúrico sobre minerales arcillosos de la pizarra, en este caso probablemente el ácido sulfúrico provenía de la oxidación de la pirita²⁶.

b.2. Batolito de Pataz

72. Este cuerpo intrusivo forma parte de un cinturón gigante compuesto de una intrusión calco alcalina que se extiende a lo largo de la cordillera desde el este al norte (Laubacher & Mégard, 1985). El Batolito de Pataz que aflora en la región cubre un área aproximada de 70 Km de longitud de 3 a 8 km de ancho, e invade las rocas metamórficas pre insulares. En el aspecto estructural se presenta una falla principal con dirección NO-SE que es paralela al valle del Marañón²⁷. Sin embargo, rocas volcánicas del Cenozoico cubren el complejo Marañón junto a rocas sedimentarias en una gran área de la provincia de Pataz (cf. Figura 6-4).



Figura 6-4. Fotografía tomada en el cerro el Gigante donde afloran granodioritas en el área de influencia de la unidad minera Retamas

73. La descripción mineralógica de la zona de estudio está basada en los estudios de Schreiber (1989), y según sus estudios se definen dos facies, la primera que vendría a ser de granitoides y dos poblaciones de diques tardíos bajo el Batolito de Pataz, y en consecuencia se presenta la primera facie intrusiva que van desde dioritas hasta tonalitas y su composición mineralógica consiste en abundante cuarzo, plagioclasas zonificada, horblenda marrón, microclina, y biotita. Hacia el núcleo del Batolito la granodiorita entra en contacto o están en contacto agudo de



Handwritten notes and signatures in blue ink.

²⁷ Geological and structural setting, age and geochemistry of the orogenic gold deposits at the Pataz Province, Eastern Andean Cordillera, Perú.

los monzogranitos rosáceos, aquellas facies presentan mayor contenido de feldespato potásico (Fid K) y se presentan a simple vista por ser grandes y abundantes.

74. Es importante decir que los granitos y monzogranitos se cortan a su vez. El batolito de Pataz se encuentra en un distrito minero, ya que las zonas de fallamientos y fracturamientos pre-existentes dentro del intrusivo, han servido de canales de circulación de las soluciones mineralizantes hidrotermales, depositándose en las trampas estructurales, dando lugar a la formación de vetas, posteriormente, estas vetas han sido falladas y plegadas en más de dos eventos tectónicos; razón por la cual se presentan muy irregulares en su comportamiento estructural y continuidad²⁸.

b.3. Depósitos cuaternarios

75. Los depósitos cuaternarios pertenecen al Cenozoico, y están constituidos por suelos residuales, glaciares, deluviales, fluviales, fluvio-glaciares y aluviales se extienden cubriendo gran parte del área de estudio, con espesores que varían desde el metro hasta los 100 m. formando un relieve abrupto con vegetación de Puna en la zona de la unidad minera Retamas.
76. **Depósitos aluviales:** Se encuentran restringidos al cauce del río Llacubamba, y se caracterizan por presentar cantos rodados sub redondeados en una matriz de granos y arenas gruesas.
77. **Depósitos glaciares:** Los depósitos que se encuentran en el área de la unidad minera Retamas se encuentran en las quebradas Mush Mush, así como en las partes más altas dentro de la unidad minera Retamas.
78. **Depósitos deluviales:** Son aquellos depósitos de origen aluvial que se ubican en las quebradas casi al borde río, normalmente estos depósitos se producen por derrumbes y movimientos complejos, generando pendientes pronunciadas como ya se mencionó anteriormente.
79. **Depósito fluvial:** Según las observaciones en campo, los depósitos que se encuentran en el área de la unidad minera Retamas se ubican a lo largo del río y es un material que ha sido transportado por el río, el mismo que se clasifica según su morfología de redes de drenaje como Dendrítico (Gregory y Walling, 1973). Estos depósitos son compuestos por clastos que van de subangulos a subredondeados, compuesto de una matriz más fina que en el caso del río Llacubamba corresponde a arenas y arcillas.
80. **Depósitos fluvio-glaciares:** Estos depósitos están restringidos a áreas por encima de los 3,500 msnm y consisten de amplias extensiones de grava y arena en las pampas y pequeñas morrenas glaciares compuestas de fragmentos de caliza
81. Litológicamente, el área de operaciones de la UM Retamas se ubica en dos unidades litológicas definidas, tal como se observa en la Figura 6-5. Una primera unidad constituida por las rocas intrusivas del Batolito de Pataz, que según Shreiber (1989) datan del Paleozoico con una litología granítica a granodiorítica,

²⁸ Ampliación del método de exploración Longwall en vetas auríferas angostas en la zona de Patrick-Marsa. (Ramirez J.,2010)

en el cual se emplaza el Yacimiento "El Gigante"; y una segunda unidad conocida como el Complejo Marañón de igual importancia, pero compuesta principalmente de rocas metamórficas siendo las filitas y esquistos los más representativos.

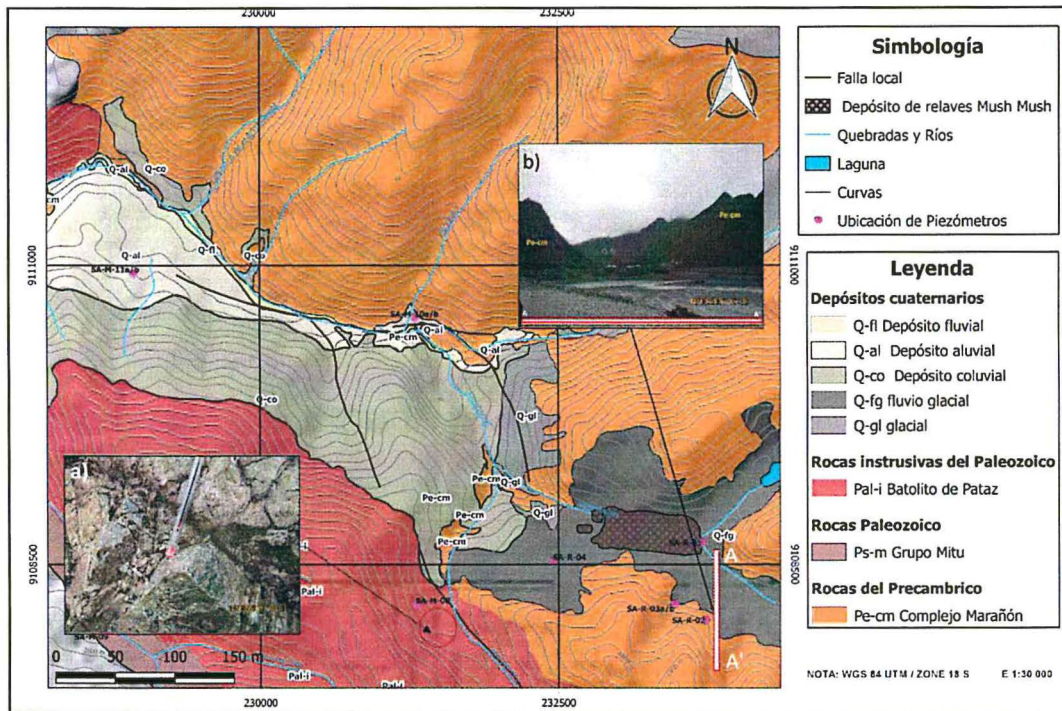


Figura 6-5. Mapa geológico local en el área de influencia de la unidad minera Retamas

c. Geología del yacimiento

82. Según publicaciones y estudios que hicieron en la región aurífera de la unidad minera Retamas, el yacimiento "El Gigante" corresponde a un típico yacimiento hidrotermal, caracterizado por vetas, que posteriormente han sido falladas y plegadas en más de dos eventos tectónicos. Como se mencionó en párrafos anteriores, la geología de la zona implica que la mineralización está presente en la roca encajonante del Batolito de Pataz a lo largo de la Cordillera Oriental (Laubacher & Mégard, 1985). La geoquímica de las diferentes pulsaciones magmáticas del Batolito de Pataz fue ampliamente estudiado por Schreiber (1989) y los análisis de los principales elementos traza revelaron una naturaleza de composición calcoalcalina²⁹ (rocas granodioritas, tonalitas, dioritas, etc.).
83. El mineral se extrae de vetas de cuarzo y sulfuros, donde el oro se encuentra rellenando fracturas en piritas o en los contactos galena-pirita o esfalerita-pirita. También se encuentra arsenopirita asociada a la pirita (FeS₂) y a la esfalerita (ZnS). Mientras que, el ensamble mineralógico de las vetas constituye una asociación típica mesotermal (250 a 350 °C) de cuarzo-pirita-oro. No obstante, la mineralización se debe al relleno hidrotermal de fisuras originadas principalmente en las rocas metamórficas y son generalmente ubicadas muy cerca al contacto con el batolito grano diorítico y menos común dentro del cuerpo intrusivo mismo.
84. La mineralogía de las vetas está conformada por el cuarzo inicial, pirita (FeS₂) y arsenopirita (FeAsS) como minerales principales; mientras que como minerales

²⁹ Carboniferous Orogenic Gold Deposits at Pataz, Eastern Andean Cordillera, Peru: Geological and Structural Framework., Paragenesis, Aletation, and 40Ar/39Ar Geochronology, Yves Haeverlin, Robert Moritz

secundarios se encuentran a la galena (PbS), esfalerita (ZnS) y calcopirita (CuFeS₂) (cf. Figura 6-6). Los sulfuros que forman parte de esta etapa principal de mineralización rellenan generalmente las cavidades de cuarzo. En las vetas de sulfuros, el oro se encuentra en solución sólida ligado íntimamente a la pirita y en menor grado a la arsenopirita que se presenta como nódulos dentro de los óxidos.



Figura 6-6. Fotografía tomada en afloramiento de roca con venillas de cuarzo e incrustaciones de pirita y galena presentes en el cerro El Gigante.

85. Se distinguen dos tipos de pirita en el yacimiento, una masiva a cúbica clara y otra, fina a oscura, la arsenopirita también se presenta en dos tipos, una gris ploma clara relativamente no aurífera y la otra gris ploma oscura aurífera. Por lo general, el oro se encuentra asociado al ensamble de los sulfuros principales y secundarios.
86. Las potencias de los yacimientos varían entre tres metros y diez centímetros, mientras que las alteraciones presentes son de los tipos sericitización, cloritización y silicificación. El buzamiento es subhorizontal por lo que se dificulta el minado³⁰.

d. Metalogénia

87. El yacimiento conocido como "El gigante", ha sido explorado y explotado sostenidamente desde hace 30 años, y se encuentra en el batolito de Pataz, caracterizado por la ocurrencia de vetas de oro³¹. Asimismo, la mineralización de este yacimiento se encuentra asociada al cuerpo intrusivo del Batolito de Pataz que tiene una extensión de 160 km a lo largo y 2,5 a 5 km de la cordillera oriental, siendo un yacimiento del tipo de Au orogénico. Es así que, tomando como base de información la publicada en el año 2010 por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (en adelante, INGEMMET), se entiende que este yacimiento se presenta en la franja metalogénica II perteneciente a los depósitos Orogénicos

³⁰ Estudio Programa de aduación y manejo Ambiental de la Unidad Minera "Retamas" de Minera Aurífera Retamas S.A., ubicada en el distrito de Patáz y departamento de La Libertad, aprobado con Resolución Directoral N° 189-97- EM/DGM

³¹ Presentación denominada "Ocurrencia de cuperpos mineralizados en yacimiento vetiformes del batolito de Pataz, expuesto en la PERUMIN 30 Convención Minera año 2011.

de Au-Pb-Zn-Cu del Carbonífero Pérmico, localizado a lo largo de la Cordillera Oriental del norte del Perú³².

88. Definido como depósitos de oro orogénicos según Groves *et al.*, (1998), Goldfarb *et al.*, (2001), Goldfarb, Phillips y Nokleberg, (1998), entre otros; estos depósitos se encuentran asociados a oro en zonas de cizalla y principalmente se encuentran enriquecidos en Ag-As +/- W y tienen relaciones Au>Ag, As y el mineral sulfuro dominante es la pirita (FeS₂), así como las asociaciones con arsenopirita (FeAsS)³³ y otros sulfuros (ver Tabla 6-4).

Tabla 6-4. Minerales presentes en el yacimiento y presentes en la litología

Estratigrafía	Litología	Minerales metálicos asociados al yacimiento	Formula Química	Grupo Mineralógico
Batolito de Pataz	Granitos Granodioritas Tonalitas Dioritas	Pirita	FeS ₂	Sulfuros
		Galena	PbS	
		Esfalerita	ZnS	
		Tetraedrita	(Cu,Fe) ₁₂ Sb ₄ S ₁₃	
		Calcopirita	CuFeS ₂	
		Oro Nativo	Au	Elemento nativo
Complejo Marañón	Rocas Metamórficas	Malaquita	Cu ₂ CO ₃ (OH) ₂	Carbonato
		Calcopirita	CuFeS ₂	Sulfuros
		Covelita	CuS	

89. Así mismo, se sabe que el Batolito de Pataz según análisis de K/Ar, este reporto 321 millones de años (Miranda C., 1997), y estudios más recientes indican que la mineralización fechada del oro es de 314 a 312 millones de años. Estas edades fueron descritas y analizadas respecto a las dataciones K/Ar³⁴.

90. Estructuralmente el yacimiento se encuentra en alineamiento NW con buzamientos al Este sufriendo ligeros cambios en las zonas de deformación de ductilidad-cizallamiento. Presenta una mineralización y asociación metálica de Au, Ag, As, Fe, Pb, Zn, ±Cu, ±Sb, ±(Bi-Te-W) con más de dos estadios de deposición de menas ricas en sulfuros, y presenta una alteración hidrotermal de la roca caja con seritización, cloritización, piritización y en menor proporción agilización y silicificación³⁵. El yacimiento de oro en esta región constituye un nuevo ejemplo de circulación de fluidos a gran escala generada por fenómenos de reequilibrio tectónico y térmico como consecuencia de un engrosamiento cortical en un margen convergente

e. Control de mineralización

91. El control de la mineralización se basa entre la relación del control estructural, control litológico, control mineralógico y controles de alteración. Para la descripción de las etapas de los controles antes mencionados, se debe seguir la siguiente sucesión.

³² Estudio Memoria del Mapa Metalogenético del Oro en el Perú 2010, Publicado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET)

³³ Carbonífero Models and Exploration Methods for Major Gold Deposits Types, Robert, F, Brommecker, R, Bourne, B.

³⁴ La relación K/Ar (potasio/argón) entre otras más, hacen referencia a métodos analíticos de datación radiométrica (radiocronometría) que, en el caso del Perú, son aplicadas como herramientas de investigación de las edades de rocas ígneas, minerales y restos orgánicos por la Dirección de Geología Regional del INGEMMET.

³⁵ Las Alteraciones hidrotermales mencionadas como la seritización, cloritización, piritización y argilización, son formadas por soluciones procedentes de la solidificación de un magma y por circulación de soluciones acuosas en la roca caja. Generalmente son indicadores de yacimientos minerales de origen hidrotermal (Dávila, J. 2011)

92. El control estructural (1), está relacionado a las condiciones de emplazamiento de la mineralización y está dominada por un sistema de fallas inversas, las cuales han generado zonas de menor ángulo de buzamiento y en estas etapas se abren aperturas tensionales que a la larga producen las "vetas" y en algunos casos dieron formas de ramales o también llamados de tipo rosario. En el año 2013-2014, en un programa de exploración, encontraron un nuevo sistema de vetas (N 30°E / 40° NW) al borde NE del Batolito en contacto con el complejo Marañón donde se estimó 242,000 Oz Au y el anuncio del descubrimiento de mineralización económica en profundidad al Este de la Falla Chilcas con altos valores de Au entre las cotas 2 470 a 1 800, donde se ha estimado 2,46 MOz Au (ver Figura 6-7).

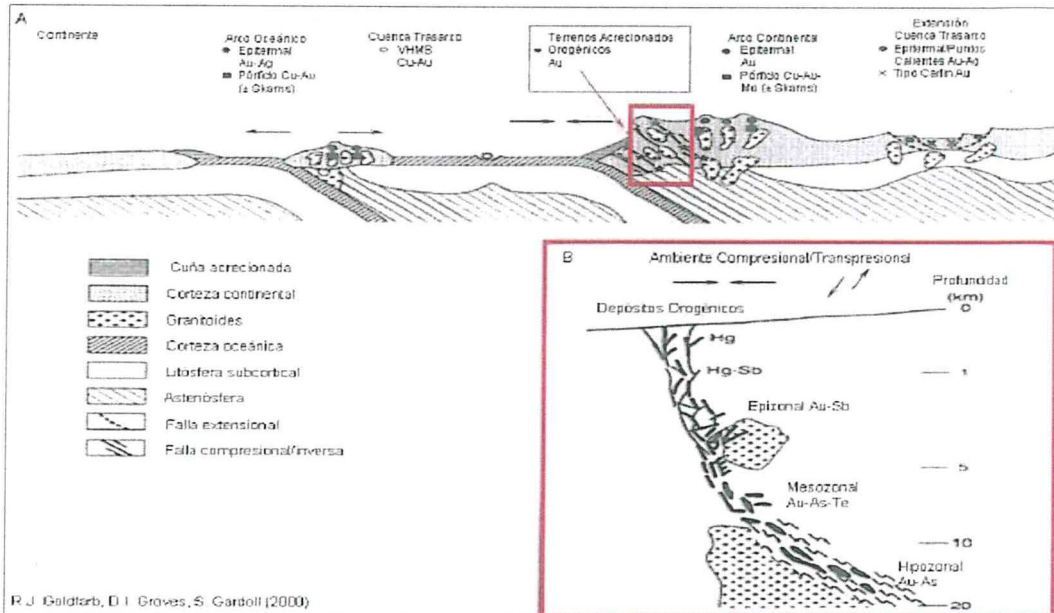


Figura 6-7. Modelo modificado de Yacimientos de oro Orogénico tomado de Goldfarb et al. (2000)

- 4.
93. El control litológico (2), está básicamente en la granodiorita la cual presenta las condiciones fisicoquímicas necesarias para formar la mineralización con los fluidos mineralizantes y su posterior deposición en las trampas estructurales.
94. El control mineralógico (3), está básicamente ligado a la composición mineralógica, como ya se mencionó anteriormente se presenta en las vetas de cuarzo blanco a gris y la pirita de textura fina deleznable representan el control de la zona económica y adicionalmente invade este ensamble la clorita con cuarzo gris relleno de fracturas y generando una textura brechada y de relleno de fractura.
95. Controles de mineralización de alteración (4), estas se describen como los ensambles mineralógicos de las alteraciones predominantes en el orden de la cercanía a la veta y está compuesta principalmente con cuarzo, pirita y clorita.
96. En base a lo antes mencionado, se describirá cada etapa considerando así a la geología estructural como principal control de la mineralización en el yacimiento de la UM Retamas. En tal sentido, las cinemáticas de las fallas indican que su relación con las fases orogénicas propios del yacimiento y los sistemas de vetas tienen generalmente dirección NW-SE y de bajo buzamiento.

97. Como ya se había mencionado en el modelo general presente del yacimiento en la UM Retamas, esta pertenece a los depósitos de oro orogénicos y los fluidos de mineralización que involucran modelos magmáticos, metamórficos y estructurales (Goldfarb *et al*, 2001). Como se mostró en la Figura 6-6, el modelo esquemático indica un complejo tectono magmático de postcolisión y su implicación en la génesis de oro vetítico. Obsérvese la correspondencia con los regímenes de transpresión en la formación del yacimiento.

6.3. Base conceptual

98. Para fines del presente informe, en esta sección se desarrolla los fundamentos teóricos y técnicos relevantes dirigidos a conocer los procesos productivos que se desarrollan en las etapas de explotación (bajo el sistema de mina subterránea) y/o beneficio de minerales auríferos de la UM Retamas, así como los insumos químicos utilizados tanto para el proceso en sí como para su control ante posibles impactos ambientales que estos podrían generar.
99. No obstante, es sustancial tener un breve alcance de las tres grandes etapas operacionales que conforman el ciclo de un proyecto minero (ver Figura 6-8), en las que se desarrollan las principales actividades mineras. En relación a las unidades fiscalizables por el OEFA como es el caso de la UM Retamas, esta tendría concordancia con la representación gráfica en mención.

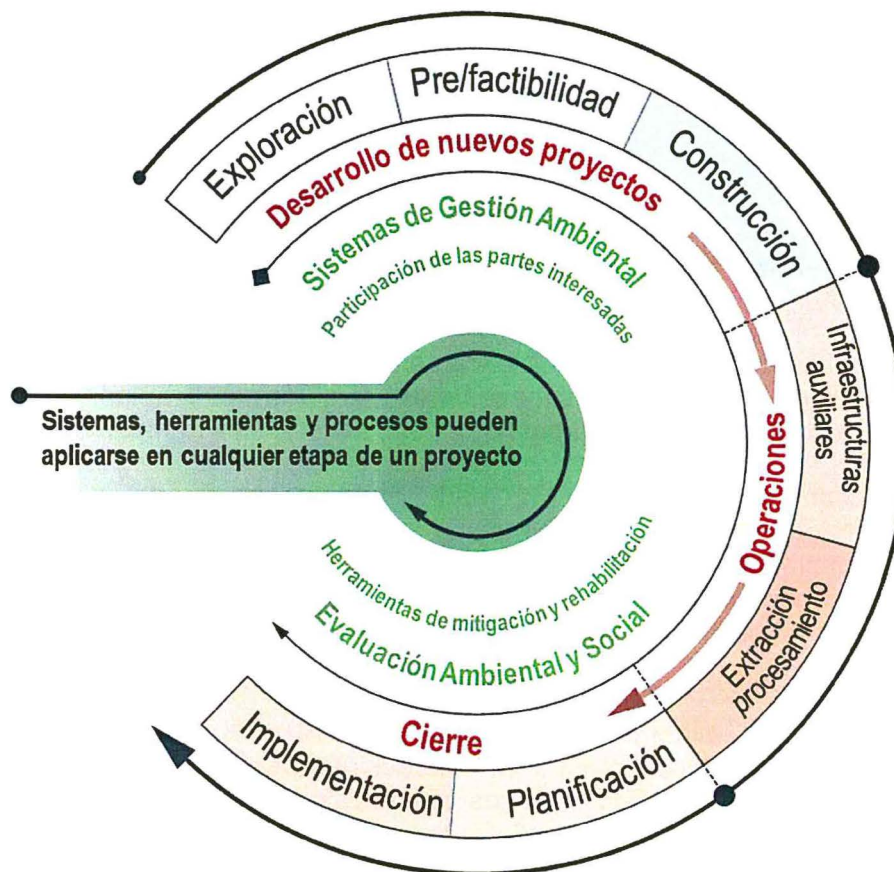


Figura 6-8. Ciclo de un proyecto minero

Fuente: Adaptado del International Council on Mining & Metals, 2006

6.3.1. Parámetros de medición en campo para agua

100. Teniendo un alcance previo de las etapas operacionales del sector minero, es necesario a su vez el poder entender cómo se encuentra la calidad de los componentes ambientales asociados a dicha actividad, y entre ellos la calidad ambiental del agua. Para ello es necesario en primera instancia medir ciertos parámetros en campo, los cuales se clasifican como físicos y químicos. Dentro de los parámetros físicos de campo se considera la turbidez, el cual nos indica el grado en el que el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión, cuyo efecto se ve reflejado en la disminución en la concentración del oxígeno disuelto debido a que los sólidos suspendidos absorben el calor, como consecuencia elevan la temperatura del agua y es sabido que el oxígeno se disuelve mejor en aguas más frías. Mientras que, dentro de los parámetros químicos de campo se considera la conductividad debido a que es un indicador de las sales disueltas en el agua, que a su vez es una medida indirecta de los sólidos disueltos. También se considera la medición del potencial de hidrógeno (pH) el cual nos expresa las intensidades ácidas o básicas del agua (Sierra, 2011).
101. Asimismo, el pH afecta a la especiación química y a la movilidad de muchos metales pesados el comportamiento de los metales pesados y su solubilidad en el agua está fuertemente influenciada por las condiciones del ambiente, especialmente cambios en las condiciones de pH, potencial redox, fuerza iónica y salinidad, entre otras (Gómez *et al.*, 2004).





6.3.2. Metales pesados en agua y sedimento

102. Dentro de los parámetros de interés en calidad de agua y sedimento para ser analizados por un laboratorio acreditado, tenemos a los metales pesados. Es así que, se denominan metales pesados a aquellos elementos que poseen una densidad atómica mayor a 6 g/cm^3 o que convencionalmente tienen propiedades metálicas, un número atómico mayor a 20, y además, que causan graves problemas ambientales debido a su alta toxicidad (Simate *et al.*, 2014).
103. Entre los principales elementos considerados como metales pesados potencialmente más tóxicos tanto para agua como sedimento, tenemos al arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, níquel, plomo, zinc y mercurio. En lo que respecta a los impactos de la contaminación por estos metales, estos radican en dos características: (i) por tener la capacidad de persistir en los ecosistemas naturales por un periodo de tiempo prolongado, y (ii) por poseer la capacidad de acumularse en niveles sucesivos de la cadena trófica (Parra, 2014).
104. En general los metales pesados son poco móviles, quedando acumulados en los primeros centímetros del sedimento. Los factores que afectan la acumulación de metales son el pH, la conductividad eléctrica (CE), el potencial redox (Eh) y el contenido de carbono orgánico. La mayoría de metales tiende a estar más disponible en medios ácidos (Mauro, 2014), excepto el arsénico, molibdeno, selenio y cromo, que son más móviles en pH alcalino (Galán, 2008).

6.3.3. Flujo de sedimentos en cuencas

105. La carga de sedimentos en los cuerpos de agua de una cuenca depende de los procesos de erosión que se presenten en la misma. Tarbuck (2010) precisa que estos procesos se dan por desintegración mecánica y por alteración química.
106. De acuerdo con un estudio en la Unión Europea, las mayores fuentes de erosión en sitios mineros se dan por el cambio de uso del suelo, en tajos abiertos, pilas de lixiviación, depósitos de material, presas de relaves, etc. Estos componentes aportarían principalmente metales pesados, que asociados a los sedimentos pueden bajar el pH en las aguas superficiales y del suelo, al punto de causar la pérdida de hábitat y vegetación (MINEO Consortium, 2000).
107. Es así que, el transporte del material erosionado en los cursos de agua se puede dar de tres maneras: como carga disuelta, en suspensión y/o como carga de fondo (Tarbuck, 2010). En el primer caso, el material mineral disuelto es transportado independiente de velocidad de flujo y sólo precipita cuando cambia la composición química del agua. La carga en suspensión transporta normalmente arena fina, limo y arcilla, pero en épocas de crecida del río puede transportar también material grueso. Para el segundo caso, el tipo y cantidad de material transportado en suspensión están controlados por la velocidad del agua y la velocidad de sedimentación. Mientras que, la carga de fondo está compuesta de material grueso demasiado grande para ser transportado en suspensión, transportándose por arrastre, dependiendo de la fuerza del agua para mover granos grandes. La energía de los cursos de agua, cuando es alta (ríos) tiene el efecto de lavado por la corriente, limpia el material fino, resultando en sedimentos de fondo donde predominan la arena y limo en vez de arcilla (Suárez, 2011). Bajo este contexto, se tiene un breve alcance de los metales pesados más tóxicos tanto para agua como sedimento.
108. El **arsénico (As)**, se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, principalmente en los minerales sulfurados. En aguas naturales, el As se encuentra por lo general como especie disuelta formando oxianiones; por lo cual, su estado de oxidación (y por tanto su movilidad), está controlado fundamentalmente por las condiciones redox y el pH. Además, respecto a los estados del arsénico, tanto el As^{+5} y el As^{+3} son móviles en el medio; aunque este último, se presenta como más móvil y de mayor toxicidad (Litter, 2008).
109. El **cadmio (Cd)** es un elemento que se encuentra en su forma más común como sulfuro (CdS), siendo el pH y el potencial redox los principales factores que controlan su movilidad; es así, que la capacidad de adsorción decae grandemente a pH bajos (Navarro, 2006).
110. El **cobre (Cu)** está distribuido en la naturaleza y se presenta principalmente como sulfatos, carbonatos, sulfuros de Fe y Cu (calcopirita), cuprita (óxido de cobre). Este puede adsorberse fácilmente sobre las partículas sólidas en suspensión e incorporarse rápidamente al sedimento (Marcano, 2012). Mientras que, su solubilidad, movilidad y biodisponibilidad del Cu en los sedimentos dependen fundamentalmente del valor de pH; además, su biodisponibilidad se reduce drásticamente en los sedimentos a pH superior a 7 y es fácilmente disponible por debajo de pH 6 (Norma, 2016).
111. El **hierro (Fe)** en la naturaleza se encuentra principalmente como sulfuros (FeS_2), las principales fuentes de contaminación con este metal son derivadas de las

operaciones minero-metalúrgicas (Fernández-Caliani, 2008). La disolución oxidativa de la pirita (FeS_2), es un proceso biogeoquímico complejo, dando como resultado el drenaje ácido de minas, caracterizada por elevadas concentraciones de sulfatos y metales disueltos, y una relación $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ alta (Fernández *et al.*, 2012).

- 
112. El **manganeso (Mn)** es uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre al encontrarse en un centenar de minerales en rocas y suelos; siendo estos, fuentes importantes de este elemento al disolverse en aguas superficiales o subterráneas. Asimismo, el manganeso, en su forma salina (como la mayoría de sales) es muy soluble en agua, pero en óxidos pueden formar sólidos fácilmente al precipitarse como oxy-hidroxidos. En los ecosistemas acuáticos, la solubilidad del manganeso aumenta a bajos valores de pH (el Mn^{2+} domina en estos ambientes, alrededor de 5,5 unidades de pH), así como a bajos niveles de potencial redox; no obstante, en condiciones neutrales, el potencial redox tiene mayor influencia que el pH en la movilidad del manganeso (Nádaská *et al.*, 2012). No obstante, la presencia de altas concentraciones de cloruros, nitratos y sulfatos puede incrementar la solubilidad del manganeso. Sin embargo, es importante mencionar que el Mn precipita hacia el sedimento principalmente como Mn^{+4} .
- 
113. El **mercurio (Hg)** en las aguas naturales, se puede encontrar en diversas formas fisicoquímicas tales como metal, ion metálico e ion organometálico. Las características específicas de cada especie, así como las interacciones de las mismas con lo que las rodea, determina el transporte, las transformaciones químicas, así como los posibles mecanismos de eliminación, sedimentación y volatilización del Hg, una vez que haya sido introducido en el sistema acuático. Sin embargo, el ion Hg^{+2} tiene una elevada tendencia de adsorberse sobre partículas sólidas de tal manera que el material en suspensión puede llegar a tener un contenido en Hg^{+2} unas 25 veces mayor que en solución (Salas, 2008).
- 
114. El **níquel (Ni)** en el medio ambiente se encuentra principalmente combinado con oxígeno o azufre en forma de óxidos o sulfuros, principalmente en la calcopirita (sulfuro natural del cobre). (Nieminen *et al.*, 2007). Así también se tiene que, el níquel es uno de los metales pesados más móviles en los ecosistemas acuáticos (Hernández, 2009).
- 
115. El **plomo (Pb)** es un elemento tóxico tanto por ingestión como inhalación. A su vez se tiene que, es un metal poco móvil que tiende a adsorberse en la zona no saturada de los ríos, en las arcillas y la materia orgánica, y que, con el aumento del pH puede precipitar como hidróxido de plomo $[\text{Pb}(\text{OH})_2]$ (García, 2011).
116. El **zinc (Zn)** al igual que los anteriores es un elemento tóxico. Las consecuencias más eminentes de la presencia de este elemento en los sistemas acuáticos son, el incremento de la acidez del agua y su biomagnificación en de este elemento en la cadena trófica. En lo que respecta a la movilidad del Zn, esta aumenta considerablemente al descender el pH, ya que aumenta su solubilidad y el grado de disociación de los complejos orgánicos, y disminuye su adsorción a las superficies de la matriz sólida. Mientras que, en medios reductores el Zn precipita en forma de sulfuro (muy insoluble), lo que limita drásticamente su movilidad (Durán, 2012).

6.3.4. Fuentes potenciales de contaminación

117. Según el Ministerio del Ambiente (MINAM), se define como fuentes potenciales de contaminación a los lugares donde un contaminante es liberado al ambiente. Las fuentes de contaminación pueden ser puntuales o fijas, así como fuentes dispersas o de área y también fuentes móviles (extraído del Glosario de Términos de la Gestión Ambiental Peruana). En el mismo texto, Corey (1983) las define como un foco natural o artificial a partir del cual se generan y se emiten agentes contaminantes hacia el ambiente.
118. Dentro de las posibles fuentes de contaminación de los recursos hídricos por metales pesados en la minería y el procesamiento de minerales, se incluyen: el drenaje ácido de mina, la lixiviación en pilas, la lixiviación in situ, fallas en las presas de relave³⁶, el incremento de la concentración de sólidos suspendidos debido a la erosión y la inadecuada disposición del agua de procesos de la minería (Jain *et al.*, 2016).
119. Para tal efecto, se tiene que la Tabla 6-5 nos muestra el caso de los residuos mineros considerados como fuentes potenciales de contaminación generadores de contaminantes (potencial de generación de aguas ácidas, lixiviados y material particulado entre otros). No obstante, también se consideran fuentes potenciales de contaminación a los efluentes procedentes de las actividades mineras³⁷.



Tabla 6-5. Potencial de generación de contaminantes y fuentes de generación

Potencial de generación de contaminación			
Fuentes potenciales	Potencial de generación	Potencial contaminante	Ref.
<ul style="list-style-type: none"> - Botaderos: de baja ley, desmontes, escorias, material estéril, lastre y marinas - Depósito de relaves: embalses y tanques de relaves, relaves filtrados, relaves en pasta y relaves espesados - Depósitos de lixiviación: rípios de lixiviación, pilas permanentes, pilas dinámicas y pilas ROM 	<p>Generación de drenaje minero (DM). Alteración de la calidad del agua superficial, subterránea y sedimentos a causa de la interacción de cursos superficiales con las instalaciones de mina, producto del drenaje, infiltraciones o lluvias y crecidas</p>	Metales pesados y metaloides	a
<p>Residuos mineros sulfúricos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Depósitos de relaves - Depósito de desmonte de rocas - Depósitos de desmonte de minerales de baja ley (StockPile), entre otros 	<p>Generación de drenaje ácido de mina (AMD). Cuando los sulfuros son expuestos a la atmósfera o al agua subterránea oxigenada, los sulfuros podrían oxidarse para producir agua ácida cargado con sulfuros, metales pesados y metaloides</p>		b
<ul style="list-style-type: none"> - Depósitos de relaves - Depósito de desmonte de rocas - Depósitos de desmonte de minerales de baja ley (StockPile), entre otros - Pilas de lixiviación 	<p>Suelos contaminados por material particulado de polvo fugitivo³⁸ transportado por el viento proveniente de los depósitos de relaves, botaderos y desmontes de desechos</p>	Material particulado con metales y metaloides	c

^a Sernageomin (2015) Guía metodológica para la Estabilidad Química de Faenas e Instalaciones Mineras (2015).

^b Lottermoswer, Bernd G. (2010) Mine Wastes: Characterization, Treatment and Environmental Impacts, 3rd edition, Springer Science & Business Media.


^c Alianza Mundial de Derecho Ambiental – ELAW (2010) Guía para Evaluar EIAs de Proyectos Mineros, 1era edición.

³⁶ Este tipo de eventos (falla en presas de relaves), si ocurrió en el año 1993 tal como se menciona en los párrafos 15 y 16 del presente informe.


³⁷ La Autoridad Nacional del Agua (ANA), en el marco de la Estrategia Nacional para el Manejo de la Calidad de los Recursos Hídricos, aprobada mediante Resolución Jefatural N° 042-2016-ANA, considera a los efluentes procedentes de la minería como fuentes de contaminación de los recursos hídricos.

³⁸ La Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (EPA), define 'emisiones fugitivas' como "aquellas emisiones que razonablemente no se pueden conducir a través de una chimenea, conducto de ventilación y otras aperturas funcionalmente equivalente" Para los proyectos mineros, las fuentes más frecuentes de emisiones fugitivas son: almacenamiento y manipulación de materiales, procesos mineros, fugas de polvo, voladuras, actividades de construcción, caminos asociados con el proyecto minero, pilas y lagunas de lixiviación; depósitos de material estéril y escombros, entre otros.

6.3.5. Mecanismos de transporte

- 
120. Para poder entender los mecanismos de transporte de los contaminantes en relación a una fuente potencial de contaminación, es necesario el conocimiento del entorno (descripción del medio físico), principalmente de la geología, la climatología, y la hidrología e hidrogeología del sector donde se ubica la actividad tal como lo menciona el Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile (Sernageomin, 2015). Para efectos del presente apartado, la descripción del medio físico del área de influencia de la UM Retamas se ha detallado previamente en los apartados precedentes.
121. Por un lado, la velocidad de las escorrentías superficiales se relaciona con el comportamiento de los diferentes tamaños de partículas que pueden depositarse, transportarse o erosionarse, dependiendo de la velocidad del flujo (Hernández-Cruz *et al.*, 2015). Por otro lado, la información meteorológica y su relación con la posición y características de los receptores, y las emisiones de los contaminantes de interés en la fuente, son variables importantes que rigen la dispersión atmosférica de los contaminantes (Castillo-Mosquera *et al.*, 2016).
122. Como complemento a los párrafos precedentes, se hace mención la importancia de la revisión previa de los antecedentes como punto de partida para estudios de evaluación ambiental, como es el caso de línea base, modelo geológico del yacimiento (en este caso, yacimiento aurífero), entre otros (Sernageomin, 2015).

6.3.6. Comunidades hidrobiológicas

- 
123. Las comunidades hidrobiológicas tanto en ambientes lénticos (lagos, lagunas, embalse, estanques, etc.) como lóticos (ríos, quebradas y arroyos), están conformadas por diversos organismos, relacionados entre sí y con el ecosistema acuático. Todas se caracterizan por su compleja composición, organización biótica, estrecha relación con el medio físico acuático del cual son dependientes. Estas comunidades según sus roles en el ecosistema son clasificados como productores (fitoplancton, algas filamentosas), consumidores primarios, secundarios y terciarios (zooplancton, zoobentos y peces) y los descomponedores (bacterias, hongos y algunos organismos del zoobentos) (UNMSM-MHN, 2014).
124. Algunas de estas comunidades como el plancton, presenta un mejor desarrollo y representatividad en ecosistemas de aguas lenticas; mientras, que las comunidades del perifiton, bentos (macroinvertebrados) y la mayoría del necton (peces) se encuentran mejor representadas en ecosistemas de aguas loticas (UNMSM-MHN, 2014).
125. Muchos de los organismos dentro de estas comunidades, son utilizados como indicadores biológicos, siendo su presencia (o ausencia) y frecuencia, signos de calidad del medio; por lo que su estado de conservación, diversidad y algunos aspectos ecológicos son considerados como indicadores de perturbación en lo que concierne a la calidad de hábitats acuáticos (Armitage *et al.*, 1983; Hilsenhoff, 1988, Roldán, 2003; Mafla, 2005; Vázquez *et al.*, 2006; Acosta *et al.*, 2009).
126. Es necesario por ello, que los inventarios de recursos hídricos para ser más completos cuenten con el conocimiento de los componentes biológicos que se desarrollan en ellos, como son las comunidades hidrobiológicas. De esta manera, tendrían mayor respaldo para dictar medidas de conservación de aquellos

ecosistemas que muestren deterioro o pérdida de diversidad de componentes bióticos y calidad hídrica.

6.3.7. Diversidad alfa

127. La diversidad alfa está relacionada al número de especies de un grupo indicador que se encuentra en un determinado punto o área que puede variar mucho de un lugar a otro, aún dentro de un mismo tipo de comunidad y en un mismo ecosistema (Halffter y Moreno, 2005).

6.3.8. Diversidad beta

128. La diversidad beta es el marco conceptual del estudio de las similitudes y las diferencias entre comunidades bióticas y permite cuantificar la diferenciación taxonómica entre ellas (Moreno y Halffter, 2001).

6.3.9. Números de Hill (diversidad verdadera)

129. Los índices de diversidad verdadera son modificaciones de los índices comunes de Shannon (H') y Simpson (D) con la finalidad de ajustar la sensibilidad para determinar el comportamiento de la diversidad (Moreno *et al.*, 2011). Es en base a esta modificación que se empezó a hacer uso el término números efectivos de especies, que son las unidades de medición de la diversidad verdadera (Moreno *et al.*, 2011). Los datos obtenidos de las comunidades hidrobiológicas se analizan con números efectivos de especies (Hill, 1973; Jost, 2006).

6.3.10. Índice de similitud de Bray Curtis

130. El índice de Bray-Curtis (Bray y Curtis, 1957) es una medida de similitud que enfatiza la importancia de las especies que se tienen en común entre los sitios de muestreo (Pielou, 1984). Brower y Zar (1984), la consideran como una medida de la diferencia entre las abundancias relativas de cada especie presente. Toma valores entre 0 (ninguna especie en común) y 1 (muestras idénticas), y es uno de los mejores índices de similitud de acuerdo con Washington (1984).

6.3.11. Análisis de conglomerados

131. Los análisis de conglomerados (o análisis Cluster) permiten la evaluación numérica de similitud entre unidades particulares y los agrupamientos de estas unidades (Crisci y López, 1983), en otras palabras, permiten identificar dentro de conjuntos mayores, grupos asociados por su grado de similitud. En este informe se ha elegido como base una matriz de similitud generada mediante el índice de similitud de Bray-Curtis y como criterio de amalgamamiento la unión de pares de promedio (Sokal y Michener, 1958) o UPGMA (por sus siglas en inglés) (Sokal y Sneath, 1963), cuya representación gráfica es un dendograma.

6.3.12. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)

132. Mediante el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) se relacionan dos conjuntos de variables. El ACC restringe la ordenación de una matriz por medio de regresiones lineales múltiples con variables en una segunda matriz; en este sentido este análisis combina los conceptos de ordenación y regresión. Se usa el ACC para relacionar por ejemplo una matriz de distribución de especies por sitios y las características ambientales de esos sitios (Rougès, 2008; Cuadras, 2014).

6.3.13. Impactos ecológicos de la minería

133. En complemento con lo antes mencionado, un enfoque para medir la degradación de los sistemas ecológicos es observando la disminución de especies de vida silvestre y sus poblaciones (Jain *et al*, 2012), en base a lo antes mencionado, el ICMM (International Council on Mining & Metals, por sus siglas en inglés) hace mención de los atributos ecológicos afectados por las actividades mineras, las mismas que se mencionan en la Tabla 6-6.



Tabla 6-6. Atributos ecológicos afectados por las actividades mineras

Atributos ecológicos	Efectos sobre el medio ambiente	Fuente
La vegetación y la fauna terrestre	Reducción de la diversidad	Desbroce, extracción, voladura, acarreo, construcción de infraestructura y crecimiento de la población
Fauna acuática		Uso / procesamiento / descarga / disposición de insumos químicos, manejo de relaves, descarga de efluentes, construcción de infraestructura de infraestructuras y reserva de agua.
Vegetación acuática, ribereña y de aguas subterráneas		

Fuente: Tomado de Jain *et al*, 2016 (Adaptado de International Council on Mining & Metals, 2006)

7. METODOLOGÍA

134. El desarrollo de la evaluación ambiental en el área de influencia de la unidad minera Retamas, se llevó a cabo tomando como referencia el diagrama de flujo de las actividades, según detalla la Figura 7-1. De acuerdo con este diagrama, la evaluación ambiental se desarrolló en tres etapas bien definidas: planificación, etapa de campo y de elaboración del informe, las mismas que englobaron los objetivos específicos. A continuación, se desarrolla la metodología para cada uno de los componentes ambientales evaluados.



4.

8

e

o

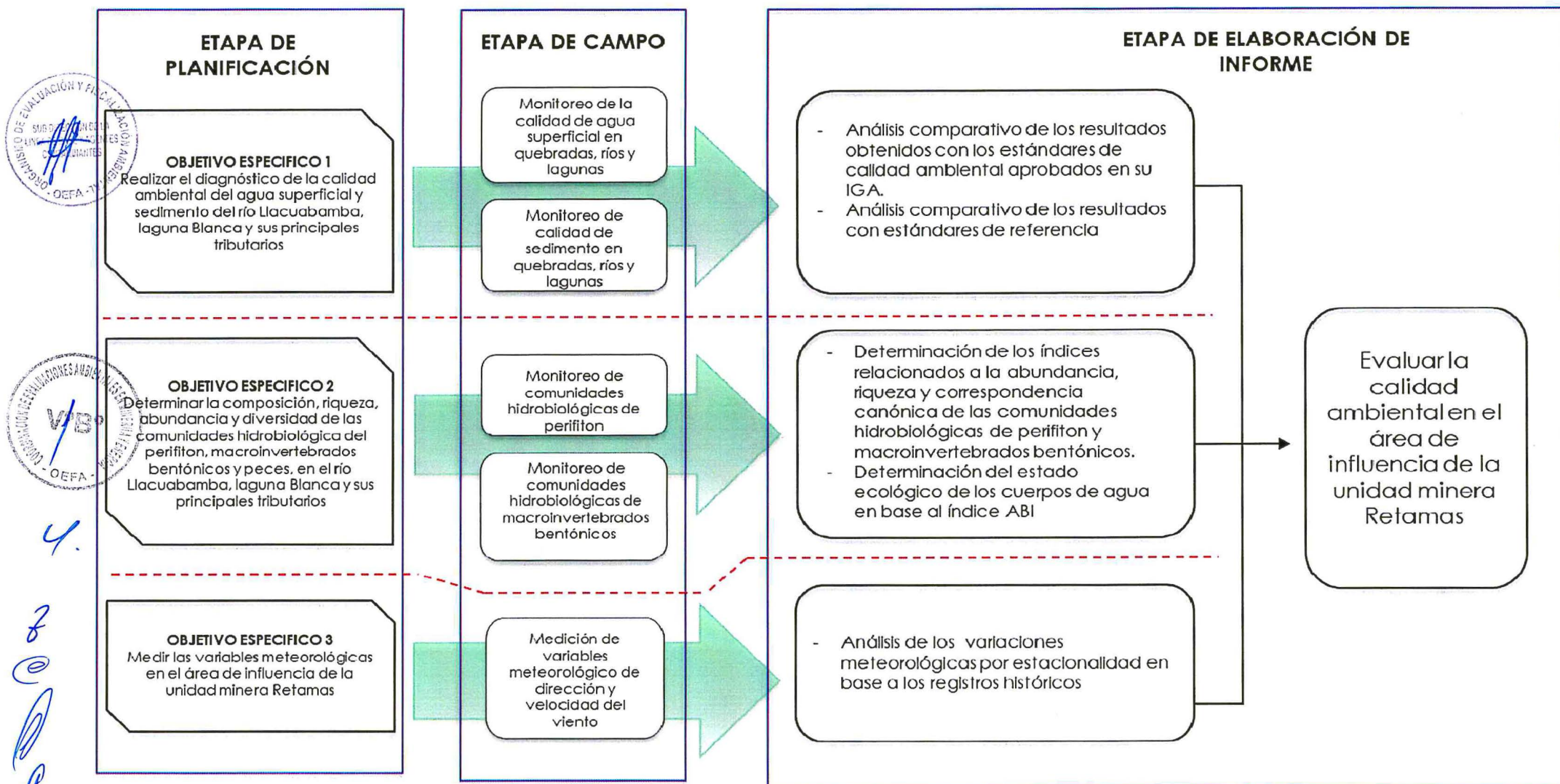


Figura 7-1. Diagrama de flujo de las actividades a realizar como parte del Plan de Evaluación Ambiental en el área de influencia de la unidad minera Retamas

135. La **etapa de planificación** se realizó en gabinete, iniciándose con la identificación de la problemática ambiental del área de estudio, recopilación, revisión y sistematización de información relacionada a los objetos de evaluación, así como a los procesos operacionales que desarrolla la UM Retamas.
136. En la **evaluación en campo**, se desarrollaron actividades encaminadas a levantar toda la información primaria necesaria para alcanzar los objetivos planteados. Consistió básicamente en la ejecución del monitoreo ambiental con medición de parámetros en campo, así como de la toma de muestras de parámetros fisicoquímicos e inorgánicos para ser analizados por laboratorios acreditados.
137. Finalmente, la revisión y análisis exhaustivo de los resultados de campo y laboratorio formaron parte de la **elaboración del informe técnico**. Esta etapa consistió específicamente en la sistematización y análisis comparativo de los resultados con la normativa con nacional e internacional vigente, así como de un análisis de identificación de fuentes potenciales de contaminación.

7.1. Ubicación de puntos de monitoreo

138. En lo que respecta a la ubicación de los puntos de monitoreo, estos se establecieron tomando como referencia a aquellos puntos declarados en los IGA del administrado MARSA, los cuales se aprobaron tomando en consideración algunos criterios técnicos, como los que se detallan a continuación:

- Aguas arriba y agua abajo de vertimientos industriales y/o domésticos de la UM Retamas.
- Aguas arriba y agua abajo de aquellos componentes mineros de la UM Retamas, con características de potencial fuente de contaminación como presas de relaves, depósitos de desmonte, entre otros.
- Aguas abajo de centros poblados y comunidades que podrían estar siendo afectados por influencia de las actividades de explotación y/o beneficio de parte de la UM Retamas.

139. En base a lo antes mencionado, en algunos casos los puntos establecidos en los IGA fueron reubicados cerca al punto de referencia y/o adicionados, esto debido a criterios técnicos para una buena toma de muestra como accesibilidad, caudal, turbulencia, entre otros, según lo indica el INFORME N° 00047-2016-OEFA-DE-SDLB-CEAI. Tal documento muestra resultados de la visita de reconocimiento a 15 unidades fiscalizables por el OEFA, en el marco de la Intercuenca Alto Marañón V, de la cual se pudo recabar información específica relacionada a la UM Retamas como base para el planteamiento de la red de puntos de monitoreo.

140. De esta manera, se establecieron 20 puntos de monitoreo para evaluar la calidad de agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas (perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces) distribuidos en 11 cuerpos de agua entre quebradas, ríos y cuatro lagunas fuera y dentro del área de operaciones.

141. Las coordenadas y descripción de la red de puntos de monitoreo para la presente evaluación ambiental, se especifican en la Tabla 7-1. Mientras que la distribución espacial de los mismos, se pueden observar en el apartado correspondiente a los mapas de ubicación del Anexo 2 correspondiente al "Reporte de campo".



Tabla 7-1. Red de puntos de monitoreo para calidad de agua superficial, sedimento y componente hidrobiológico establecidos en el área de influencia de la UM Retamas

N°	UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO (COORDENADAS UTM – DATUM WGS84)						ZONA	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO
	PUNTOS DE MONITOREO DE REFERENCIA (IGA)			PUNTOS DE MONITOREO OEFA ^(*)				
	CÓDIGO IGA	Este (m)	Norte (m)	CÓDIGO OEFA	Este (m)	Norte (m)		
01		----	----	LTresL-01 ^(**)	234 279	9 113 738	18L	Complejo de lagunas Tres Lagunas, laguna N° 01.
02		----	----	LTresL-02 ^(**)	234 675	9 113 890	18L	Complejo de lagunas Tres Lagunas, laguna N° 02.
03		----	----	LTresL-03 ^(**)	234 919	9 113 593	18L	Complejo de lagunas Tres Lagunas, laguna N° 03.
04		----	----	QVent-01 ^(***)	234 896	9 112 030	18L	Quebrada Ventanas, aguas abajo de la descarga de Las Tres Lagunas.
05		----	----	QVent-02 ^(***)	233 554	9 110 926	18L	Quebrada Ventanas, ubicado antes de la confluencia con el río Mónica y aguas arriba de actividades de minería artesanal.
06	E-5 ⁽ⁱⁱⁱ⁾	231 357	9 110 503	QVent-03	231 345	9 110 496	18L	Quebrada Ventanas, aguas abajo de actividades de minería artesanal y a 200 m. antes de la confluencia con quebrada Shucaque.
07	E-12 ⁽ⁱ⁾⁽ⁱⁱ⁾⁽ⁱⁱⁱ⁾	234 115	9 109 211	LBlan-01	234 131	9 109 288	18L	Laguna Blanca, ubicada en la parte alta de la quebrada Mush Mush, ubicada dentro de la UM Retamas.
08	M-1 ^(v)	233 693	9 108 570	QMush-01	233 858	9 108 472	18L	Quebrada Mush Mush, ubicada en la parte alta de la quebrada Mush Mush.
09	E-3 ⁽ⁱ⁾ / M-2 ^(v)	233 134	9 109 167	QMush-02	232 631	9 108 980	18L	Quebrada Mush Mush, punto aguas arriba de la descarga del canal de coronación lado sur de la relavera Mush Mush y del efluente (P-3 / E-2F).
10	E-8 ⁽ⁱ⁾⁽ⁱⁱ⁾⁽ⁱⁱⁱ⁾	232 153	9 109 172	QMush-03	232 066	9 109 225	18L	Quebrada Mush Mush, aguas abajo de la descarga del canal de coronación lado sur de la relavera Mush Mush y del efluente (P-3 / E-2F).
11	E-22 ⁽ⁱ⁾⁽ⁱⁱ⁾⁽ⁱⁱⁱ⁾	232 327	9 107 059	QAlas-01	232 312	9 107 063	18L	Aguas de la unión de las quebradas Alaska y Molinetes, proveniente de bofedales ubicados en la parte alta de la quebrada.
12	E-9 ⁽ⁱ⁾⁽ⁱⁱ⁾⁽ⁱⁱⁱ⁾	231 861	9 107 806	QMoli-01	231 844	9 107 809	18L	Quebrada Molinetes, parte baja.
13				QPorv-01	231 607	9 108 054	18L	Quebrada Porvenir, antes de la confluencia con el quebrada Mush Mush (QMush-03).
14	E-4 ⁽ⁱ⁾	231 310	9 110 483	QShuc-01	231 334	9 110 441	18L	Quebrada Shucaque, ubicado antes de la confluencia con la quebrada Ventanas (QVent-03)
15	E-Q5A ⁽ⁱ⁾			RLlac-01	231 251	9 110 481	18L	Río Llacuabamba, aguas abajo de la confluencia de la quebrada Shucaque con la quebrada Ventanas.
16	M-3 ^(v)	230 660	9 110 525	RLlac-02	230 689	9 110 565	18L	Río Llacuabamba, ubicado aguas arriba antes del vertimiento de la PTARM Las Chilcas, efluente (P-7)
17	M-4 ^{(iv)(v)}	230 478	9 110 587	RLlac-03	230 468	9 110 585	18L	Río Llacuabamba, aguas abajo del vertimiento de la PTARM Las Chilcas (P-7) y aguas arriba antes del vertimiento del sistema de la PTARD Lawsco (ED-1)
18	E-6 ^{(i)(iv)}	229 873	9 110 494	RLlac-04	230 017	9 110 697	18L	Río Llacuabamba, ubicado aguas abajo del vertimiento del sistema de la PTARD Lawsco (ED-1).
19	M-5 ^(v)	227 955	9 111 510	RLlac-05	228 010	9 111 568	18L	Río Llacuabamba, ubicado aguas arriba del vertimiento del efluente (P-10) proveniente del sistema de tratamiento de agua de mina FAR WEST R-2.
20	E-21 ⁽ⁱ⁾⁽ⁱⁱ⁾⁽ⁱⁱⁱ⁾ / M-6 ^(v)	227 776	9 111 546	RLlac-06	227 778	9 111 549	18L	Río Llacuabamba, ubicado aguas abajo del vertimiento del efluente (P-10) proveniente del sistema de tratamiento de agua de mina FAR WEST R-2.

(*) En algunos casos los puntos establecidos en los IGA fueron reubicados cerca al punto de referencia y/o adicionados, esto debido a ciertos criterios técnicos para buena toma de muestra como accesibilidad, caudal, turbulencia, entre otros, según lo indica el INFORME N° 00047-2016-OEFA-DE-SDLB-CEAI

(**) Puntos de monitoreo establecidos en cuerpos lenticos (blancos de control), para un análisis comparativo entre zonas de posible alteración por actividades antrópicas y zonas donde no existen actividades antrópicas

(***) Puntos de monitoreo establecidos en cuerpos loticos (blancos de control), para un análisis comparativo entre zonas de posible alteración por actividades antrópicas y zonas donde no existen actividades antrópicas

(i) Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de la U.E.A. Retamas – Plan Integral para la Implementación de LMP de descarga de efluentes minero – Metalúrgicos y adecuación a los ECA para agua, aprobado mediante Resolución Directoral N° 397-2014-MEM/DGAAM, el 06 de agosto de 2014

(ii) Estudio de Impacto Ambiental Excepcional de "Campamentos e Infraestructura" de la UEA Retamas, aprobado mediante Resolución Directoral N° 192-2016-MEM-DGAAM, el 15 de junio de 2016

(iii) Primer Informe Técnico Sustentatorio Proyecto de Ampliación de la Planta de Beneficio San Andrés Ampliado y Cambio de Ruta de Transporte de Relaves de la U.E.A. Retamas, aprobado mediante Resolución Directoral N° 124-2016-SENACE/DCA, el 07 de diciembre de 2016

(iv) Resolución Directoral N° 0183-2016-ANA-DGCRH, del 12 de agosto de 2016 que autoriza el vertimiento de aguas residuales domésticas tratadas provenientes del campamento de obreros y empleados de la zona Chilcas oeste y la plataforma Chilcas 3220

(v) Resolución Directoral N° 0055-2015-ANA-DGCRH, del 25 de febrero de 2015, que modificar la autorización de vertimiento de aguas residuales industriales tratadas provenientes de la presa de relaves, de las plantas de tratamiento de Chilcas y Far West R-2

7.2. Calidad de agua superficial

142. En la evaluación de la calidad del agua superficial del río Llacuabamba, laguna Blanca y sus principales tributarios ubicados en el área de influencia de la UM Retamas, se ha considerado respetar la clasificación de los recursos hídricos establecida por la Autoridad Nacional del Agua (en adelante, ANA).
143. De acuerdo a lo establecido en la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, que aprueba la clasificación de los cuerpos de aguas continentales y marino costeros, los principales recursos hídricos que se encuentran en el ámbito del área de influencia de la UM Retamas, se clasifican según se detallan en la Tabla 7-2.

Tabla 7-2. Clasificación de cuerpos de agua que se ubican en el área de influencia del UM Retamas, según Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA

Código cuerpo de agua	Cuerpo de agua	Categoría	Código de cuenca
49899-8*	Río Llacuabamba	Categoría 4	49899
498993-1*	Laguna Blanca	Categoría 4	4989

Fuente: Clasificación de los cuerpos de aguas continentales y marino costero, aprobado mediante Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA.

144. Para el caso de los afluentes que no estén clasificados expresamente en dicha Resolución Jefatural, pero que tributan a los cuerpos de agua descritos en la Tabla 7-1, estos asumirán la categoría del recurso hídrico al que tributan³⁹.

7.2.1. Metodología para toma de muestras de agua superficial

145. La metodología aplicada para la toma de muestras de agua en la evaluación de la calidad de agua superficial en el ámbito de la UM Retamas, se enmarcó en el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales"⁴⁰, el cual establece los lineamientos generales y criterios técnicos a aplicarse en las actividades de monitoreo de la calidad de agua, logística mínima necesaria, establecimiento de los puntos de monitoreo, preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección, seguridad en el trabajo de campo, procedimiento para la toma de muestras, preservación, llenado de la cadena de custodia, almacenamiento, conservación y transporte de muestras, entre otros.

Tabla 7-3. Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de recursos hídricos superficiales, consideraciones en la evaluación del área de influencia de la UM Retamas.

Guía o Protocolo	Sección	Institución	Dispositivo legal
Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales	6.14 Medición de los parámetros de campo (pp. 24- 25) 6.15 Procedimiento para la toma de muestras (pp. 25-28) 6.16 Preservación, llenado de la cadena de custodia, almacenamiento, conservación y transporte de las muestras (pp. 28- 30) 6.17 Aseguramiento de la calidad del monitoreo (pp. 30-31)	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA

³⁹ Según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, con el cual "Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias", en su: Tercera Disposición Complementaria Transitoria. - De la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados.

Indica que: "En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha Autoridad".

⁴⁰ Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, aprobado el 11 de enero de 2016.

146. Antes de iniciar con el desarrollo del monitoreo se prepararon los materiales y equipos. Entre los materiales principales que se prepararon fueron dos baldes de polipropileno transparente de 20 litros, dos jarras de polipropileno transparente de 1 litro, dos cajas de papel indicador de pH, dos brazos telescópicos de acero inoxidable, dos bombas de vacío para el filtrado de muestras de agua para análisis de metales disueltos, cintas de embalaje de 2" x 73 m, y dos trajes waders (neopreno) para trabajos en el mismo cauce de los cuerpos hídricos.
147. Los materiales tales como guantes de nitrilo, envases (frascos), bolsas de gel pack, coolers y preservantes fueron provistos por los laboratorios encargados de realizar el análisis de las muestras (NSF Envirolab S.A.C. e Inspectorate Services Peru S.A.C). Mientras que, los equipos de monitoreo que se prepararon fueron: dos cámaras fotográficas digitales (waterproof) y dos equipos de posicionamiento GPS.
148. Por cada punto de monitoreo, se procedió a tomar la muestra con los EPP adecuados (guantes, mascarillas, etc.). El monitoreo de agua se inició con las mediciones *in situ* de los parámetros de campo: pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad utilizando un equipo multiparámetro; debidamente calibrados antes de cada toma de muestra. Asimismo, se continuó con la toma de muestra de los parámetros orgánicos y se concluyó con la toma de muestra de los parámetros inorgánicos.
149. A continuación, la Tabla 7-4 presenta las características y uso de los equipos accesorios utilizados para el monitoreo de calidad de agua superficial en el área de influencia de la UM Retamas.

Tabla 7-4. Características de los equipos accesorios y otros materiales para el monitoreo de calidad de agua superficial

Equipos	Marca	Modelo	Serie	Características y utilidad
Multiparámetro	HACH	HQ40d	100400040871 81200027806	Equipo en el que se conectan las sondas de pH, OD y CE para las mediciones <i>in situ</i> . Permite visualizar las lecturas de cada sonda.
Sonda de pH	HACH	pHC-201	142122568012 142122568010	Mide el valor de pH. Cabe indicar que la sonda incluye un termómetro digital. Calibración 27 de octubre de 2016.
Sonda de conductividad	HACH	CDC-401	151212588004 150552587004	Mide la CE. Se precisa que la sonda incluye un termómetro digital.
Sonda de oxígeno disuelto	HACH	LDO-101	132342598003 090052594009	Mide el oxígeno disuelto.
Bomba de vacío	--	H003-A	14060574266	Utilizado para la filtración de la muestra de agua mediante filtros de 0.45µ de porosidad,
GPS	GARMIN	OREGON 650	4HU004991	Utilizado para la ubicación geográfica de los puntos para la toma de muestra
Cámara	CANON	D30	62051001040	Registro fotográfico.

150. En la toma de muestras tanto para parámetros fisicoquímicos como para parámetros inorgánicos, se utilizaron frascos de plástico los cuales antes de la toma de muestra se enjuagaron dos a tres veces con el agua a ser colectada y luego se sumergió en contracorriente, a 20 cm de profundidad aproximada con respecto de la superficie tal como lo establece el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales".

151. Posterior a la toma de muestras, se les adicionó preservante solo para aquellas correspondientes a los parámetros que requieren preservación para el análisis. Esto de acuerdo con las indicaciones del laboratorio contratado. Finalmente, todas las muestras fueron almacenadas en *coolers* (cajas térmicas) y conservadas en posición vertical con *ice-packs* (hielo gel) para trasladarlas al laboratorio respectivo, junto con las cadenas de custodia, para sus análisis. Seguidamente, los materiales descartables fueron acopiados en bolsas de plástico, para posteriormente ser dispuestos en un contenedor de residuos sólidos.

152. Para garantizar la representatividad de los resultados, se realizó una adecuada manipulación de los equipos, materiales y muestras, incluyendo los duplicados de control de calidad. Es así que, antes de salir a campo, se verificaron los materiales y se realizó el ajuste y la verificación de los equipos de.

7.2.2. Parámetros evaluados y métodos de análisis

153. Para la selección de los parámetros de campo y los que requieren ser determinados en laboratorio, se consideró los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecidos en el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM y el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM⁴¹. Así mismo, se consideró la categoría correspondiente a los cuerpos ubicados en el área de influencia de la UM Retamas, asignada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), y aquellos relacionados con las actividades de explotación y/o beneficio de yacimientos mineros auríferos, así como parámetros adicionales que permitiesen una correcta interpretación de los resultados.

154. En ese sentido, la Tabla 7-5 presenta los parámetros y los métodos de ensayo considerados a analizar a través de un laboratorio acreditado. Cabe resaltar que, en todos los puntos de monitoreo se analizaron *in situ* los parámetros: temperatura, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto.

Tabla 7-5. Parámetros y métodos de ensayo usados en el análisis de muestras ambientales por los laboratorios acreditados ante INACAL

Parámetro	Método de ensayo de referencia	Técnica empleada	Laboratorio acreditado
Cloruros	EPA Método 325.3, revisado en marzo de 1983	Titulación con nitrato de mercurio	NSF Envirolab S.A.C
Sulfatos	EPA Método 375.4, revisado en marzo 1983	Método espectrofotométrico	
Mercurio total y disuelto	EPA Método 245.7 (validado), febrero 2005	Espectrometría de fluorescencia atómica por vapor frío	
Metales totales y disueltos	EPA Método 200.7, revisado 4.4, mayo 1994	Espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	
Cromo Hexavalente	SMEWW-parte 3500 Br-B, 22nd Ed. 2012.	Espectrometría	
Carbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF parte 4500 CO ₂ , 22nd Ed. 2012.	Volumetría	
Bicarbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF parte 4500 CO ₂ , 22nd Ed. 2012.	Volumetría	
Silicatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF parte 4500-SiO ₂ D, 22nd Ed. 2012.	Método espectrofotométrico	

⁴¹ Norma que en su Única Disposición Complementaria Derogatoria indica: "Derógase el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM".

Parámetro	Método de ensayo de referencia	Técnica empleada	Laboratorio acreditado
Nitrógeno amoniacal	EPA Método 352.1, revisado marzo 1983	Espectrometría	
Nitrógeno Total Kjeidahi	SM 4500-Norg-B (Organic), 22nd Ed 2012.	Volumetría	
Sulfuro	SMEWW-APHA-AWWA-WEF parte 4500-S=D, 22nd Ed. 2012.	Espectrometría	
Dureza	EPA Method 130.2 1999. Hardness Total (Titrimetric, EDTA)	Volumetría	Inspectorate Perú S.A.C.

Fuente: Informes de Ensayo de los laboratorios NSF Envirolab S.A.C e Inspectorate Services Perú S.A.C.

7.2.3. Estándares de comparación y análisis de datos

155. Los resultados obtenidos del monitoreo de calidad de agua superficial, fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Categoría 4 (en adelante, ECA Cat4): Conservación del ambiente acuático, aprobados mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM (tal cual indica su IGA)⁴². No obstante, tales resultados también fueron comparados de forma referencial con la vigente modificatoria de los ECA⁴³, la cual aprueba los nuevos ECA y establece disposiciones complementarias mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. A continuación, la Tabla 7-6 presenta los ECA para agua Categoría 4, según lo establecido en la normativa vigente.

Tabla 7-6. Estándares de Calidad Ambiental para Agua Cat4, aprobados mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM y Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

PARÁMETROS	UNIDAD	Cat.4 E1: Lagunas y lagos		Cat.4 E2: Ríos costa y sierra	
		2008	2017	2008	2017
FISICO-QUIMICOS					
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 - 9,0	6,5 – 8,5	6,5 - 9,0
Temperatura	°c	---	Δ3	---	Δ3
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥5		≥5	
Conductividad	μs/cm	---	1 000	---	1 000
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	5*	13 **	10*	13 **
Nitrógeno total	mg/L	1,6	0,315	1,6	---
Sulfuros	mg/L	---	0,02	---	0,02
Fósforo total	mg/L	---	0,035	---	0,05
Amoniaco total (NH ₃)	mg/L	<0,02***	(1)****	0,02***	(1)****
INORGÁNICOS					
Antimonio	mg/L	0,61	0,64	1,6	0,64
Arsénico	mg/L	0,01	0,15	0,05	0,15
Bario	mg/L	0,7		0,7	
Cadmio	mg/L	0,004	---	0,004	---
Cadmio disuelto	mg/L	---	0,00025	---	0,00025

⁴² La UM Retamas administrada por la Minera Aurífera Retamas S.A., cuenta con un "Programa de Monitoreo de Calidad de Agua" el cual indica en su apartado 6.4.3. de la Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de la U.E.A. Retamas – Plan Integral para la Implementación de LMP de descarga de efluentes minero – Metalúrgicos y adecuación a los ECA para agua, aprobado mediante Resolución Directoral N° 397-2014-MEM/DGAAM; que el monitoreo de cuerpos receptores y efluentes se realizará con una frecuencia trimestral para los parámetros establecidos en los ECA Cat4 aprobados mediante D.S. 002-2008-MINAM para cuerpos receptores y los LMP aprobados mediante D.S. 010-2010-MINAM para efluentes mineros metalúrgicos.

⁴³ Según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, con el cual "Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias", en su: **Primera Disposición Complementaria Final. - Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados.** Indica que: "La aplicación de los ECA para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA) (...).

PARÁMETROS	UNIDAD	Cat.4 E1: Lagunas y lagos		Cat.4 E2: Ríos costa y sierra	
		2008	2017	2008	2017
Cobre	mg/L	0,02	0,1	0,02	0,1
Cromo hexavalente	mg/L	0,05	0,011	0,05	0,011
Mercurio	mg/L	0,0001		0,0001	
Níquel	mg/L	0,025	0,052	0,025	0,052
Plomo	mg/L	0,001	0,0025	0,001	0,0025
Selenio	mg/L	---	0,005	---	0,005
Talio	mg/L	---	0,0008	---	0,0008
Zinc	mg/L	0,03	0,12	0,03	0,12

* Valor establecido como Nitratos (N-NO₃⁻), según D.S. 002-2008-MINAM.

** En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃⁻-N), multiplicar el resultado por el factor 4,43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃⁻).

*** Valor establecido en como Nitrógeno amoniacal, según D.S. 002-2008-MINAM.

**** En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoniac-N (NH₃⁻-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoniac (NH₃⁻).

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoniac Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

Fuente: Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM y Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

7.3. Calidad de sedimentos

156. Para la evaluación de la calidad de sedimento, se consideró realizar una caracterización de los principales cuerpos de agua como son el río Llacubamba, laguna Blanca, y sus principales tributarios ubicados en el área de influencia de la UM Retamas.

7.3.1. Metodología para toma de muestras de sedimento

157. La toma de muestras de sedimentos, se realizó tomando en consideración los lineamientos y criterios generales establecidos en el "Manual de métodos de muestreo y preservación de muestras de las sustancias prioritarias para las matrices prioritarias del Programa Nacional de Monitoreo y Evaluación (PRONAME) del país de México (ver Tabla 7-7), mientras que el análisis de los parámetros fue desarrollado por laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Calidad – INACAL.

Tabla 7-7. Guías y protocolos de monitoreo para calidad de sedimentos evaluados en el área de influencia de la UM Retamas

Guía o protocolo	Sección	PAIS	Institución	Dispositivo legal	AÑO
Manual de métodos de muestreo y preservación de muestras de las sustancias prioritarias para las matrices prioritarias del PRONAME	3.4 Muestreo de sedimentos 3.4.6. Procedimientos de muestreo 3.4.6.1 Toma de muestras (pp. 33) 3.4.7. Preservación y traslado de las muestras al laboratorio (pp. 34)	MÉXICO	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC-CCA)	Uso Referencial	2010

7.3.2. Ubicación de puntos de monitoreo

158. En lo que respecta a la ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del sedimento de los principales cursos de agua ubicados en el área de influencia de la UM Retamas, se tomaron en consideración los mismos puntos de monitoreo propuestos para calidad de agua (cf. Tabla 7-1).

7.3.3. Parámetros evaluados y métodos de análisis

159. Para la selección de los parámetros a analizar, se tomó como referencia los Estándares de la Guía de Calidad Ambiental de Canadá – CEQG (*Canadian Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*, 2001), considerados para sedimentos de agua dulce. Sobre esta base se priorizó los parámetros relacionados con la actividad minera, siendo: Materia orgánica, cianuro total, cromo hexavalente, metales totales (incluyendo mercurio), así como parámetros de geoquímica ambiental. En ese sentido, la Tabla 7-8 presenta los parámetros y los métodos de ensayo ejecutados por el laboratorio acreditado.

Tabla 7-8. Parámetros y métodos de ensayo considerados para la evaluación de la calidad de sedimentos en el área de influencia de la UM Retamas

Parámetro	Método de ensayo	Técnica empleada
Materia orgánica	PEC-012	Análisis elemental
Cianuro total	EPA 9013 / SM 4500 CN-C, F Ed. 22	Método electrometría
Metales totales	EPA Método 200.8	Espectroscopia de Plasma ICP
Cromo Hexavalente	PP-205	Espectroscopia de Plasma ICP-OES
Azufre total	PE-4408	Análisis elemental
pH Pasta	PE-4416	Electrometría
Potencial de neutralización Sobek	PE-4407	Volumétrico
Potencial de acidez máximo (MPA)	PE-4407	Calculado
Ratio potencial de neutralización (RNP)	PE-4407	Calculado
Sulfato total	PE-4005	Análisis elemental
Sulfuro total	PE-4016	Calculado

Fuente: Laboratorio AGQ Perú S.A.C.

7.3.4. Estándares de comparación y análisis de datos

160. Debido a que el Perú aún no cuenta con Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para sedimentos, para el caso de los resultados de concentraciones de metales en sedimentos, estos fueron comparados referencialmente mediante gráficas de diagrama de barras con los estándares de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales (*Canadian Environmental Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life* – CEQG, 2001). Los mismos que consideran valores de calidad para siete metales, los cuales son: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc.
161. Los CEQG establecen dos tipos de valores: (i) *Interim Sediment Quality Guideline* (ISQG), que corresponde a límites por debajo de los cuales no se presentan efectos biológicos adversos y (ii) *Probable Effect Level* (PEL), que corresponden a concentraciones sobre las cuales los efectos biológicos adversos se encuentran con frecuencia (ver Tabla 7-9).

Tabla 7-9. Valores estándar para metales en sedimentos de agua dulce, según la norma canadiense CEQG

Parámetro	Norma Canadiense (CEQG)	
	ISQG (mg/ kg)	PEL (mg/ kg)
Arsénico	5,9	17
Cadmio	0,6	3,5
Cromo	37,3	90
Cobre	35,7	197
Mercurio	0,17	0,486
Plomo	35	91,3
Zinc	123	315

Fuente: Canadian Council of Ministers of the Environmental (CCME, 1999, actualizado en 2001)

162. La interpretación de los resultados de prueba ABA, la cual se ha aplicado a la presente evaluación, se basa en el Potencial de Neutralización Neta (PNN), según de muestra en la Figura 7-2. En teoría, una muestra es generadora neta de ácido si su PNN es menor que cero. Sin embargo, la experiencia demuestra que valores de PNN entre -20 y +20 toneladas de CaCO_3 /1000 toneladas de muestra (-2 a 2% de CaCO_3) pueden ser generadores de ácido. Este rango de incertidumbre puede atribuirse a errores inherentes a los procedimientos de prueba, a las conversiones a acidez total, a error analítico y al tamaño pequeño de la muestra

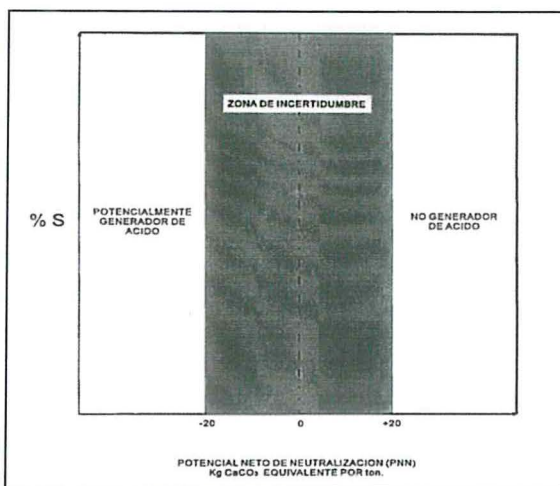


Figura 7-2. Interpretación de pruebas de balance ácido-base por PNN

Fuente: MEM, 1997

163. Experiencia más reciente demuestra que, además del valor PNN, también debería considerarse la proporción entre PN y PA, según se muestra en la Figura 7-3. Las muestras con un potencial de neutralización de 2 a 3 veces mayor que su potencial de acidez, pueden ser como consumidoras de ácido. Es probable que las muestras con una proporción menor que 1:1 (es decir: $\text{PNN} < 0$) generen acidez. Sin embargo, como pauta general, las muestras con proporciones dentro del rango de 1:1 a 3:1 no son ni claramente generadoras ni consumidoras de ácido, debido a otros factores que influyen en el potencial de generación de ácido.

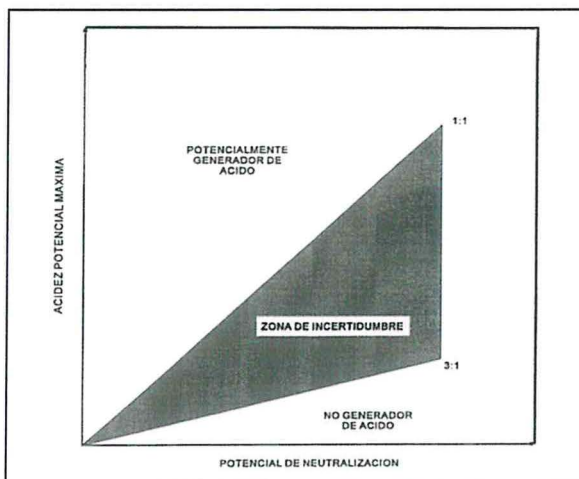


Figura 7-3. Interpretación de prueba de balance ácido-base a una relación PN:PA

Fuente: MEM, 1997

7.4. Comunidades hidrobiológicas

7.4.1. Metodología para la colecta de muestras hidrobiológicas

164. De acuerdo con las características observadas en campo de los puntos de monitoreo para aguas superficiales y sedimento del área de influencia de la UM Retamas, y considerados los parámetros fisicoquímicos tomados *in situ*, se propusieron los puntos de monitoreo de comunidades hidrobiológicas.
165. La colecta de muestras hidrobiológicas para comunidades de perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces, tuvo como base metodológica las técnicas de toma de muestra descritas en el manual de "Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú", dada por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y el Museo de Historia Natural (UNMSM-MHN, 2014).



7.4.2. Desarrollo del monitoreo

166. Antes de iniciar con el desarrollo del muestreo, se prepararon los materiales y equipos. Una vez ubicado el punto de monitoreo, se procedió a identificar los riesgos y peligros contraproducentes a la toma de muestras y a la vida como son dificultad e inaccesibilidad al punto de monitoreo, presencia de orillas inestables, arrastre de la corriente del agua, entre otras más. Para la toma de muestras, se utilizaron guantes descartables. Luego de culminar la toma de muestras, los materiales descartables fueron acopiados en bolsas de plástico, para posteriormente ser dispuestos en un contenedor de residuos sólidos.
167. Como se mencionó en el párrafo precedente, entre los materiales principales que se prepararon fueron dos redes surber de abertura de malla de 500 μm con un área de muestreo de 0,09 m^2 , dos redes D-net con mango desenroscable, dos redes de arrastre a orilla de 10 m de largo y 3 m de profundidad con una abertura de malla de 5 mm, dos redes cal cal para pesca de 40 cm x 30 cm, dos atarrayas de 5 m x 3,5 m con 10 mm de abertura, dos pares de guantes industriales de manga larga (por encima del codo) de talla M, dos cepillos de dientes para raspado del perifiton, dos espátulas de acero inoxidable de 2" para el raspado de perifiton, dos pinzas de relojero (pinza recta N° 1), cintas teflón de 12 m de espesor, cintas duck tape plateadas de dimensiones de 2" x 55 m, una caja de bolsas de polietileno con cierre hermético de color transparente y de 22,5 cm x 18 cm, dos baldes de polipropileno transparente de 10 litros, 20 litros de agua destilada, cintas de embalaje de 2" x 73 m y dos trajes aislantes tipo waders (neopreno). Mientras que, entre los equipos que se prepararon fueron: dos balanzas grameras de bolsillo (0,1 gr a 500 gr) con función tara, dos cámaras fotográficas digitales (waterproof) y dos equipos de posicionamiento GPS.
168. Por cada punto de monitoreo ubicado, se procedió a usar guantes descartables durante la toma de muestras. La toma de muestra se realizó tanto en el cauce principal como en la orilla del cuerpo de agua, para así obtener una muestra representativa. La toma de muestras de perifiton requirió de realizar raspados con un cepillo o cuchilla de distintas áreas que sumaron un área total de 15 cm^2 , esto de acuerdo con los tipos de sustratos encontrados, como sustratos duros removibles (canto rodado y piedras irregulares) y sustratos duros no removibles




C.


Z

@

B

(arbustos y raíces). Lo colectado se trasvasó a un frasco de polietileno de 250 mL enrasando hasta 200 mL de agua destilada y fijada con formaldehído (al 5 % de concentración) en una proporción de 50 mL de formalina por litro de muestra. Posteriormente se procedió a sellar el frasco con ayuda de una cinta teflón entre la tapa y la contratapa. Al terminar las labores de monitoreo, se lavaron y secaron los materiales utilizados para evitar una contaminación cruzada.

- 
169. La toma de muestras de macroinvertebrados bentónicos realizado solo en la primera evaluación hidrobiológica (marzo del 2017), requirió del uso de una red Surber. Esta red consta de un marco metálico de 30 x 30 cm (superficie de 0,09 m²), a la cual está sujeta una red de unos 80 cm de longitud y con una abertura de malla de aproximadamente 500 µm. Esta red fue colocada sobre el fondo y en contra de la corriente, removiéndose el sustrato con la finalidad que los organismos asociados al sustrato queden atrapados en la red. Se realizaron tres muestreos con red Surber conformando una muestra compuesta con una superficie de muestreo final 0,27 m². El material colectado fue vaciado en un frasco de boca ancha de 500 mL, preservándose con alcohol al 70% v/v. Posteriormente se procedió a sellar el frasco con ayuda de una cinta teflón entre la tapa y la contratapa. Al terminar las labores de monitoreo, se lavó la malla utilizada, para evitar que los residuos puedan contaminar otros puntos de monitoreo.

- 
170. Para la captura de peces, se tuvo en consideración hábitats potenciales como lugares de refugio y zonas con vegetación sumergida. En los puntos de muestreo donde se pudo ingresar a los cuerpos de agua se empleó el método de pesca activo⁴⁴ con atarraya, realizándose 7 lances. La dimensión de la atarraya fue de 3 m de diámetro, 3,5 m de largo con 10 mm de abertura. Los ejemplares colectados serían identificados *in situ*, en el caso de tener una colecta efectiva.

- 4.
171. Para garantizar la representatividad de los resultados, se realizó una adecuada manipulación de las muestras colectadas, siendo posteriormente almacenadas en coolers limpios y transportadas bajo refrigeración para su análisis. Las cadenas de custodia fueron colocadas y transportadas dentro de los coolers, las mismas que se encuentran adjuntas en el reporte de campo (ver Anexo 2).

- 7
- e
172. De igual manera, con la finalidad de caracterizar los puntos de monitoreo hidrobiológicos evaluados, se realizó el llenado de hojas de campo, en las cuales se describen complementariamente las características del hábitat y las condiciones ambientales durante la evaluación de cada uno de los puntos de monitoreo también adjuntos en los reportes de campo de comunidades hidrobiológicas (ver Anexo 2).

7.4.3. Ubicación de los puntos de monitoreo

173. En lo que respecta a la ubicación de los puntos de monitoreo de comunidades hidrobiológicas de perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces de los principales cursos de agua ubicados en el área de influencia de la UM Retamas, se tomaron en consideración los mismos puntos de monitoreo propuestos para calidad de agua y sedimentos (cf. Tabla 7-1).

⁴⁴ Según Cochare (2005), (...) La captura de peces con artes de pesca activos se basa en la persecución dirigida de las especies objeto de la pesca en combinación con diferentes maneras de capturarlas (...).

7.4.4. Análisis de datos

174. En esta sección se describen las variables consideradas para el desarrollo del presente informe. Estas variables pueden ser ambientales como los parámetros fisicoquímicos tomados *in situ*, o biológicas como son la composición, riqueza y abundancia, índice de diversidad alfa e índice de diversidad beta obtenidos en base a los reportes emitidos en los análisis de identificación.

7.4.4.1. Composición, riqueza y abundancia

175. Se representó la clasificación taxonómica (phylum, clase, orden, familia y especie) de las comunidades del perifiton (microalgas y microorganismos), de macroinvertebrados bentónicos y de peces evaluados en la U.M. Retamas. Esta clasificación taxonómica se encuentra de forma sistematizada en los reportes de resultados de laboratorio (ver Anexo 3).

176. La evaluación de la riqueza y la abundancia de la comunidad del perifiton (microalgas y microorganismos) se desarrolló en base a la categoría taxonómica phylum. La evaluación de la riqueza y la abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y de peces se desarrolló en base a la categoría taxonómica orden.

177. Es necesario indicar que los resultados de abundancia se analizaron en base a la densidad de la muestra, representándose los resultados para perifiton (microalgas y microorganismos) en org/cm², para macroinvertebrados bentónicos en org/0,27m² y para peces en base al número de individuos. Para ello se utilizó el programa Excel, donde se sistematizó los nombres y números de cada especie por cada punto de monitoreo reportado por los laboratorios, enseguida se hizo las representaciones mediante gráficas acumuladas por grupo de evaluación analizado.

7.4.4.2. Diversidad alfa

178. Para la evaluación de diversidad de especies (diversidad alfa) se utilizaron los índices de diversidad verdadera (Números de Hill) en base al número de especies de cada punto de monitoreo para cada comunidad hidrobiológica. Para ello se usó la variable N1 como la modificación del índice Shannon (H') (Jost, 2006) que tiene como fórmula:

$$N1 = \exp(H')$$

179. Donde H es el índice de Shannon; por otro lado, se usó la variable N2 como la modificación del índice de Simpson (D) (Jost, 2006) que tiene como fórmula:

$$N2 = \frac{1}{\text{Índice de Simpson}}$$

180. Por último, se desarrolló el índice de equidad de Pielou, el cual mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Pielou, 1975; Peet, 1974)



4.
2
@
f

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

181. Donde J' es el índice de equidad de Pielou, H' = índice de iversidad de Shannon-Wiener, H' max = Ln(S) y S = número de especies.

7.4.4.3. Diversidad beta

182. Para la evaluación de diversidad beta se utilizó el coeficiente de similitud de Bray Curtis en base a la similitud de especies entre puntos de monitoreo para cada comunidad hidrobiológica. Para determinar el índice de Bray Curtis se empleó la fórmula:

$$IBC = 1 - \frac{(\sum xi - yi)}{(\sum xi + yi)}$$

183. Donde IBC es el índice de Bray Curtis, xi = abundancia o densidad de especies i en un conjunto 1 y yi = abundancia de las especies en el otro.

184. Para facilitar el análisis de los valores de similitud de manera visual, se procedió a la elaboración de dendogramas mediante la unión de pares promedio (Sokal y Michener, 1958; Crisci y López, 1983) utilizando el programa estadístico PAST (Hammer *et al.*, 2001). Esta gráfica resume la similitud de las especies entre dos estaciones de monitoreo.

7.4.4.4. Estado ecológico de los hábitats acuáticos

185. El estado ecológico de los hábitats acuáticos se realizó a través del índice biótico Andean Biotic Index, denominado como ABI, según Acosta *et al.*, 2009 con la lista taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos, ya que este índice utiliza las valoraciones designadas a familias.

186. El índice ABI, forma parte del Protocolo de Evaluación de la Calidad Ecológica de los Ríos Andinos (CERA) (Acosta *et al.*, 2009). Este índice se desarrolló en la cuenca alta y media del río Cañete (Lima, Perú) el cual cuenta también con ecosistemas de puna. Toma en cuenta la presencia de macroinvertebrados bentónicos a nivel de familia. La clasificación adaptada para el Perú de acuerdo a la puntuación obtenida de la sumatoria de los valores de cada familia se resume en la Tabla 7-10 y en la Tabla 7-11.

Tabla 7-10. Clasificación de las aguas y significado ecológico de acuerdo al índice ABI

Taxa	Puntaje	Taxa	Puntaje	Taxa	Puntaje
Helicopsychidae	10	Libellulidae	6	Baetidae	4
Calamoceratidae	10	Coenagrionidae	6	Belostomatidae	4
Odontoceridae	10	Hyalellidae	6	Dixidae	4
Anomalopsychidae	10	Turbellaria	5	Dolichopodidae	4
Leptophlebiidae	10	Ptilodactylidae	5	Stratiomyidae	4
Oligoneuridae	10	Lampyridae	5	Empididae	4
Polythoridae	10	Psephenidae	5	Hirudinea	3
Perlidae	10	Scirtidae	5	Physidae	3
Gripopterygidae	10	Elmidae	5	Hydrobiidae	3
Blepharoceridae	10	Dryopidae	5	Limnaeidae	3

Taxa	Puntaje	Taxa	Puntaje	Taxa	Puntaje
Athericidae	10	Hydraenidae	5	Planorbidae	3
Leptoceridae	8	Simuliidae	5	Sphaeriidae	3
Polycentropodidae	8	Tipulidae	5	Ostracoda	3
Hydroptilidae	6	Veliidae	5	Staphylinidae	3
Xiphocentronidae	8	Gerridae	5	Gyrinidae	3
Hydrobiosidae	8	Corixidae	5	Dytiscidae	3
Gomphidae	8	Notonectidae	5	Hydrophilidae	3
Calopterygidae	8	Hydropsychidae	5	Psychodidae	3
Philopotamidae	8	Naucoridae	5	Chironomidae	2
Glossosomatidae	7	Pylalidae	4	Culicidae	2
Leptohipidae	7	Tabanidae	4	Muscidae	2
Limnephilidae	7	Limoniidae	4	Ephyridae	2
Ancylidae	6	Ceratopogonidae	4	Oligochaeta	1
Aeshnidae	6	Hydracarina	4	Syrphidae	1

Fuente: Acosta *et al.*, 2009

Tabla 7-11. Estado ecológico de las aguas de acuerdo con la puntuación del índice ABI

ABI	Estado ecológico
>74	Muy bueno
45 – 74	Bueno
27 – 44	Moderado
11 – 26	Malo
<11	Pésimo

Fuente: Acosta *et al.*, 2009

7.4.4.5. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)

187. Para determinar la relación entre las variables ambientales y la comunidad hidrobiológica de los macroinvertebrados bentónicos en el área de influencia de la Unidad Minera Retamas se realizó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) utilizando el programa estadístico PAST (Hammer *et al.*, 2001). Dicho análisis aportará información importante sobre el porcentaje de variabilidad de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos que puede ser explicado por el efecto de las variables ambientales.
188. Para el análisis fueron seleccionadas como variables biológicas aquellas que presentaron una Abundancia Relativa (A.R.) $\geq 3\%$ para ambientes lóticos (Grupo I y Grupo II) y una A.R. $\geq 1\%$ para ambientes lénticos (Grupo III), así como una Frecuencia Relativa (F.R.) $\geq 30\%$ en relación al total de puntos evaluados por grupo de evaluación (Grupo I, Grupo II y Grupo III) de la Unidad Minera Retamas. Cabe indicar que se consideró una A.R. $\geq 1\%$ en ambientes lénticos, debido a una alta A.R. de dos especies, lo cual influye en los resultados de A.R. del resto de especies del grupo de evaluación.
189. Por otro lado, las variables ambientales correspondieron a los siete metales considerados en los estándares de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales (*Canadian Environmental Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life – CEQG*, 2001) como son arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc. Los datos de los parámetros utilizados fueron previamente transformados a $\text{Log}(x + 1)$.

7.5. Medición de condiciones meteorológicas

190. Como parte de las actividades de evaluación ambiental en el ámbito de influencia de la UM Retamas, se evaluaron las condiciones meteorológicas de la zona a manera de poder comprenderlas como variables importantes dentro de los mecanismos de transporte como la dispersión de los agentes contaminadores, entre los que destacan la velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa y la presión atmosférica.

7.5.1. Metodología para la medición de condiciones meteorológicas

191. El monitoreo de las condiciones meteorológicas se realizó de acuerdo a las guías y protocolos de monitoreo para calidad de aire y emisiones, elaborados por instituciones nacionales. En tal sentido, la Tabla 7-12, nos muestra a detalle estos documentos de referencia.

Tabla 7-12. Guías y protocolos de monitoreo para calidad de aire, utilizados para la medición de parámetros meteorológicos en el área de influencia de la UM Retamas

MATRIZ	Guía o protocolo	PAIS	Institución	Dispositivo legal	AÑO
AIRE	Protocolo de monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos	PERÚ	MINSA - DIGESA	Resolución Directoral N° 1404-2005-DIGESA-SA	2005
	Protocolo de monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones - Subsector minería		MINEM	Elaborado en cumplimiento de la Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM	1996

192. Una vez ubicado el punto de monitoreo, se procedió a instalar la estación meteorológica a 2 m de altura por encima del nivel del suelo, con el detector de la dirección del viento al norte verdadero y no el magnético, para cada una de los elementos meteorológicos medidos se empleó un equipo automático con sensores electrónicos, las señales de medición de los parámetros meteorológicos se almacenaron en el datalogger, el tipo de muestreo fue automático, registrándose los valores promedio cada hora, durante 24 horas.

193. Culminada el periodo de medición de las condiciones meteorológicas, se procedió a la conexión del datalogger a la computadora para descargar la data respectiva, los certificados de calibración de los sensores usados, así como la data recolectada se encuentra en los reportes de campo adjuntos en el presente informe (ver Anexo 2)

7.5.2. Puntos de monitoreo

194. La ubicación y coordenadas de los seis puntos de monitoreo de condiciones meteorológicas en el área de influencia de la UM Retamas, se establecieron tomando como referencia los puntos declarados en los IGA del administrado (cf. Tabla 7-13), los cuales cumplían con criterios como el acceso a corriente energético y condiciones de seguridad para el equipo.

Tabla 7-13. Ubicación y coordenadas de los puntos de monitoreo de parámetros meteorológicos ubicados en el ámbito de la UM Retamas, administrada por MARSA.

Punto de Muestreo	Coordenadas UTM – DATUM WGS84 Zona 18L		Descripción del punto
	Este (m)	Norte (m)	
ECA-1	233 695	9 108 882	Parte superior de la relavera de flotación y cianuración. Barlovento.
ECA-2	232 465	9 109 125	Parte inferior de la relavera de flotación y cianuración. Sotavento
ECA-3	231 769	9 108 375	Campamento de obreros y empleados.
ECA-4	230 022	9 110 628	Zona casa tapial, parte baja de las operaciones de Chilca. Sotavento.
ECA-5	227 863	9 111 527	PTARM Far West R – 2, ubicado en barlovento.
ECA-6	230 394	9 110 430	Zona alta - operaciones Las Chilcas. Barlovento.

Fuente: Primer Informe Técnico Sustentatorio Proyecto de Ampliación de la Planta de Beneficio San Andrés Ampliado y Cambio de Ruta de Transporte de Relaves de la U.E.A. Retamas, aprobado mediante Resolución Directoral N° 124-2016-SENACE/DCA, el 07 de diciembre de 2016

8. RESULTADOS Y ANALISIS

195. Con la finalidad de tener una mejor interpretación de los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de los componentes de agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas, así como factores ambientes relevantes como las condiciones meteorológicas, geología y niveles piezométricos, se ha delimitado en tres grupos ubicados dentro de la microcuenca del río Llacuabamba, tomando en consideración los criterios descritos en el párrafo 45 y representados en la Figura 5-2. Dicha distribución se muestra a continuación en la Figura 8-1.

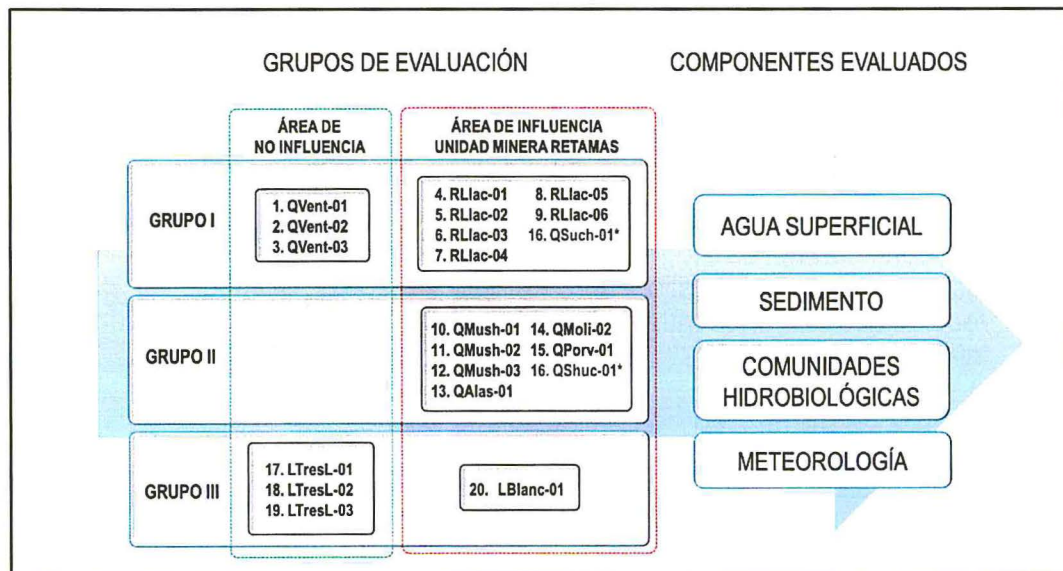


Figura 8-1. Distribución de los grupos de evaluación y componentes evaluados considerados en la evaluación ambiental en el área de influencia de la UM Retamas, durante el año 2017

(*) El punto de monitoreo QShuc-01 se ubica en la quebrada Shucaque, el cual confluye con la quebrada Ventanas para formar el río Llacuabamba (Grupo II). Esta quebrada proviene de la zona de UM Retamas (Grupo I)

196. De acuerdo con la Figura 8-1, se pudo organizar los 20 puntos de monitoreo (16 en cuerpos lóticos y 4 en cuerpos lenticos) en tres grupos de evaluación distribuidos dentro y fuera del área de influencia de la UM Retamas. Una vez establecida la agrupación de los puntos, se prosiguió a realizar una comparación de los resultados obtenidos. Por un lado, aquella normativa de comparación establecida para algunos componentes ambientales según sus IGA y por otro lado, aquella normativa nacional e internacional usada de forma referencial.

8.1. Comparación con el ECA para agua aprobado en el Instrumento de Gestión Ambiental de Minera Aurífera Retamas S.A.

197. Con respecto a la comparación de los resultados obtenidos de los diferentes componentes ambientales evaluados (*i.e.* agua superficial, sedimento e hidrobiología), Minera Aurífera Retamas S.A., cuenta dentro de su "Programa de Monitoreo Ambiental", con el "Programa de Monitoreo de Calidad de Agua", el cual indica en su apartado 6.4.3. de la "Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de la U.E.A. Retamas – Plan Integral para la Implementación de LMP de descarga de efluentes minero – Metalúrgicos y adecuación a los ECA para agua", aprobado mediante Resolución Directoral N° 397-2014-MEM/DGAAM; que el monitoreo de cuerpos receptores se realizará con una frecuencia trimestral para la Categoría 4 ECA Cat4 aprobados mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. A continuación, se presentan solo los resultados de las tres agrupaciones de puntos en comparación con el ECA para agua antes mencionado.

8.1.1. Resultados para el Grupo I

198. La primera agrupación (Grupo I), corresponde a 9 puntos de monitoreo que inician en la parte alta de la microcuenca del río Llacuabamba, conformados inicialmente por los puntos QVent-01, QVent-02 y QVent-03 de la quebrada Ventanas (afluente de la margen derecha del río Llacuabamba, ubicada fuera del área de influencia de las actividades de la UM Retamas.

199. A continuación, el grupo estuvo conformado por los puntos RLIac-01, Llac-02, RLIac-03, RLIac-04, RLIac-05 y RLIac-06 del río Llacuabamba, todos estos ubicados dentro del área de influencia donde se desarrollan actividades por parte del administrado. Es conveniente mencionar que a lo largo del río Llacuabamba, se ubican tres de los cuatro vertimientos autorizados por la ANA (*cf.* Tabla 6-7), con un régimen de descarga de tipo continuo⁴⁵. Con respecto al punto de monitoreo QShuc-01, es importante mencionar que se consideró a fin de poder analizar el aporte que presentaría las aguas provenientes de la zona de operaciones de la UM Retamas al confluir sus aguas con las de la quebrada Ventanas conformando así al río Llacuabamba. Respecto a los resultados de la calidad ambiental del agua superficial, estos se presentan a continuación. En primera instancia, los resultados correspondientes a parámetros de campo determinados *in situ*, seguido de los resultados obtenidos a partir de parámetros analizados en laboratorios acreditados por INACAL.

45

De estos tres vertimientos, son los provenientes de sistemas de tratamientos de efluentes mineros metalúrgicos, los cuales presentan un volumen y caudal de descarga otorgado de relevancia:

- Para el vertimiento P-7 / E-11, el volumen anual de descarga otorgada es de 4 058 683 m³, con un caudal de 128,7 l/s. Mientras que, para el vertimiento P-10 / E-20, el volumen anual de descarga otorgado es de 7 101 907 m³, con un caudal de 128,7 l/s. El tercer vertimiento es de aguas residuales domesticas tratadas.

8.1.1.1. Análisis de los resultados de los parámetros de campo

200. Para el análisis de los resultados de los parámetros de campo, estos fueron extraídos a partir del reporte de campo de la calidad de agua superficial adjunto en el Anexo 3. En tal sentido, el global de los resultados obtenidos y su comparación con los ECA Cat.4 E2 del año 2008, se exponen a continuación.
201. Referente a los parámetros de campo regulados por el ECA 2008 (*i.e.* pH y oxígeno disuelto), no se observó superación alguna para los valores y/o rangos establecidos en ambos estándares de calidad para agua. Por lo antes mencionado, no se vio la necesidad de presentar los resultados de manera gráfica, sino más bien mediante una tabla resumen (ver Tabla 8-1), complementada por una breve descripción tal como se presentan a continuación.

Tabla 8-1. Resultados de parámetros de campo para calidad de agua superficial del Grupo I, comparados con el ECA Cat.4 E2 del año 2008

Puntos de monitoreo		Parámetros de campo			
		Potencial de hidrógeno (pH)	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
GRUPO I	QVent-01	7,25	168,7	6,81	13,8
	QVent-02	7,99	174,7	6,96	13,2
	QVent-03	7,54	188,4	7,11	13,8
	QShuc-01	7,79	421	7,65	11,6
	RLlac-01	7,64	227	7,01	13,0
	RLlac-02	7,79	304	7,71	10,3
	RLlac-03	7,77	343	6,99	12,9
	RLlac-04	7,81	355	7,03	12,5
	RLlac-05	7,85	399	7,87	12,7
	RLlac-06	7,80	389	7,55	14,0
ECA Cat.4 E2 (2008)⁽ⁱ⁾		6,5 – 8,5	---	≥ 5	---

(i) Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4 Subcategoría E2: Conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (D.S. N° 002-2008-MINAM).

202. De acuerdo con la Tabla 8-1, los valores de potencial de hidrógeno (pH) se encontraron entre 7,25 a 7,99 unidades de pH; mientras que los datos de conductividad eléctrica (CE) variaron de 168,7 a 421 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Por otro lado, de todos los puntos evaluados se observó un rango de oxigenación de entre 6,81 a 7,87 mg/L. Sobre lo base de lo expuesto, se podría entender que no se observó problemas de acidez en los cuerpos de agua evaluados. Sin embargo, esta no es condición determinante para descartar la presencia y disponibilidad de algunos metales de origen antrópico, así como de origen natural.

8.1.1.2. Análisis de los resultados de los parámetros determinados en laboratorio

203. El Anexo 3, contempla las tablas de data sistematizada correspondiente a los resultados tanto de parámetros inorgánicos como de parámetros fisicoquímicos de calidad de agua superficial. Partiendo de las tablas antes mencionadas, se exponen a continuación las representaciones gráficas de aquellos parámetros evaluados que contemplan valores que excedieron los establecidos para el ECA Cat.4 del año 2008.

a. Arsénico (As)

204. En la Figura 8-2, se presentan los resultados de las concentraciones de arsénico para el Grupo I. De esta figura, se observa que las concentraciones de arsénico obtenidas en las muestras de agua superficial de los puntos QShuc-01 (tributario de la margen izquierda del río Llacuabamba, con aguas provenientes de la zona de operaciones de la UM Retamas), RLlac-02, RLlac-03, RLlac-04, RLlac-05 y RLlac-06, superaron el ECA Cat.4 E2 (*i.e.* 0,05 mg/L). Mientras que, los tres puntos de monitoreo ubicados en la quebrada Ventanas (parte alta de la microcuenca del río Llacuabamba) y el punto RLlac-01, se encontraron por debajo de lo establecido en el ECA, incluso presentando valores por debajo del límite de cuantificación en 2 de los 4 puntos mencionados (*i.e.* QVent-01 y QVent-02).

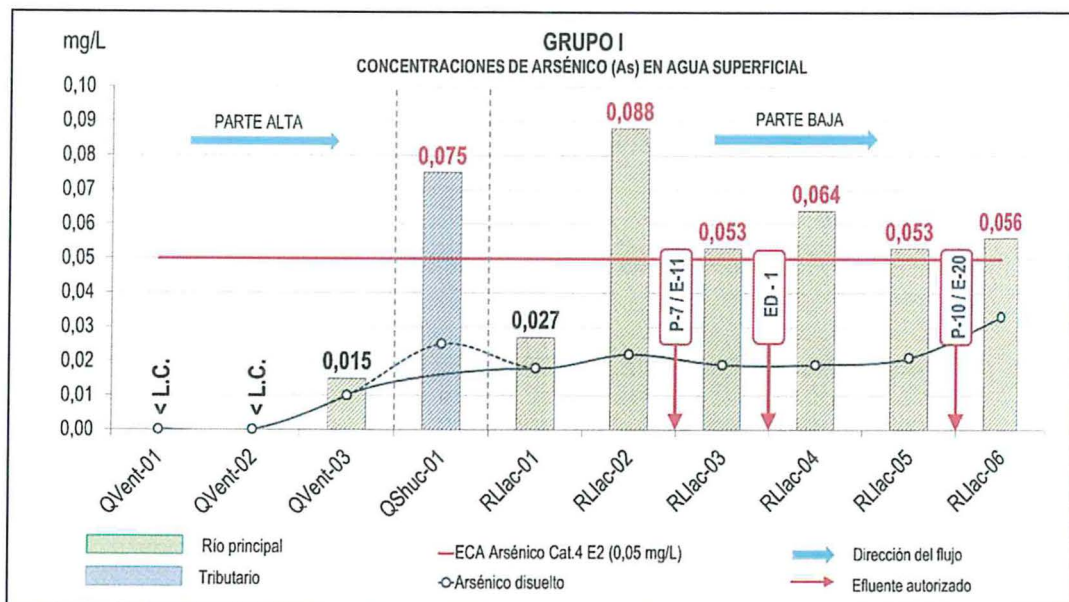


Figura 8-2. Concentraciones de arsénico total y disuelto del Grupo I, comparadas con el ECA para agua de conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (Cat.4 E2)

205. Por otro lado, la misma representación nos muestra la tendencia de las concentraciones de arsénico disuelto, cuyos valores no son comparables con el ECA de agua por no presentar valor establecido, pero que si nos permite visualizar una referencia de cómo se encuentra la dinámica de su fluctuación en los puntos con presencia de este metal en concentraciones totales. En tal sentido, se pudo observar que estas se encuentran en tendencia creciente partiendo desde la cabecera de microcuenca (*i.e.* QVent-01), hasta la parte baja de la misma (*i.e.* RLlac-06), salvo el punto QShuc-01 (líneas punteadas) que representa al aporte del tributario proveniente de la zona de operaciones de la UM Retamas.

b. Plomo (Pb)

206. Prosiguiendo con el análisis, la Figura 8-3 representa gráficamente los resultados de las concentraciones de plomo para el Grupo I. De esta figura, se observa que las concentraciones de este metal superaron al ECA Cat.4 E2 (*i.e.* 0,001 mg/L), en los mismos puntos que presentaron superación alguna para arsénico. Mientras que, los tres puntos de monitoreo ubicados en la quebrada Ventanas (parte alta de la microcuenca del río Llacuabamba) y el punto RLlac-01, también se encontraron por debajo de lo establecido en el ECA al igual que el arsénico, pero

en esta ocasión presentando valores por debajo del límite de cuantificación en los 4 puntos (*i.e.* QVent-01, QVent-02, QVent-03 y RLlac-01).

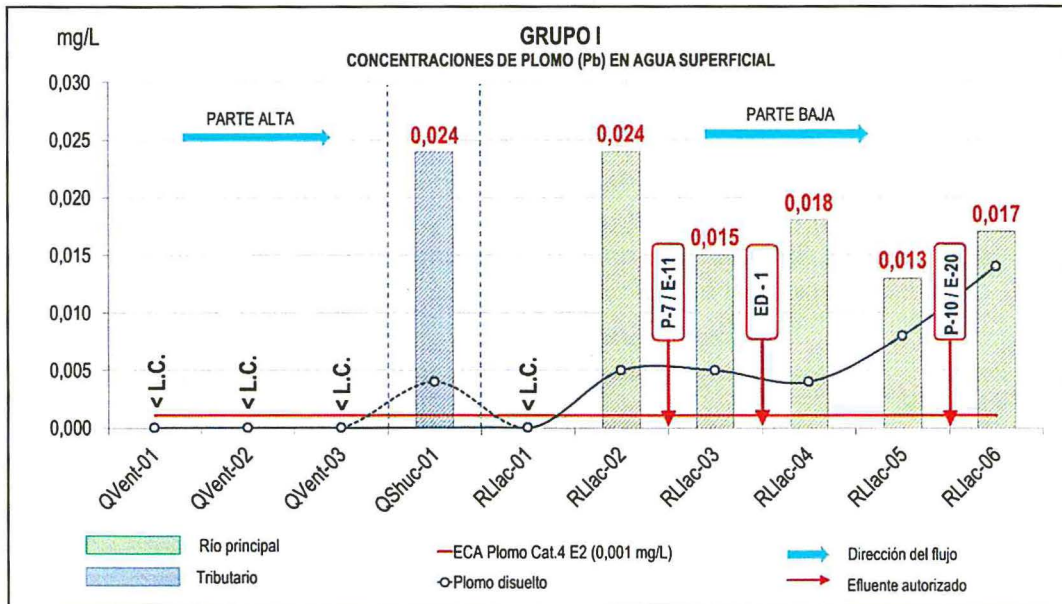


Figura 8-3. Concentraciones de plomo total y disuelto del Grupo I, comparadas con el ECA para agua de conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (Cat.4 E2)

207. Por otro lado, la tendencia de las concentraciones de plomo disuelto, cuyos valores tampoco son comparables con el ECA de agua por no presentar valor establecido, nos permite visualizar que estas exponen una tendencia muy similar a la que presenta el arsénico disuelto, partiendo igualmente desde la cabecera de microcuenca (*i.e.* QVent-01), hasta la parte baja de la misma (*i.e.* RLlac-06), también a excepción del punto QShuc-01 (líneas punteadas) que representa al aporte del tributario proveniente de la zona de operaciones de la UM Retamas.

c. Zinc (Zn)

208. El tercer metal pesado del Grupo I que presentó concentraciones superiores al ECA, fue el zinc. La Figura 8-4 representa gráficamente los resultados de este metal. De la representación, se observa que las concentraciones de este elemento superaron al ECA Cat.4 E2 (*i.e.* 0,03 mg/L), en los mismos puntos que presentaron superación alguna para arsénico y plomo, pero también adicionalmente para el punto RLlac-01 (0,036 mg/L). Mientras que, los tres puntos de monitoreo restantes ubicados en la quebrada Ventanas (parte alta de la microcuenca del río Llacuabamba), también se encontraron por debajo de lo establecido en el ECA Cat.4 E2 al igual que ocurrió con el arsénico y plomo en su momento, pero en esta ocasión si presentando valores tangibles superiores al límite de cuantificación (*i.e.* 0,007 mg/L para QVent-01; 0,006 mg/L para QVent-02 y 0,025 mg/L para QVent-03).

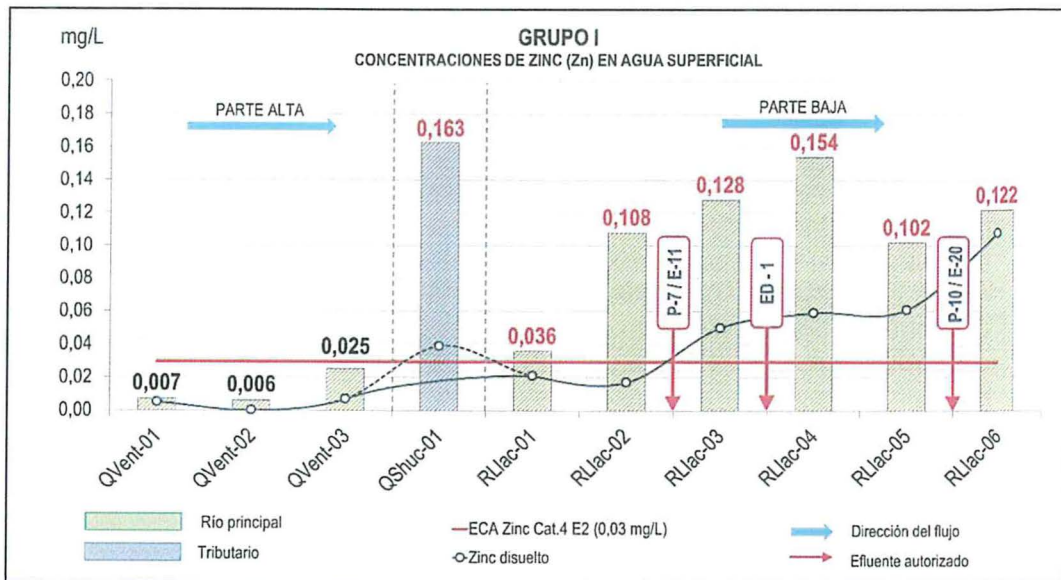


Figura 8-4. Concentraciones de zinc total y disuelto del Grupo I, comparadas con el ECA para agua de conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (Cat.4 E2)

209. Por otro lado, la tendencia de las concentraciones de zinc disuelto, cuyos valores tampoco son comparables con el ECA de agua por no presentar valor establecido, nos permite visualizar que estas exponen una tendencia muy similar a la que presentan tanto el arsénico como el plomo disuelto, partiendo igualmente desde la cabecera de microcuenca (i.e. QVent-01), hasta la parte baja de la misma (i.e. RLlac-06). Como ya se viene manifestando con anterioridad, la tendencia del punto QShuc-01 (líneas punteadas), representa el aporte de las aguas provenientes de la zona de operaciones de la UM Retamas al río Llacuabamba.

d. Bario (Ba), cadmio (Cd), cobre (Cu) y níquel (Ni)

210. En lo que respecta a los demás metales considerados en el ECA Cat.4 E2 del año 2008; es decir bario, cadmio, cobre y níquel, estos presentaron concentraciones por debajo de sus valores regulatorios para metales totales (i.e. 0,7 mg/L para Ba; 0,004 mg/L para Cd; 0,02 mg/L para Cu y 0,03 mg/L para Ni), en todos los puntos considerados del Grupo I (cf. Figura 8-1), incluyendo a su afluente de la margen izquierda (QShuc-01), que aporta las aguas provenientes de la zona de operaciones de la UM Retamas.

211. No obstante, es importante mencionar que en los puntos de monitoreo RLlac-02, RLlac-03, RLlac-04, RLlac-05 y RLlac-06, y su afluente QShuc-01, presentaron valores cuantificables para Cd, Cu y Ni a diferencia de los puntos de monitoreo ubicados en el área de no influencia de las operaciones de la UM Retamas (cf. Figura 8-1), los cuales presentaron valores por debajo del límite de cuantificación en estos tres metales específicamente.

e. Mercurio (Hg) y cromo hexavalente (Cr VI)

212. Tanto para el caso del mercurio (Hg), como de cromo hexavalente (Cr VI), ambos presentaron valores que se encontraron por debajo del límite de cuantificación en todos los puntos de monitoreo correspondientes. En efecto, se entiende que estos

se encuentran por debajo de los valores establecidos para el ECA Cat.4 E2 del año 2008 (*i.e.* 0,0001 mg/L para Hg y 0,05 mg/L para Cr VI).

f. Nitrógeno amoniacal (N-NH₃)

213. Finalmente, de la Figura 8-5 se desprende que las concentraciones de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) obtenidas en las muestras de agua superficial de los puntos QVent-01, QShuc-01 y los seis puntos de monitoreo ubicados en el río Llacuabamba, superaron el ECA Cat.4 E2 del año 2008 (*i.e.* 0,02 mg/L), con un rango de variación de entre los 0,05 a 0,22 mg/L. Mientras que, los puntos QVent-02 y QVent-03 de la quebrada Ventanas, presentaron el mismo valor de concentración de N-NH₃ (*i.e.* 0,02 mg/L), el mismo que no superaría al ECA.

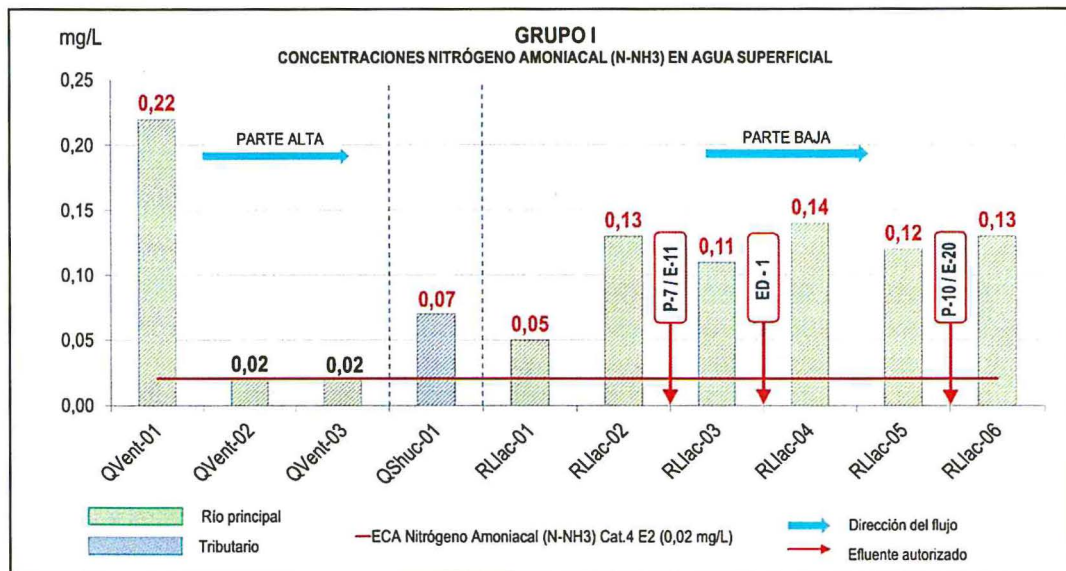


Figura 8-5. Concentraciones de nitrógeno amoniacal del Grupo I, comparadas con el ECA ara agua de conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (Cat.4 E2)

8.1.2. Resultados para el Grupo II

214. La segunda agrupación (Grupo II), corresponde a 7 puntos de monitoreo ubicados a la margen izquierda de la naciente del río Llacuabamba, es decir al río Porvenir también denominado quebrada Shucaque (QShuc-01) y sus afluentes ubicados dentro del área efectiva de las actividades de la UM Retamas (*cf.* Figura 5-2 y Figura 8-1). Entre los principales cuerpos de agua que conforman este grupo, se encuentran a la quebrada Mush Mush con los puntos de monitoreo QMush-01, QMush-02 y QMush-03, quebrada Alaska (QAlas-01), quebrada Molinetes (QMoli-01) y quebrada Porvenir (QPorv-01).

215. Al igual que la primera agrupación de puntos de monitoreo, es conveniente mencionar que, para este segundo grupo de puntos MARSÁ también descarga un vertimiento autorizado por la ANA, caso es del efluente P-3 / E-2F (*cf.* Tabla 6-7), con un régimen de descarga de tipo intermitente⁴⁶, así como también la descarga continua de aguas de no contacto provenientes de los canales de coronación de

46

Para el vertimiento P-3 / E-2F, con descripciones según autorización de la ANA "vertimiento de la presa de relaves" y según IGA del administrado "drenaje del depósito de relave de flotación", el volumen anual de descarga otorgado es de 1 072 224 m³, con un caudal de 34,0 l/s.

la margen derecha e izquierda del Depósito Integrado de Relaves (DIR) ubicado en la parte alta de la microcuenca Mush Mush (cf. Figura 8-6).

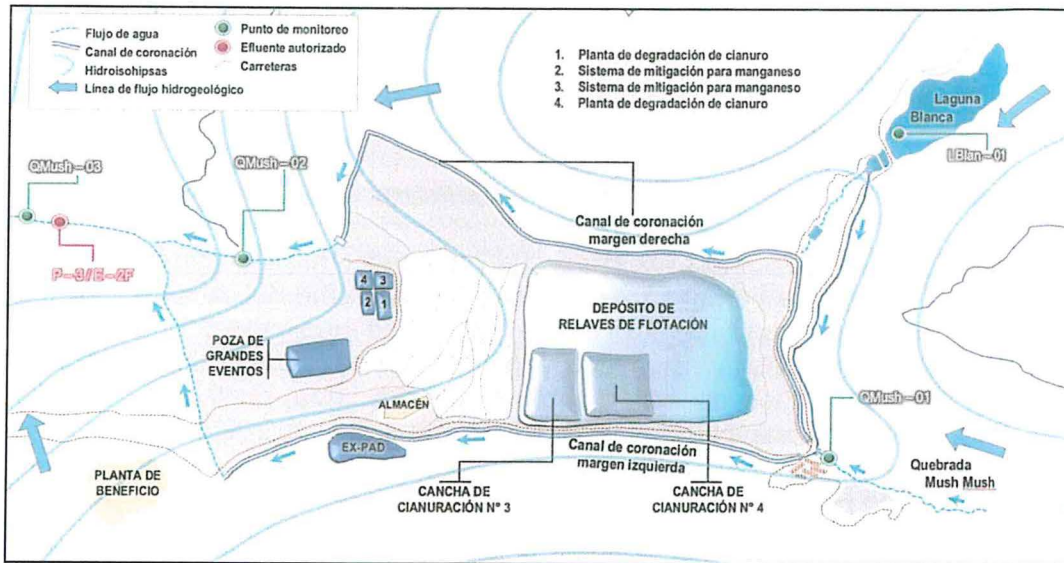


Figura 8-6. Principales sistemas de conducción de aguas de contacto y no contacto de la quebrada Mush Mush y la laguna Blanca en la UM Retamas.

Fuente: Adaptado del Estudio de Caracterización Hidrogeológica Integral de la UEA Retamas, 2014

8.1.2.1. Análisis de los resultados de los parámetros de campo

- 216. Al igual que la primera agrupación de puntos de monitoreo, para el análisis de los resultados de los parámetros de campo de este grupo, estos también fueron extraídos a partir del mismo reporte de campo de la calidad de agua superficial adjunto en el Anexo 2. En tal sentido, el global de los resultados obtenidos y su comparación con los ECA Cat.4 E2 del año 2008, se exponen a continuación.
- 217. Referente a los parámetros de campo regulados por el ECA 2008 (i.e. pH y oxígeno disuelto), no se observó superación alguna para los valores y/o rangos establecidos en ambos estándares de calidad para agua. Por lo antes mencionado, no se vio la necesidad de presentar los resultados de manera gráfica, sino más bien mediante una tabla resumen (ver Tabla 8-2), complementada por una breve descripción tal como se presentan a continuación

Tabla 8-2. Resultados de parámetros de campo para calidad de agua superficial del Grupo II, comparados con el ECA Cat.4 E2 del año 2008

Puntos de monitoreo		Parámetros de campo			
		Potencial de hidrógeno (pH)	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)
GRUPO II	QMush-01	7,12	217	7,38	8,3
	QMush-02	7,82	362	5,51	11,3
	QMush-03	7,78	387	6,58	12,2
	QShuc-01	7,79	421	7,65	11,6
	QAlas-01	8,06	176	7,16	8,4
	QMoli-01	7,59	199,7	7,24	9,0
	QPorv-01	7,63	221	7,16	10,1
ECA Cat.4 E2 (2008)⁽ⁱ⁾		6,5 – 8,5	---	≥5	---

(i) Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4 Subcategoría E2: Conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (D.S. N° 002-2008-MINAM).

218. De acuerdo con la Tabla 8-2, los valores de potencial de hidrógeno (pH) se encontraron entre 7,12 a 8,06 unidades de pH; mientras que los datos de conductividad eléctrica (CE) variaron de 176 a 421 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Por otro lado, de todos los puntos evaluados se observó un rango de oxigenación de entre 5,51 a 7,65 mg/L. Sobre la base de lo expuesto, se podría entender que al igual que en el primer grupo, tampoco se observó problemas de acidez en los cuerpos de agua evaluados, condición que no es determinante para asumir una ausencia de metales pesados ya sean de origen antrópico, así como de origen natural.

8.1.2.2. Análisis de los resultados de los parámetros determinados en laboratorio

219. El Anexo 3, contempla las tablas de data sistematizada correspondiente a los resultados tanto de parámetros fisicoquímicos como de parámetros inorgánicos de calidad de agua superficial de los 7 puntos de monitoreo del Grupo II. Partiendo de las tablas antes mencionadas, se exponen a continuación las representaciones gráficas de aquellos parámetros evaluados que contemplan valores que excedieron los establecidos para el ECA Cat.4 del año 2008.

a. Arsénico (As)

220. En la Figura 8-7, se presentan los resultados de las concentraciones de arsénico para el Grupo II. De esta figura, se observa que solo la concentración de arsénico obtenida en la muestra de agua superficial para el punto QShuc-01 (tributario de la margen izquierda del río Llacuabamba, con aguas provenientes de la zona de operaciones de la UM Retamas), supero el ECA Cat.4 E2 (i.e. 0,05 mg/L). Mientras que, los seis puntos de monitoreo restantes, se encontraron por debajo de lo establecido en el ECA Cat.4 E2 (i.e. QMush-01, QMush-02, QMush-03, QPorv-01, QMoli-01 y QAlas-01).

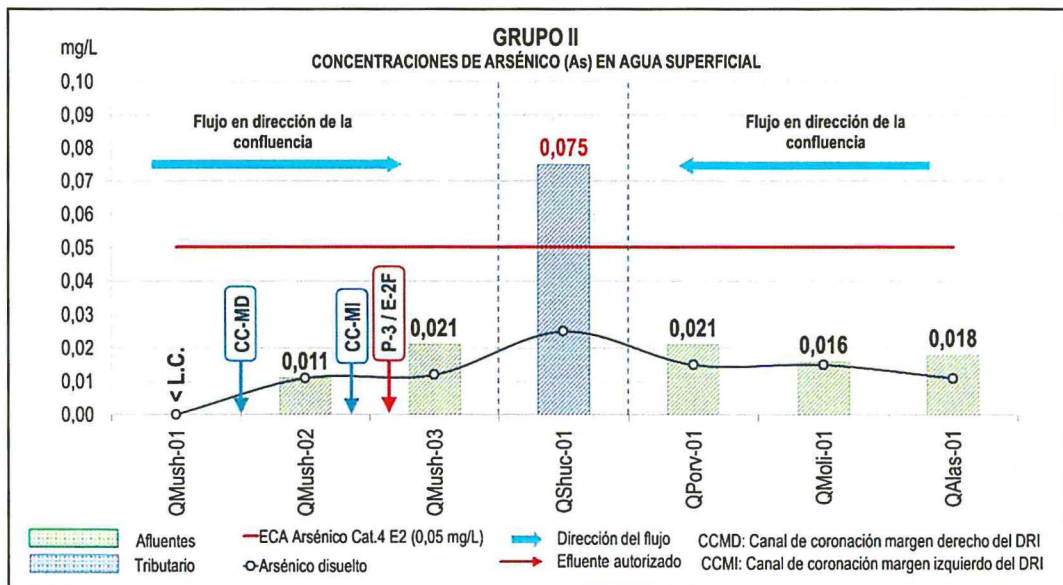


Figura 8-7. Concentraciones de arsénico total y disuelto del Grupo II, comparadas con el ECA para agua de conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (Cat.4 E2)

221. Por otro lado, la misma representación gráfica nos muestra la tendencia de las concentraciones de arsénico disuelto, cuyos valores no son comparables con el ECA de agua por no presentar valor establecido, pero nos permite visualizar cómo



Handwritten notes and signatures in blue ink.

se encuentra la dinámica de su fluctuación en los puntos con presencia de este metal en referencia a sus concentraciones totales. En efecto, se pudo observar que en el caso de la quebrada Mush Mush, esta presenta una marcada tendencia de orden creciente partiendo desde la cabecera de microcuenca (i.e. QMush-01 con valor <L.C.), hasta la parte baja de la misma en su confluencia con la quebrada Shucaque (i.e. QShuc-01), cuyo aporte al río Llacuabamba representa a las aguas proveniente de la zona de operaciones de la UM Retamas (cf. Figura 5-2).

222. De lo antes mencionado, se puede entender que el aporte tanto del efluente P-3 / E-2F, así como de los canales de coronación de ambos márgenes del DRI a lo largo de la quebrada Mush Mush, tendrían algún grado de influencia en la calidad ambiental del cuerpo de agua con respecto a los valores de arsénico, que luego de su confluencia con las aguas del tramo proveniente de los puntos QAlas-01, QMoli-01 y QPorv-01 (en orden creciente del flujo de agua), aumenta significativamente hasta superar el ECA.

b. Plomo (Pb)

223. Prosiguiendo con el análisis de los resultados de calidad de agua superficial, la Figura 8-8 representa gráficamente los resultados de las concentraciones de plomo para el Grupo II. De esta figura, se observa que las concentraciones de este metal superaron al ECA Cat.4 E2 (i.e. 0,001 mg/L), en los puntos QMush-03 y QAlas-01 con una concentración para ambos casos de 0,005 mg/L, así como el punto ubicado en la quebrada Shucaque (i.e. QShuc-01 con 0,024 mg/L), con una diferencia de concentración de este elemento muy marcada, similar a lo reportado para arsénico (cf. Figura 8-8). Mientras que, los cuatros puntos de monitoreo restantes correspondientes al Grupo II (i.e. QMush-01, QMush-02, QPorv-01 y QMoli-01), presentaron valores por debajo del límite de cuantificación.

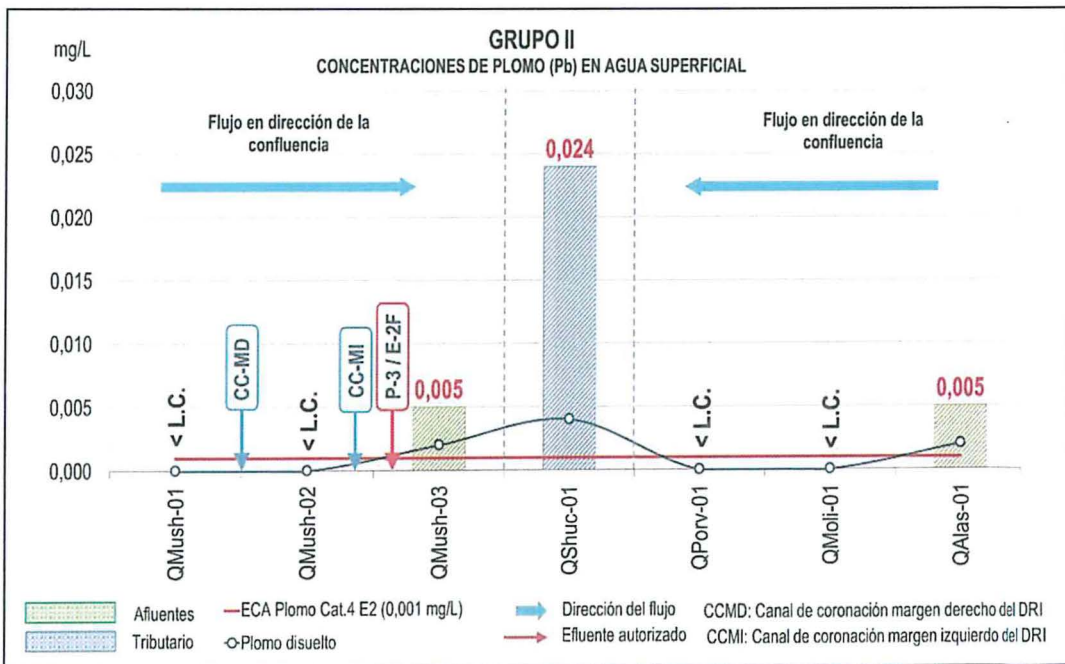


Figura 8-8. Concentraciones de plomo total y disuelto del Grupo II, comparadas con el ECA para agua de conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (Cat.4 E2)

224. Por otro lado, la tendencia de las concentraciones de plomo disuelto, cuyos valores tampoco son comparables con el ECA de agua por no presentar valor establecido, nos permite visualizar que estas exponen una tendencia muy similar a la que presenta el arsénico disuelto para el lado de la quebrada Mush Mush partiendo desde la cabecera de microcuenca (*i.e.* QMush-01 con un valor <L.C.), hasta la parte baja de la misma en su confluencia con la quebrada Shucaque (*i.e.* QShuc-01 con 0,024 mg/L), cuyo aporte al río Llacuabamba como ya se viene mencionando con anterioridad representa a las aguas proveniente de la zona de operaciones de la UM Retamas.

c. Zinc (Zn)

225. Al igual que la primera agrupación de puntos, en este grupo (*i.e.* Grupo II) también se ha reportado al zinc como un tercer metal con valores de concentración superiores al ECA Cat.4 E2 (*i.e.* 0,03 mg/L). La Figura 8-9 representa gráficamente los resultados de este metal, de la cual se observa que sus valores superaron al ECA en los mismos puntos de monitoreo que presentaron superación alguna para plomo (*i.e.* QMush-03, QAlas-01 y QShuc-01). No obstante, sumándose a los anteriores se encuentra de manera atípica el punto QMush-02 (0,164 mg/L), con una elevada concentración que supera también al ECA. Mientras que, los tres puntos de monitoreo restantes se encontraron por debajo de lo establecido en el ECA Cat.4 E2, con valores que variaron entre 0,009 a 0,022 mg/L, encontrándose la concentración más baja de este metal en el punto QMush-01, muy similar a lo observado con el arsénico y plomo en su momento.

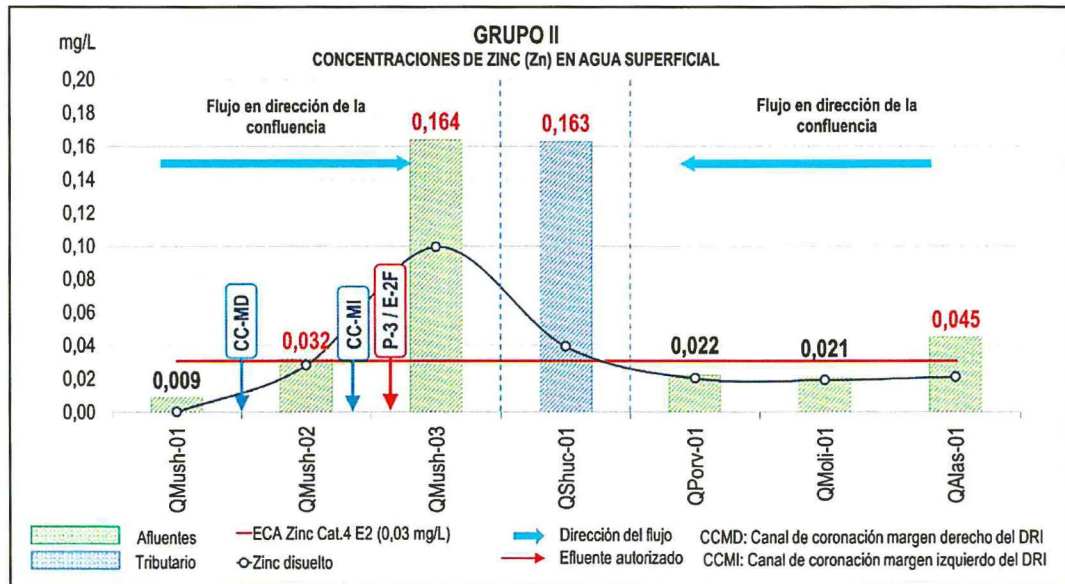



Figura 8-9. Concentraciones de zinc total y disuelto del Grupo II, comparadas con el ECA para agua de conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (Cat.4 E2)


226. Por otro lado, la tendencia de las concentraciones de zinc disuelto cuyos valores tampoco son comparables con el ECA de agua, nos permite visualizar que a diferencia de los casos anteriores (*i.e.* As y Pb), esta expone una tendencia diferenciada, que tiene relación con respecto a sus valores de zinc total. Caso es del punto QMush-02, que como ya se había señalado presenta un valor atípico de una elevada concentración del elemento, en referencia a los demás puntos del grupo y demás metales evaluados en sedimento. Por todo lo demás, el

comportamiento de concentraciones en los puntos restantes es similar al observado en los metales totales y disueltos ya analizados.


d. Bario (Ba), cadmio (Cd), cobre (Cu) y níquel (Ni)

- 
227. En lo que respecta a los demás metales considerados en el ECA Cat.4 E2 del año 2008; es decir bario, cadmio, cobre y níquel, estos presentaron concentraciones por debajo de sus valores regulatorios para metales totales (*i.e.* 0,7 mg/L para Ba; 0,004 mg/L para Cd; 0,02 mg/L para Cu y 0,03 mg/L para Ni), en todos los puntos considerados del Grupo II (*cf.* Figura 8-1).
228. En el caso de Ba, éste presentó valores en todos los puntos de monitoreo que variaron entre 0,001 a 0,031 mg/L. Por lo contrario, el Cd fue el único metal regulado por el ECA que presentó valores por debajo del límite de cuantificación (*i.e.* <L.C.) en todos los puntos de monitoreo. No obstante, es importante mencionar que en el caso de los metales Cu y Ni, estos solo presentaron valores cuantificables para los puntos de monitoreo QMush-03 y QShuc-01, a diferencia de los puntos de monitoreo restantes cuyos valores se encontraron por debajo del límite de cuantificación de cada metal.

e. Mercurio (Hg) y cromo hexavalente (Cr VI)

- 
229. Tanto para el caso del mercurio (Hg), como de cromo hexavalente (Cr VI), ambos presentaron valores que se encontraron por debajo del límite de cuantificación en todos los puntos de monitoreo correspondientes. En efecto, se entiende que estos se encuentran por debajo de los valores establecidos tanto en el ECA Cat.4 E2 del 2008 (*i.e.* 0,0001 mg/L para Hg y 0,05 mg/L para Cr VI).

8.1.3. Resultados para el Grupo III

- 
230. La tercera agrupación (Grupo III), corresponde a 4 puntos de monitoreo ubicados todos estos en cuerpos de agua lenticos de la microcuenca del río Llacubamba. Por un lado, se encuentra al circuito de Las Tres Lagunas (*i.e.* LTresL-01, LTresL-02 y LTresL-03), ubicadas en la zona de la naciente de la quebrada Ventanas fuera del área efectiva del administrado. Mientras que, el cuarto punto de monitoreo correspondiente a la laguna Blanca (*i.e.* LBlan-01), ubicada dentro del área efectiva de las actividades de la UM Retamas (*cf.* Figura 5-2 y Figura 8-1).

8.1.3.1. Análisis de los resultados de los parámetros de campo


- 
231. Al igual que las dos agrupaciones de puntos de monitoreo precedentes, para el análisis de los resultados de los parámetros de campo de este grupo, estos también fueron extraídos a partir del mismo reporte de campo de la calidad de agua superficial adjunto en el Anexo 2. En tal sentido, el global de los resultados obtenidos y su comparación con los ECA Cat.4 E1 año 2008, se exponen a continuación.
232. Referente a los parámetros de campo regulados por el ECA 2008 (*i.e.* pH y oxígeno disuelto), no se observó superación alguna para los valores y/o rangos establecidos en ambos estándares de calidad para agua. Por lo antes mencionado, no se vio la necesidad de presentar los resultados de manera gráfica, sino más bien mediante una tabla resumen (ver Tabla 8-3), complementada por una breve descripción tal como se presentan a continuación.

Tabla 8-3. Resultados de parámetros de campo para calidad de agua superficial del Grupo III, comparados con el ECA Cat.4 E1 del año 2008

Puntos de monitoreo		Parámetros de campo			
		Potencial de hidrógeno (pH)	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)
GRUPO III	LTresL-01	8,02	299	6,89	11,0
	LTresL-02	7,79	307	6,93	11,4
	LTresL-03	7,41	209,2	7,40	13,2
	LBlan-01	7,36	238	6,99	10,6
ECA Cat.4 E1 (2008)⁽ⁱ⁾		6,5 – 8,5	---	≥5	---

(i) Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4 Subcategoría E1: Conservación del ambiente acuático de lagos y lagunas (D.S. N° 002-2008-MINAM).



233. De acuerdo con la Tabla 8-3, los valores de potencial de hidrógeno (pH) se encontraron entre 7,36 a 8,02 unidades de pH; mientras que los datos de conductividad eléctrica (CE) variaron de 209,2 a 307 μS/cm. Por otro lado, de todos los puntos evaluados se observó un rango de oxigenación de entre 6,89 a 7,40 mg/L.

8.1.3.2. Análisis de los resultados de los parámetros determinados en laboratorio

234. Al igual que los grupos precedentes, el Anexo 3 contempla las tablas de data sistematizada correspondiente a los resultados tanto de parámetros inorgánicos como de parámetros fisicoquímicos de calidad de agua superficial de los 4 puntos de monitoreo del Grupo III. El anexo en mención contempla la comparación de estos resultados con los valores establecidos en el ECA Cat.4E1 del año 2008.

235. Cabe resaltar de forma breve que, en referencia a los metales regulados por el ECA Cat.4E1 del año 2008, no se observó superación alguna para los metales con valores establecidos en los ECA. Por lo antes mencionado, no se vio la necesidad de presentar los resultados de manera gráfica.

a. Nitrógeno amoniacal (N-NH3)

236. En la Figura 8-10 se observa que las concentraciones de N-NH3 obtenidas en las muestras de agua superficial de los puntos LBlan-01 (punto ubicado dentro de las instalaciones de la U.M. Retamas), LTresL-01, LTres-L-02 superaron el ECA de agua (<0,02 mg/L), obteniendo la mayor concentración en el punto LBlan-01. Así mismo se observa que el punto LTresL-03 se encuentran por debajo del límite de detección del laboratorio.



4.
3
e
a

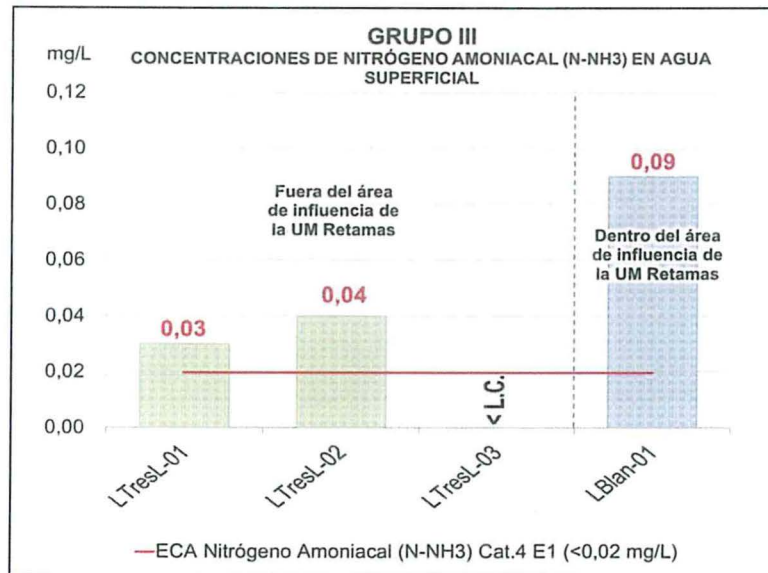


Figura 8-10. Concentraciones de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) del Grupo III, comparadas con el ECA para agua de conservación del ambiente acuático de lagunas y lagos (Cat.4 E1)

8.2. Comparación de uso referencial con normativa nacional e internacional

237. Con respecto a la comparación de los resultados obtenidos de los diferentes componentes ambientales evaluados que no están considerados dentro del "Programa de Monitoreo Ambiental", de la "Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de la U.E.A. Retamas – Plan Integral para la Implementación de LMP de descarga de efluentes minero – Metalúrgicos y adecuación a los ECA para agua", aprobado mediante Resolución Directoral N° 397-2014-MEM/DGAAM; estos serán analizados con los demás estándares de comparación usados de forma referencial. En tal sentido a continuación se exponen los resultados de sedimento en comparación con la norma canadiense (CEQG); mientras que, para calidad de agua superficial, estos serán comparados con la vigente modificatoria de los ECA, aprobada mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

8.2.1. Resultados para el Grupo I

238. La primera agrupación (Grupo I), corresponde a 9 puntos de monitoreo que inician en la parte alta de la microcuenca del río Llacuabamba, conformados inicialmente por los puntos QVent-01, QVent-02 y QVent-03 de la quebrada Ventanas (afluente de la margen derecha del río Llacuabamba, ubicada fuera del área de influencia de las actividades de la UM Retamas

8.2.1.1. Calidad de agua superficial

8.2.1.1.1. Análisis de los resultados de los parámetros de campo

239. Referente a los parámetros de pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura que contempla el vigente ECA del año 2017 para subcategoría Cat4E2, no se observó superación alguna en los valores y/o rangos establecidos. Por lo antes mencionado, no se vio la necesidad de presentar los resultados de manera gráfica, sino más bien mediante una tabla resumen (ver Tabla 8-4), complementada por una breve descripción tal como se presentan a continuación.

Tabla 8-4. Resultados de parámetros de campo para calidad de agua superficial del Grupo I, comparados con el ECA Cat.4 E2 del año 2017

Puntos de monitoreo		Parámetros de campo			
		Potencial de hidrógeno (pH)	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)
GRUPO I	QVent-01	7,25	168,7	6,81	13,8
	QVent-02	7,99	174,7	6,96	13,2
	QVent-03	7,54	188,4	7,11	13,8
	QShuc-01	7,79	421	7,65	11,6
	RLlac-01	7,64	227	7,01	13,0
	RLlac-02	7,79	304	7,71	10,3
	RLlac-03	7,77	343	6,99	12,9
	RLlac-04	7,81	355	7,03	12,5
	RLlac-05	7,85	399	7,87	12,7
RLlac-06	7,80	389	7,55	14,0	
ECA Cat.4 E2 (2017)⁽ⁱ⁾		6,5 – 9,0	1000	≥5	Δ3^(*)
(i) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 4 Subcategoría E2: Conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (D.S. N° 004-2017-MINAM).					
(*) El ECA establece una variación de tres (Δ3), el cual se determina considerando la media histórica de los últimos cinco años como máximo y de un año como mínimo, considerando la estacionalidad. Sin embargo, no se consideró en el presente monitoreo por tratarse de muestras puntuales.					



8.2.1.1.2. Análisis de los resultados de los parámetros determinados en laboratorio

a. Arsénico (As)

240. Con respecto a los resultados de As en comparación con el ECA vigente 2017 (*i.e.* 0,15 mg/L), nos muestra que las concentraciones de arsénico total para todos los puntos evaluados se encuentran por debajo de lo establecido en la Cat.4 E2.

b. Plomo (Pb)

241. Al igual que el arsénico, los resultados de plomo total en comparación con el ECA vigente del presente año 2017 (*i.e.* 0,0025 mg/L), también nos muestra que la totalidad de puntos evaluados se encuentran por debajo de lo establecido en el ECA Cat.4 E2.

c. Zinc (Zn)

242. A diferencia de los 2 metales anteriormente analizados (*i.e.* As y Pb), los resultados de zinc total en comparación con el valor establecido en el ECA vigente del presente año 2017, muestra que solo 4 de los 7 puntos de monitoreo que superaron el ECA 2008 (*i.e.* 0,03 mg/L), también se encuentran por sobre el nuevo ECA 2017 (*i.e.* 0,12 mg/L). Estamos hablando de los puntos QShuc-01; RLlac-03; RLlac-04 y RLlac-06.

d. Bario (Ba), cadmio (Cd), cobre (Cu) y níquel (Ni)

243. Por otro lado, estos resultados en comparación con el ECA vigente del presente año 2017 para Ba (*i.e.* 0,7 mg/L), Cu (*i.e.* 0,1 mg/L) y Ni (*i.e.* 0,052 mg/L), también nos muestra que la totalidad de puntos evaluados se encuentran por debajo de lo establecido en el reciente ECA Cat.4 E2. En el caso de Cd total, este a diferencia de los anteriores ya no se encuentra regulado en el nuevo ECA, cuya regulación se habría enfocado a su forma disuelta (*i.e.* 0,00025 mg/L para Cd disuelto).



4.

3
e
f
g

e. Mercurio (Hg) y cromo hexavalente (Cr VI)

244. Tanto para el caso del mercurio (Hg), como de cromo hexavalente (Cr VI), ambos presentaron valores que se encontraron por debajo del límite de cuantificación en todos los puntos de monitoreo correspondientes. En efecto, se entiende que estos se encuentran por debajo de los valores establecidos para el ECA Cat.4 E2 del año 2017 (*i.e.* 0,0001 mg/L para Hg y 0,011 mg/L para Cr VI).

8.2.1.2. Calidad de sedimento

245. En la siguiente sección se presenta el análisis de los resultados de los puntos de monitoreo de sedimento para el Grupo I (*cf.* Figura 8-1), que al igual que para los resultados de calidad de agua superficial, estos se encuentran a detalle en el Anexo 3. En tal sentido, se exponen a continuación las representaciones gráficas de aquellos parámetros evaluados que contemplan valores que excedieron de forma referencial los estándares de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales (*Canadian Environmental Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life – CEQG, 2001*). Los mismos que consideran valores de calidad para siete metales, los cuales son: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc (*cf.* Tabla 7-9)

8.2.1.2.1. Análisis de los resultados de los metales determinados en laboratorio

246. Como se mencionó anteriormente, los resultados tabulados de los 35 metales evaluados se presentan en el Anexo 3 del presente informe, para el análisis de los resultados se consideraron solo aquellas concentraciones de metales que incumplieron los valores guía estándar de referencia, como ya se mencionó se describirán por zonas los cuales se presentan a continuación.

a. Arsénico (As)

247. En la Figura 8-11, se presentan los resultados de las concentraciones de arsénico (As) total en sedimento del Grupo I. De esta figura, se observa que todos los puntos de monitoreo del Grupo (*i.e.* QVent-01, QVent-02, QVent-03, QShuc-01, RLLac-01, RLLac-02, RLLac-03, RLLac-04, RLLac-05 y RLLac-06), se encontraron por encima del estándar de concentración PEL sobre el cual los efectos biológicos adversos se presentan con frecuencia (*i.e.* 17 mg/kg de As), en un rango de variación de entre los 23 hasta los 792 mg/kg para la concentración más alta (RLLac-02).

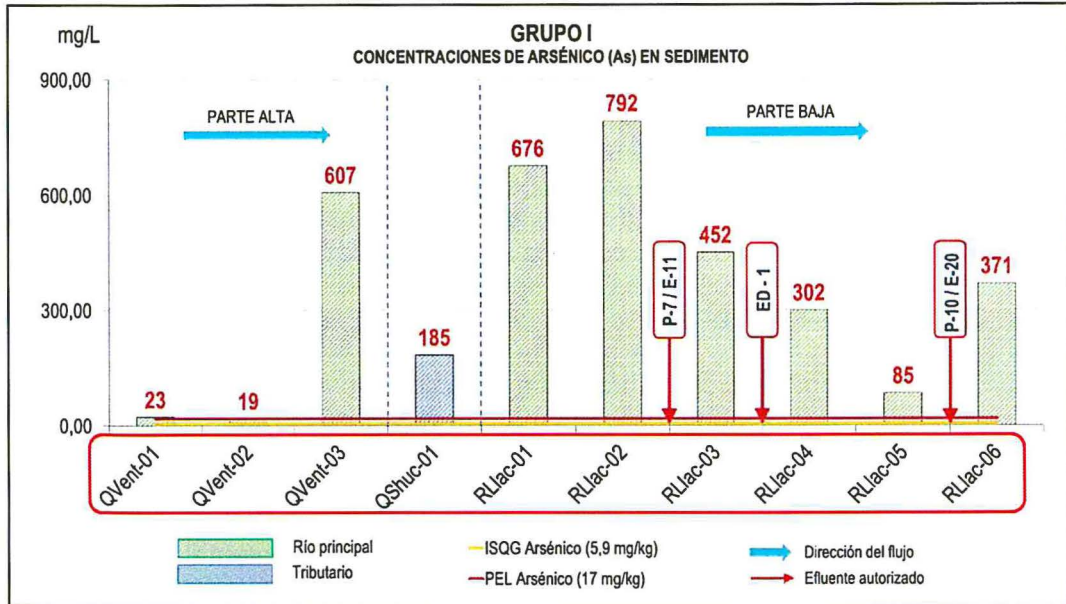


Figura 8-11. Concentraciones de arsénico total en sedimentos del Grupo I, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISQG como para PEL. ISQG: Interim Sediment Quality Guideline): Nivel por debajo de la cual no se espera efectos biológicos adversos. PEL: Probable Effect Level: Nivel que usualmente está asociado a efectos biológicos adversos



f. Plomo (Pb)

248.

En referencia de las concentraciones reportadas para plomo (Pb) en sedimento, se observa que los puntos de monitoreo QVent-03 (137 mg/kg) y QShuc-01 (107 mg/kg), se encontraron por encima del estándar de concentración PEL sobre el cual los efectos biológicos adversos se presentan con frecuencia (*i.e.* 90 mg/kg de Pb). Mientras que, los puntos RLlac-01, RLlac-02, y RLlac-03, se encontraron en el intervalo de valores entre el estándar interno de calidad de sedimento ISQG_{Pb} y el PEL_{Pb} (*i.e.* ISQG_{Pb} < RLlac-01, RLlac-02, y RLlac-03 < PEL_{Pb}).

4.

7
8
9

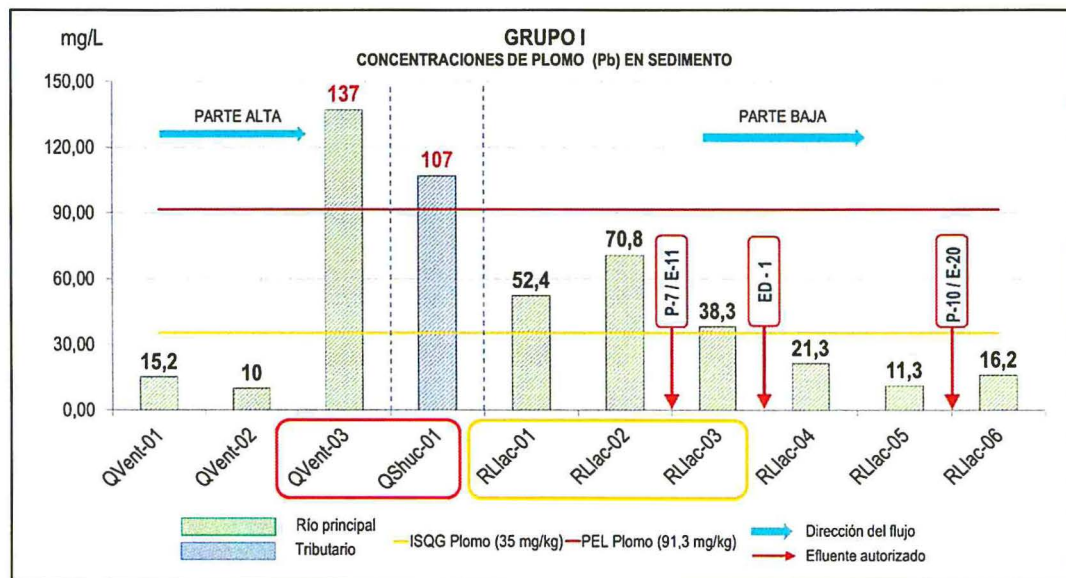


Figura 8-12. Concentraciones de plomo total en sedimentos del Grupo I, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISQG como para PEL. ISQG: Interim Sediment Quality Guideline): Nivel por debajo de la cual no se espera efectos biológicos adversos. PEL: Probable Effect Level: Nivel que usualmente está asociado a efectos biológicos adversos

g. Cadmio (Cd)

249. En referencia de las concentraciones reportadas para cadmio (Cd) en sedimento, estas reflejarían que sus valores se encuentran por debajo del estándar de concentración PEL para este metal (*i.e.* 0,6 mg/kg), sobre el cual los efectos biológicos adversos se presentarían con frecuencia (*cf.* Figura 8-13). No obstante, es importante mencionar que en el caso de los puntos RLIac-01, RLIac-02, y RLIac-03, estos se encontraron en el intervalo de valores entre el estándar interno de calidad de sedimento ISQG_{Cd} y el PEL_{Cd} (*i.e.* ISQG_{Cd} < RLIac-01, RLIac-02, y RLIac-03 < PEL_{Cd}).

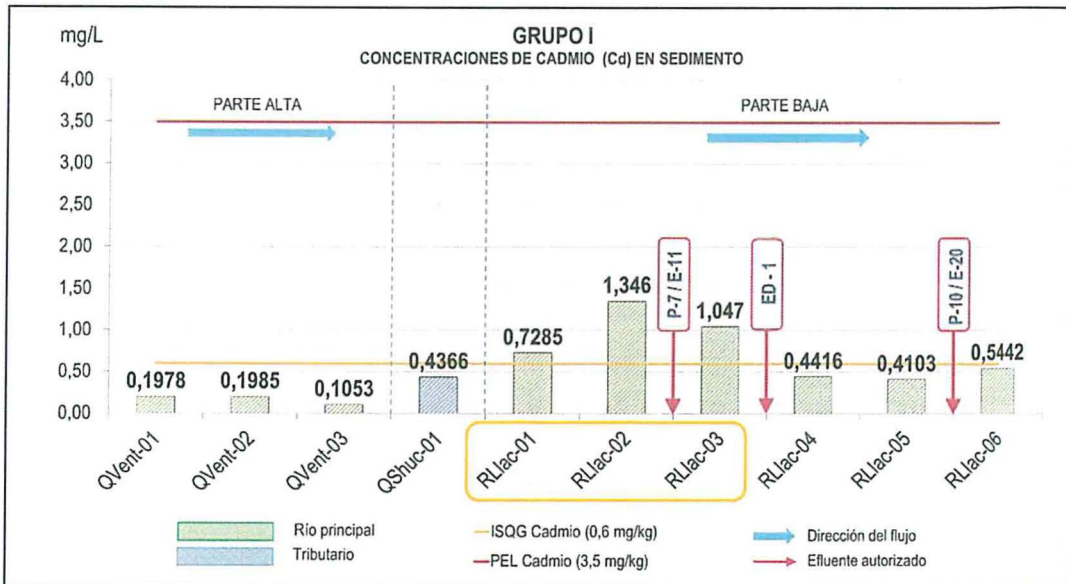


Figura 8-13. Concentraciones de cadmio total en sedimentos del Grupo I, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), para ISQG y PEL
 ISQG: Interim Sediment Quality Guideline): Nivel por debajo de la cual no se espera efectos biológicos adversos
 PEL: Probable Effect Level: Nivel que usualmente está asociado a efectos biológicos adversos

4,
8
@
@
@

h. Zinc (Zn)

250. Las concentraciones de zinc (Zn) en sedimento para todos los puntos de monitoreo del Grupo I (*cf.* Figura 8-14), se encontraron por debajo del estándar de concentración PEL sobre el cual los efectos biológicos adversos se presentan con frecuencia (*i.e.* 315 mg/kg de Zn). Sin embargo, de los 10 puntos de monitoreo (incluyendo a QShuc-01), fueron los puntos RLIac-01, RLIac-02, RLIac-03, RLIac-04 y RLIac-06, aquellos que se encontraron en el intervalo de valores entre el estándar interno de calidad de sedimento ISQG y el PEL (*i.e.* ISQG_{Zn} < RLIac-01, RLIac-02, RLIac-03, RLIac-04 y RLIac-06 < PEL_{Zn}). Los 5 puntos restantes (*i.e.* QVent-01, QVent-02, QVent-03, QShuc-01 y RLIac-05) se encontraron por debajo del estándar interno de calidad de sedimento para Zn (*i.e.* 123 mg/kg para ISQG_{Zn}), valor referencial por debajo del cual no se presentan efectos biológicos adversos.

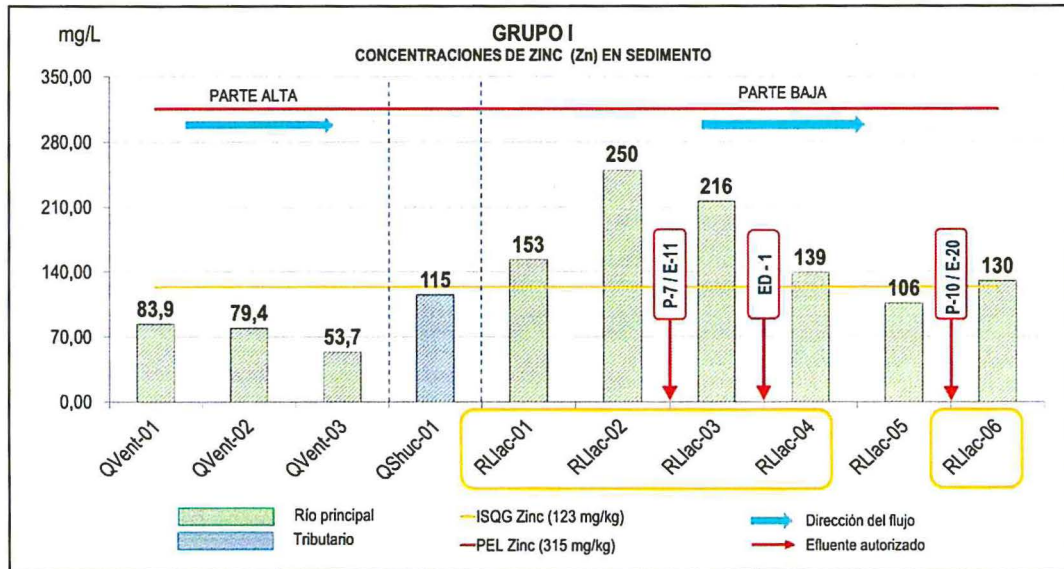


Figura 8-14. Concentraciones de zinc total en sedimentos del Grupo I, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISQG como para PEL. ISQG: Interim Sediment Quality Guideline: Nivel por debajo de la cual no se espera efectos biológicos adversos. PEL: Probable Effect Level: Nivel que usualmente está asociado a efectos biológicos adversos



i. Cobre (Cu)

251.

Mientras que, en la Figura 8-15 se observa que las concentraciones reportadas para cobre (Cu) en sedimento, también se encontraron por debajo del estándar de concentración PEL para este metal (*i.e.* 197 mg/kg), sobre el cual los efectos biológicos adversos se presentarían con frecuencia (*cf.* Figura 8-9). No obstante, es importante mencionar que en el caso de los puntos RLIac-01, RLIac-02, RLIac-03, RLIac-05 y RLIac-06, estos también se encontraron en el intervalo de valores entre el estándar interno de calidad de sedimento ISQG_{Cu} y el PEL_{Cu} (*i.e.* ISQG_{Cu} < RLIac-01, RLIac-02, RLIac-03, RLIac-05 y RLIac-06 < PEL_{Cu}).

4.
8
@
@
@

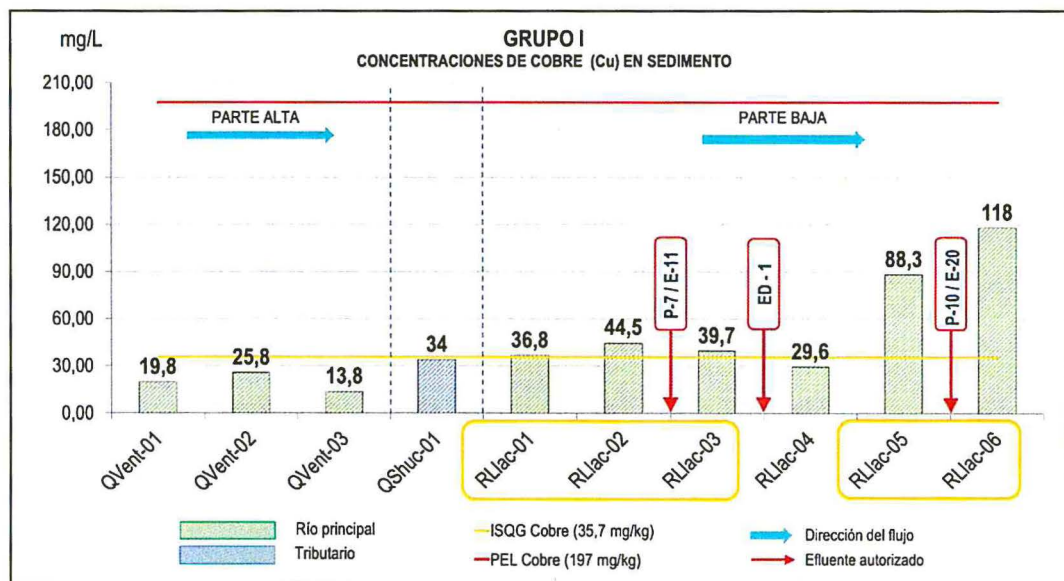


Figura 8-15. Concentraciones de cobre total en sedimentos del Grupo I, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISQG como para PEL. ISQG: Interim Sediment Quality Guideline: Nivel por debajo de la cual no se espera efectos biológicos adversos. PEL: Probable Effect Level: Nivel que usualmente está asociado a efectos biológicos adversos

j. Cromo (Cr)

252. En el caso de cromo (Cr) en sedimento (cf. Figura 8-16), las concentraciones de este metal en 8 de los 10 puntos de monitoreo (incluyendo a QShuc-01) se encontraron por debajo del estándar interno de calidad de sedimento (i.e. 37,3 mg/kg para $ISQG_{Cr}$), valor referencial por debajo del cual no se presentan efectos biológicos adversos. Mientras que, los puntos de monitoreo QVent-02 y RLlac-05, se encontraron en el intervalo de valores entre el estándar interno de calidad de sedimento $ISQG_{Cr}$ y el PEL_{Cr} (i.e. $ISQG_{Cr} < QVent-02$ y $RLlac-05 < PEL_{Cr}$).

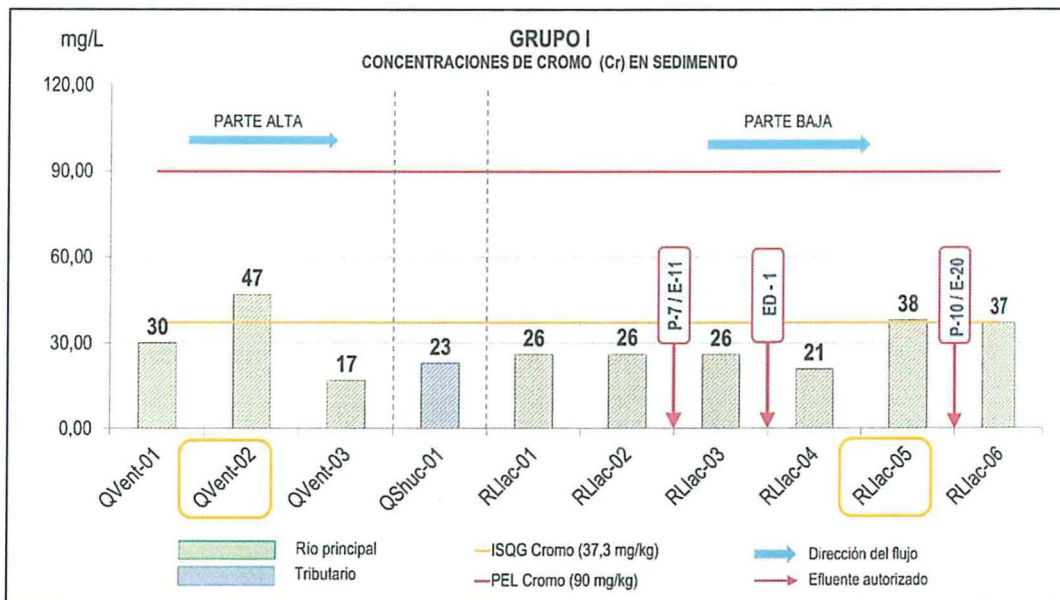


Figura 8-16. Concentraciones de cromo total en sedimentos del Grupo I, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISGQ como para PEL. ISQG: Interim Sediment Quality Guideline: Nivel por debajo de la cual no se espera efectos biológicos adversos. PEL: Probable Effect Level: Nivel que usualmente está asociado a efectos biológicos adversos

8.2.1.3. Comunidades hidrobiológicas

253. Prosiguiendo con el análisis de los resultados correspondientes al Grupo I (cf. Figura 8-1) de la evaluación ambiental en el área de influencia de la UM Retamas, el presente apartado expone los resultados de composición, riqueza, abundancia y diversidad tanto de la comunidad del perifiton (microalgas y microorganismos), así como de los macroinvertebrados bentónicos y de peces presentes en los cuerpos de agua del área de estudio.

8.2.1.3.1. Comunidad de perifiton

254. Tal como se mencionó en el párrafo anterior, dentro de las comunidades hidrobiológicas evaluadas, se encuentra en primera instancia la de perifiton comprendida tanto de microalgas, como de microorganismos.

a. Microalgas

Composición, riqueza y abundancia de especies

255. La composición y riqueza de microalgas en las muestras colectadas en los cuerpos de agua del Grupo I durante la temporada de avenidas (marzo de 2017) se detalla en la Figura 8-17. Se identificaron un total de 58 especies durante esta temporada, distribuidas en cinco phyla (Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta y Cyanobacteria). Los puntos de mayor riqueza de especies (> 10 especies) se registraron en los puntos de monitoreo QVent-01, QVent-02 y QVent-03 ubicados en la quebrada Ventanas y en los puntos de monitoreo RLlac-01, RLlac-02 y RLlac-03 ubicados en el río Llacuabamba. El número de especies tiende a reducirse desde el punto de monitoreo RLlac-02 (río Llacuabamba), hacia aguas abajo. El phylum Bacillariophyta se registró en todos los puntos de monitoreo, mientras que los phyla Chlorophyta y Charophyta solo se registraron en la quebrada Ventanas. El registro completo de especies se detalla en el Anexo 3 del presente informe.



4.
f
@
B

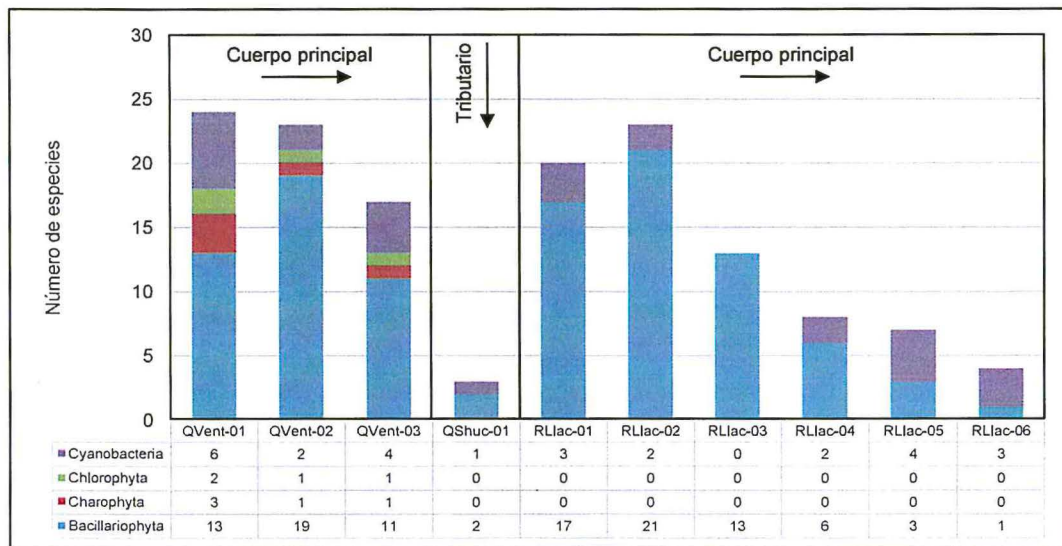


Figura 8-17. Número de especies en la comunidad del perifiton (microalgas) según el phylum, correspondientes al Grupo I durante marzo de 2017

256. La densidad (abundancia) total acumulada durante la temporada de avenidas fue de 587 200 org/cm². Los puntos de mayor abundancia (>4 000 org/cm²) se registraron en los puntos de monitoreo QVent-01, QVent-02 y QVent-03 ubicados en la quebrada Ventanas y en los puntos de monitoreo RLlac-01 y RLlac-02 ubicados en el río Llacuabamba, todos con una alta dominancia del phylum Bacillariophyta. La especie de mayor densidad durante la temporada fue *Hannaea arcus* (phylum Bacillariophyta) con 68 800 org/cm² (cf. Figura 8-18). Al igual que al registro de especies, la abundancia tiende a reducirse desde el punto de monitoreo RLlac-02 (Río Llacuabamba), hacia aguas abajo. En los puntos de monitoreo RLlac-03, RLlac-04, RLlac-05 y RLlac-06 se observa que el phylum Cyanobacteria es dominante sobre el phylum Bacillariophyta.

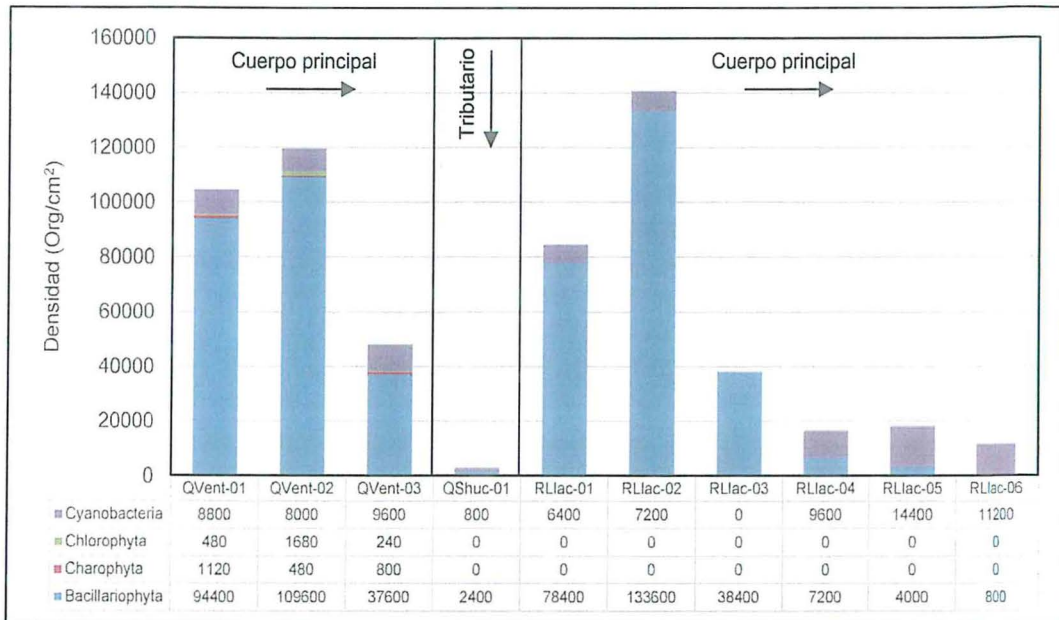


Figura 8-18. Densidad (abundancia) de la comunidad del perifiton (microalgas) según el phylum, correspondientes al Grupo I durante marzo de 2017

Diversidad alfa:

257. La Figura 8-19 nos indica que la diversidad alfa para la temporada de avenidas (marzo del 2017), el número de Hill N1 varió desde 2,83 (punto de monitoreo QShuc-01) hasta 19,18 especies efectivas (punto de monitoreo RLlac-02). El número de Hill N2 varió desde 2,67 hasta 17,23 especies efectivas, correlativo a los puntos de monitoreo de N1. La equidad de Pielou en la temporada varió desde 0,80 (punto de monitoreo QVent-01) hasta 0,95 (punto de monitoreo QShuc-01), lo cual indica valores altos de equidad, por ende, una distribución homogénea de densidades de organismos por punto de monitoreo.



Handwritten notes in blue ink, including a checkmark and some illegible scribbles.

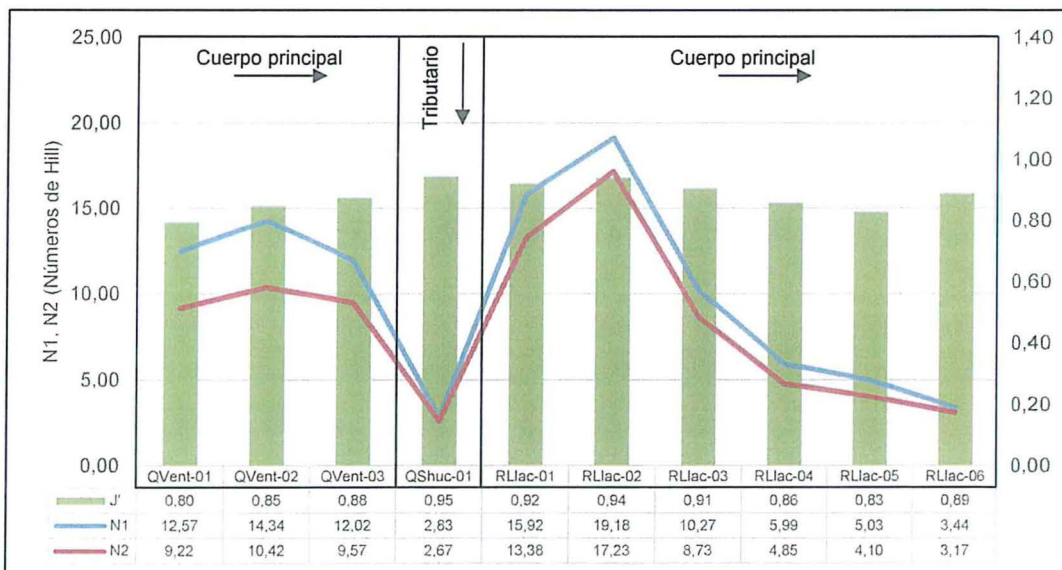





Figura 8-19. Diversidad alfa (diversidad verdadera) de la comunidad del perifiton (microalgas), correspondientes al Grupo I durante marzo de 2017

258. El phylum Bacillariophyta tiende a ser dominante en la quebrada Ventanas y en la parte alta del río Llacuabamba dentro del área de estudio (puntos de monitoreo RLLac-01, RLLac-02 y RLLac-03). El punto de monitoreo QShuc4-01 (tributario) presentó el menor número de especies y de abundancia, por ende, una menor diversidad en el área de estudio. Por otro lado, el phylum Cyanobacteria fue dominante en la parte baja del río Llacuabamba dentro del área de estudio. Sin embargo, su diversidad fue bastante menor a la de resto de puntos donde Bacillariophyta fue dominante.

Diversidad beta

- 
259. La Figura 8-20 explica que la diversidad beta del perifiton (microalgas) mediante el índice de similitud de Bray-Curtis para la temporada de avenidas (marzo del 2017) correspondiente al Grupo I. Se conformaron tres conglomerados con una similitud mayor al 50%. El primer conglomerado se encontró conformado por los puntos de monitoreo RLLac-01, RLLac-02 y RLLac-03, ubicados aguas arriba del río Llacuabamba. Estos tres puntos tienen en común especies del género *Achnanthydium*, *Fragilaria*, *Gomphonema*, *Synedra*, *Hannaea* y *Ulnaria*, todas ellas pertenecientes al phylum Bacillariophyta. Estos tres puntos se caracterizaron por presentar aguas de pésima, mala y moderada calidad respectivamente según el índice ABI (ver párrafo 272), además de sobrepasar el ECA Categoría 4 para el metal total zinc (Zn).

- 
260. El segundo conglomerado se encontró conformado por los puntos de monitoreo RLLac-05 y RLLac-06, ubicados aguas abajo del río Llacuabamba dentro del área de estudio. Estos dos puntos tienen en común especies del género *Hannaea*, *Tolypothrix*, *Leptolyngbya* y *Pseudanabaena*, la primera de ellas perteneciente al phylum Bacillariophyta y el resto al phylum Cyanobacteria. Estos puntos se caracterizaron por presentar aguas de pésima calidad según el índice ABI (ver párrafo 272), además de sobrepasar el ECA Categoría 4 para los metales totales arsénico (As), plomo (Pb) y zinc (Zn).

- 
261. El tercer conglomerado se encontró conformado por los puntos de monitoreo QVent-01 y QVent-02, ubicados en la quebrada Ventanas. Estos dos puntos tienen en común especies del género *Achnanthydium*, *Cymbella*, *Encyonema*, *Gomphonema*, *Hannaea*, *Ulnaria*, *Tabellaria*, *Ulothrix* y *Mougeotia*, pertenecientes al phylum Bacillariophyta a excepción de las dos últimas especies pertenecientes a los phyla Chlorophyta y Charophyta respectivamente. Cabe indicar que los puntos de monitoreo en la quebrada Ventanas presentaron aguas de buena calidad según el índice ABI, sin sobrepasar el ECA Categoría 4 para ningún metal total.

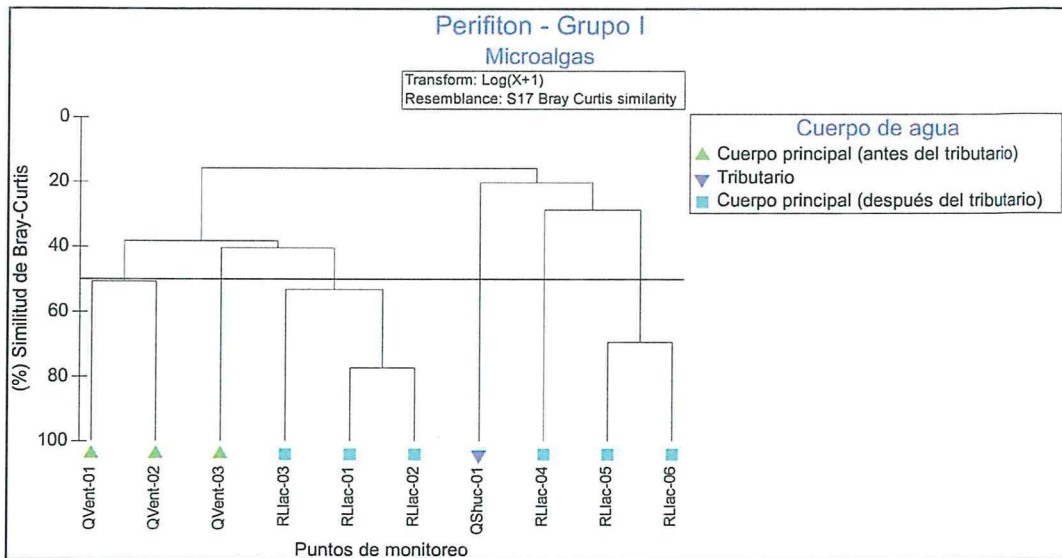


Figura 8-20. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por conglomerados) de la comunidad del perifiton (microalgas) del Grupo I durante marzo de 2017

b. Microorganismos

Composición, riqueza y abundancia de especies

262. Para el Grupo I se registraron tres especies de microorganismos con 8 org/cm² cada una. La primera de ellas fue un nemátodo no determinado como especie (Nematoda N.D. 1) ubicado en el punto de monitoreo QVent-02 (quebrada Ventanas). La segunda y tercera especie fueron *Trinema linearis* (phylum Cercozoa) y *Arcella discoides* (phylum Amoebozoa) ubicados en los puntos de monitoreo RLlac-03 y RLlac-04 (río Llacuabamba) respectivamente. El registro de microorganismos resultó bastante escaso en el área de estudio, detallándose en el Anexo 3.

8.2.1.3.2. Comunidad de macroinvertebrados bentónicos

263. Tal como se mencionó en el apartado 8.2.1.3., la segunda comunidad hidrobiológica evaluada es la de macroinvertebrados bentónicos. En efecto, se exponen a continuación los resultados de composición, riqueza, abundancia y diversidad.

Composición, riqueza y abundancia de especies

264. La composición y riqueza de macroinvertebrados bentónicos en las muestras colectadas en los cuerpos de agua de la primera agrupación (grupo I) durante la temporada de avenidas (marzo de 2017) se detallan en la Figura 8-21. Se identificaron un total de 20 especies (ocho de ellas no determinadas, N.D.) distribuidas en siete órdenes (Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Lepidoptera, Neophora, Opisthopora y Trichoptera).

265. Los puntos de monitoreo ubicados en la parte alta de la quebrada Ventanas (QVent-01 y QVent-02) presentaron el mayor número de especies en comparación al resto de puntos del cuerpo principal. Los puntos de mayor riqueza de especies (≥ 10 especies) se registraron en los puntos de monitoreo QVent-01 y QVent-02

ubicados en la quebrada Ventanas. El orden Diptera fue registrado en todos los puntos de monitoreo a excepción del punto de monitoreo QVent-03 (quebrada Ventanas) donde solo fue registrada una especie del orden Ephemeroptera. El orden Ephemeroptera además se registró en el punto de monitoreo QVent-01 (ubicado en la quebrada Ventanas) y en los puntos de monitoreo RLlac-02 y RLlac-03 (ambos ubicados en el río Llacuabamba). Por otro lado, el orden Trichoptera se registró en los puntos de monitoreo QVent-01 y QVent-02 (ambos ubicados en la quebrada Ventanas) y en el punto de monitoreo RLlac-02 (ubicado en el río Llacuabamba). En la parte baja del río Llacuabamba dentro del área de estudio (puntos de monitoreo RLlac-04, RLlac-05 y RLlac-06) se registraron solamente especies del orden Díptera. El registro completo de especies se detalla en el Anexo 3.

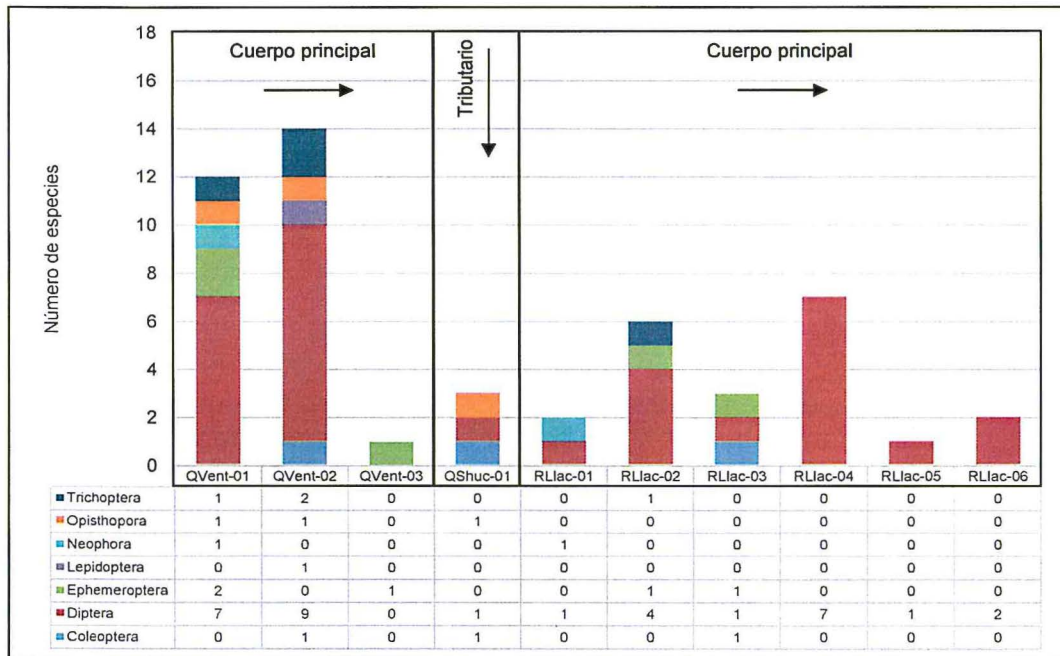


Figura 8-21. Número de especies de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según el orden, correspondientes al grupo I durante marzo de 2017

4.
3
@
@
@

266. La densidad (abundancia) total acumulada durante la temporada de avenidas fue de 741 org/0,27m². Los puntos de mayor abundancia (>50 org/0,27m²) se registraron en los puntos de monitoreo QVent-01 y QVent-02 ubicados en la quebrada Ventanas con una alta dominancia del orden Diptera. La especie de mayor densidad durante la temporada fue *Cricotopus* sp. (orden Diptera) con 220 org/0,27m² (ver Anexo 3), registrado en toda la quebrada Ventanas (QVent-01 y QVent-02) y en el río Llacuabamba (RLlac-02, RLlac-04, RLlac-05 y RLlac-06). Al igual que al registro de especies, los puntos de monitoreo ubicados en la parte alta de la quebrada Ventanas (QVent-01 y QVent-02) presentaron el mayor número de organismos en comparación al resto de puntos del cuerpo principal.

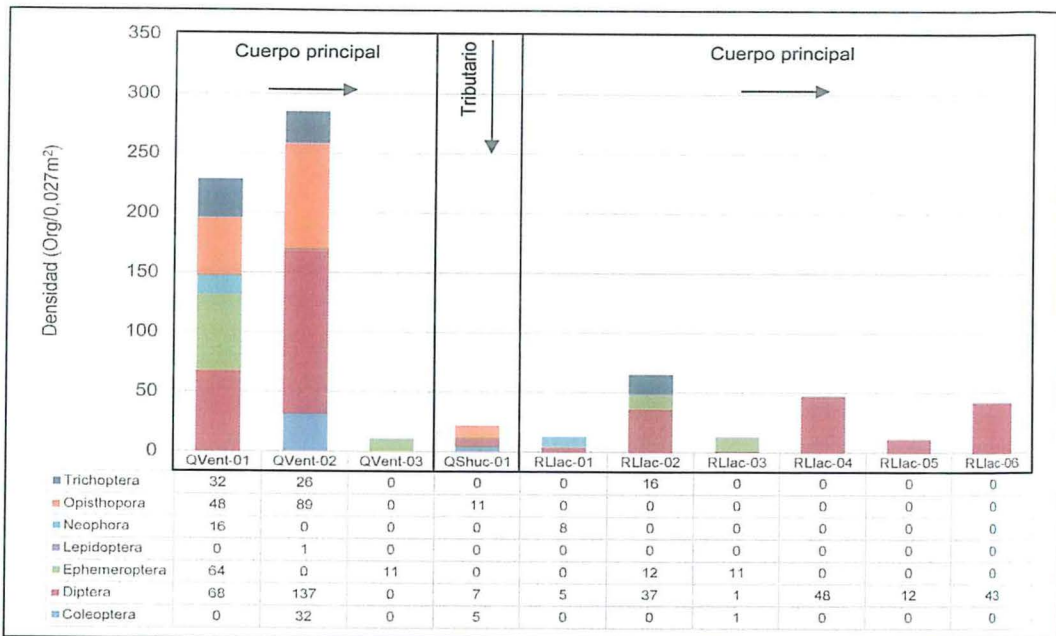


Figura 8-22. Densidad (abundancia) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según el orden, correspondientes al grupo I durante marzo de 2017

Diversidad alfa

267. La Figura 8-23 nos indica que la diversidad alfa para la temporada de avenidas (marzo del 2017), el número de Hill N1 varió desde 1,71 (punto de monitoreo RLIac-03) hasta 7,79 especies efectivas (punto de monitoreo QVent-01). El número de Hill N2 varió desde 1,37 hasta 6,46 especies efectivas, correlativo a los puntos de monitoreo de N1. La equidad de Pielou en la temporada varió desde 0,49 (punto de monitoreo RLIac-03) hasta 0,96 (punto de monitoreo RLIac-01), lo cual indica valores que tienden a ser medios a altos de equidad, indicando una distribución homogénea de densidades de organismos por punto de monitoreo. Los puntos de monitoreo QVent-03 y RLIac-05 sólo registraron una especie, por ende, los valores de diversidad beta fueron iguales a cero.



[Handwritten notes and signatures in blue ink]

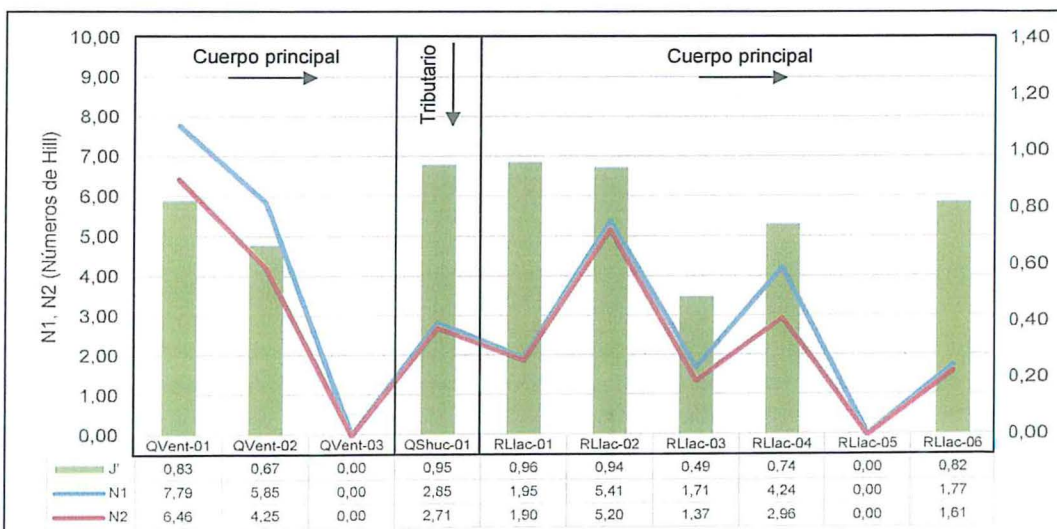


Figura 8-23. Diversidad alfa (diversidad verdadera) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, correspondientes al grupo I durante marzo de 2017

268. Los puntos de monitoreo ubicados en la parte alta de la quebrada Ventanas (QVent-01 y QVent-02) presentaron la mayor diversidad al registrar un mayor número de órdenes, y por ende mayor número de especies. Así mismo el número de organismos colectados fue mayor en estos puntos en lo que respecta al área de estudio perteneciente a la UM Retamas.

Diversidad beta

269. La Figura 8-24, explica la diversidad beta de los macroinvertebrados bentónicos mediante el índice de similitud de Bray-Curtis para la temporada de avenidas (marzo del 2017) correspondiente al Grupo I. Se conformaron tres conglomerados con una similitud mayor al 50%. El primer conglomerado se encontró conformado por los puntos de monitoreo QVent-03 y RLIac-03, ubicado el primero en la quebrada Ventanas (QVent-03) y el segundo en el río Llacuabamba. Estos dos puntos tuvieron en común a la especie *Andesiops* sp. (familia Baetidae). Cabe indicar que el punto de monitoreo en la quebrada Ventanas presentó aguas de pésima calidad según el índice ABI (ver párrafo 272), registrando una sola especie a pesar de no sobrepasar el ECA Categoría 4 para ningún metal total. Sin embargo, el punto de monitoreo en el río Llacuabamba (RLIac-03) presentó aguas de mala calidad según el índice ABI, además de sobrepasar el ECA Categoría 4 para los metales totales arsénico (As), plomo (Pb) y zinc (Zn).



Handwritten notes and signatures in blue ink.

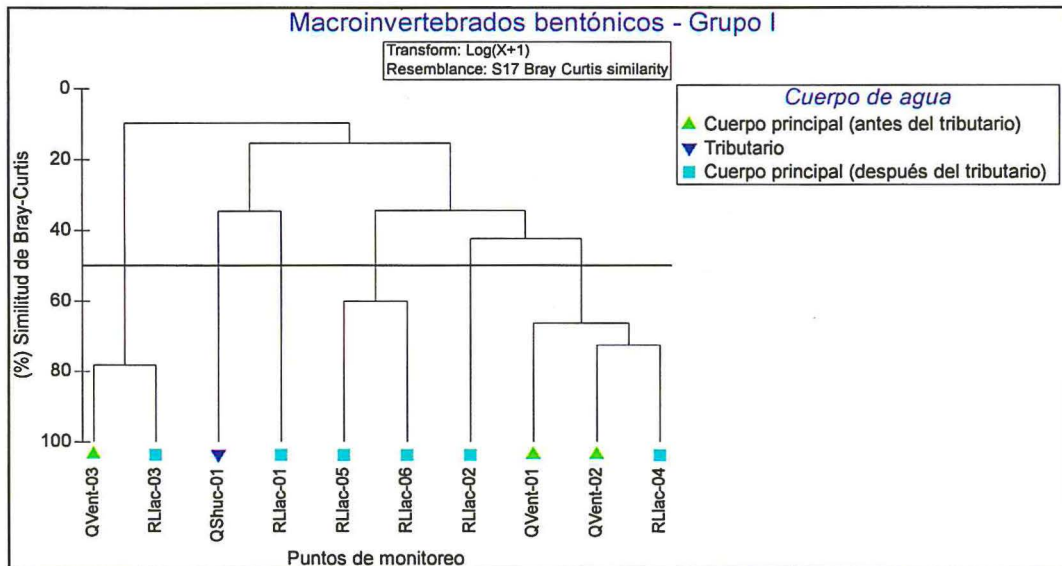


Figura 8-24. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por conglomerados) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos correspondiente al Grupo I durante marzo de 2017

270. El segundo conglomerado se encontró conformado por los puntos de monitoreo QVent-01, QVent-02 y RLIac-04, ubicados los dos primeros en la quebrada Ventanas y el tercero en el río Llacuabamba. Estos tres puntos tienen en común a las especies *Cricotopus* sp., *Pentaeura* sp., *Prodonomus* sp., y las especies no determinadas Simuliidae N.D. 1, Tabanidae N.D. 1 y Tipulidae N.D. 2, todas ellas pertenecientes al orden Diptera. Cabe indicar que los puntos de monitoreo en la quebrada Ventanas presentaron aguas de buena calidad según el índice ABI (ver párrafo 272) sin sobrepasar el ECA Categoría 4 para ningún metal total. Sin embargo, el punto de monitoreo en el río Llacuabamba (RLIac-04) presentó aguas

de mala calidad según el índice ABI, además de sobrepasar el ECA Categoría 4 para los metales totales arsénico (As), plomo (Pb) y zinc (Zn).

271. El tercer conglomerado se encontró conformado por los puntos de monitoreo RLIac-05 y RLIac-06, ubicados en el río Llacuabamba. Estos dos puntos tuvieron en común a la especie *Cricotopus* sp. (familia Chronomidae). Estos puntos se caracterizaron por presentar aguas de pésima calidad según el índice ABI, además de sobrepasar el ECA Categoría 4 para los metales totales arsénico (As), plomo (Pb) y zinc (Zn)

Estado ecológico según el índice ABI

272. De acuerdo a Figura 8-25, el índice ABI determinó que el estado ecológico del agua en los puntos de monitoreo evaluados en el Grupo I varió desde pésimo a bueno. Los puntos de monitoreo QVent-01 y QVent-02 (aguas arriba de la actividad minera de la UM Retamas), ubicados en la parte alta de la quebrada Ventanas registraron una buena calidad del agua, registrando especies sensibles pertenecientes a las familias Hydrobiosidae, Hydroptilidae, Leptophlebiidae, Limnephilidae, Simuliidae, Tipulidae, entre otros. Sin embargo, el punto de monitoreo QVent-03 ubicado aguas debajo de la quebrada Ventanas, antes de confluir con las aguas de la quebrada Shucaque (QShuc-01, la cual presentó una mala calidad de aguas) presentó pésima calidad de agua al registrarse una sola especie.

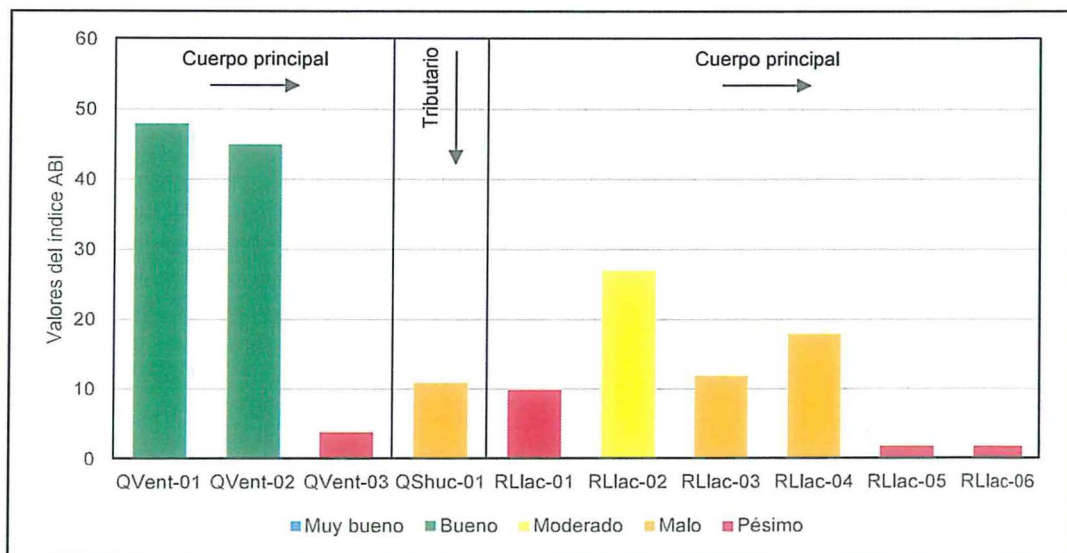


Figura 8-25. Valores del índice ABI en el grupo I, durante marzo de 2017

273. Mientras que, los puntos de monitoreo ubicados en el río Llacuabamba registraron distintos tipos de calidad según el índice ABI, siendo pésimo en RLIac-01 (aguas debajo de la confluencia de las quebradas Ventanas y Shucaque) y los puntos de monitoreo RLIac-05 (aguas arriba del efluente del sistema de tratamiento de agua de mina FAR WEST R-2) y RLIac-06 (aguas abajo del efluente del sistema de tratamiento de agua de mina FAR WEST R-2) ubicados aguas abajo del área de estudio, con un escaso registro de especies.
274. Por otro lado, los puntos RLIac-03 (aguas abajo del vertimiento de la PTARM Las Chilcas) y RLIac-04 (aguas abajo del vertimiento del sistema de la PTARD

Lawsco) presentaron aguas con mala calidad registrando especies pertenecientes a la familia Tipulidae el cual es una familia medianamente sensible. Por otro lado, el punto RLlac-02 (antes del vertimiento de la PTARM Las Chilcas) presentó aguas con moderada calidad registrándose especies medianamente sensibles pertenecientes a las familias Limnephilidae, Simuliidae y Tipulidae. El registro completo de especies por familia se detalla en el Anexo 3.

Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)

275. Para estudiar las relaciones de los parámetros biológicos y los factores abióticos se aplicó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), combinando las especies que cumplan con una abundancia relativa (AR) ≥ 3% y una frecuencia relativa (FR) ≥ 30% y los siete metales considerados en los estándares de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales (CEQG, 2001). Estos valores se encuentran en el Anexo 3 del presente informe.



276. En la Tabla 8-5 se observa que el primer eje explicó el 58,36% de la varianza de los datos de especies, mientras que el segundo eje explicó una varianza del 28,52%. Por lo tanto, los primeros dos ejes juntos explicaron el 86,88% de la varianza acumulada en la correlación de las especies respecto a las variables ambientales. Los ejes restantes contribuyeron con un poco menos del 15% de la varianza, por lo que la interpretación de los resultados se basa en los dos primeros ejes. Las variables que se relacionaron con el primer eje (Eje 1) fueron: plomo total (r = 0,78), cromo total (r = -0,66), cobre total (r = -0,64) y mercurio total (r = -0,48). Las variables que se relacionaron con el segundo eje (Eje 2) fueron: arsénico total (r = -0,61), cadmio total (r = -0,34) y zinc total (r = 0,23).



Tabla 8-5. Resumen de análisis de variables extraídos del Análisis de Correspondencia Canónica para el Grupo I durante marzo de 2017

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5
Valor propio (eigenvalue)		0,334	0,163	0,045	0,024	0,006
Varianza de especies	Varianza explicada (%)	58,36	28,52	7,869	4,281	0,9779
	Varianza acumulada explicada (%)	58,36	86,88	94,75	99,03	100,00
Correlaciones	Arsénico Total	0,415507	-0,60675	-0,186225	-0,0842186	-0,129041
	Cadmio Total	0,163498	-0,336306	-0,298143	0,255007	-0,195087
	Cobre Total	-0,641168	-0,0733728	-0,492347	0,213358	0,0079684
	Cromo Total	-0,661136	0,295932	-0,172831	0,232977	0,0154588
	Mercurio Total	-0,475198	-0,273616	-0,482561	0,2012	-0,177499
	Plomo Total	0,77806	-0,12435	-0,0736036	-0,16568	-0,131998
	Zinc Total	0,0208635	-0,231738	-0,284747	0,354283	-0,277008

Handwritten notes and signatures in blue ink.

277. Con respecto al ordenamiento del Eje 1 podemos indicar sobre el eje positivo (+) que *Andesiops* sp., Lumbricidae N.D. 1 (especie no determinada) y Tipulidae N.D.2 (especie no determinada) se encontraron asociadas al plomo total, mientras que sobre el eje negativo (-) podemos indicar que *Cricotopus* sp., *Pentaneura* sp., Simuliidae N.D. 1 (especie no determinada) se encontraron asociadas al cobre total, cromo total y mercurio total. Por otro lado, sobre el ordenamiento del Eje 2 podemos indicar sobre el eje positivo (+) que las especies *Pentaneura* sp., *Cricotopus* sp., *Andesiops* sp., Simuliidae N.D. 1 (especie no determinada) y Tipulidae N.D. 2 (especie no determinada) se encontraron

asociadas al arsénico total, cadmio total y zinc total. Estos resultados se pueden observar en la Figura 8-26 y en la Tabla 8-6 donde se resume la asociación de las especies a los metales totales.

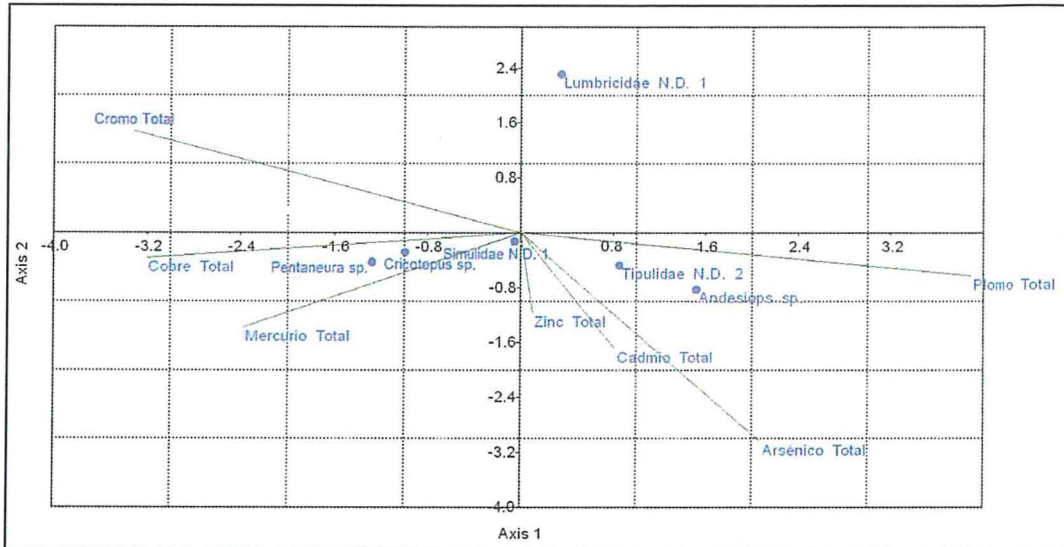


Figura 8-26. Análisis de correspondencia canónica de las especies más frecuentes y abundantes (F.R. $\geq 30\%$; A.R. $\geq 3\%$) con las variables ambientales plomo total (mg/Kg), cromo total (mg/Kg), cobre total (mg/Kg), mercurio total (mg/Kg), arsénico total (mg/Kg), cadmio total (mg/Kg) y zinc total (mg/Kg) para el Grupo I durante marzo de 2017

Tabla 8-6. Resumen de asociación de especies asociados a metales totales para el Grupo I durante marzo de 2017

Ejes	Eje 1		Eje 2	
Positivo (+)	Plomo	<i>Andesiops sp.</i> , <i>Lumbricidae N.D. 1</i> , <i>Tipulidae N.D.2</i>	S.A.	
Negativo (-)	Cobre Total	<i>Cricotopus sp.</i> , <i>Pentaneura sp.</i> , <i>Simulidae N.D. 1</i>	Arsénico Total	<i>Pentaneura sp.</i> , <i>Cricotopus sp.</i> , <i>Andesiops sp.</i> , <i>Simulidae N.D. 1</i> , <i>Tipulidae N.D. 2</i>
	Cromo Total		Cadmio Total	
	Mercurio Total		Zinc Total	

Legenda: S.A.- Sin asociación

Handwritten signature and date: 4. 8. 2017

8.2.1.3.3. Comunidad de peces

Para la colecta de peces, se realizaron siete (7) lances de atarraya por punto de monitoreo. Sin embargo, no se colectaron peces en ninguno de los puntos de monitoreo.

8.2.2. Resultados para el Grupo II

278. La segunda agrupación (Grupo II), corresponde a 7 puntos de monitoreo ubicados a la margen izquierda de la naciente del río Llacuabamba, es decir al río Porvenir también denominado quebrada Shucaque (QShuc-01) y sus afluentes ubicados dentro del área efectiva de las actividades de la UM Retamas (cf. Figura 5-2 y Figura 8-1). Entre los principales cuerpos de agua que conforman este grupo, se encuentran a la quebrada Mush Mush con los puntos de monitoreo QMush-01,

QMush-02 y QMush-03, quebrada Alaska (QAlas-01), quebrada Molinetes (QMoli-01) y quebrada Porvenir (QPorv-01).

8.2.2.1. Calidad de agua superficial

8.2.2.1.1. Análisis de los resultados de los parámetros de campo

279. Referente a los parámetros de pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura que contempla el vigente ECA del año 2017 para subcategoría Cat4E2, no se observó superación alguna en los valores y/o rangos establecidos. Por lo antes mencionado, no se vio la necesidad de presentar los resultados de manera gráfica, sino más bien mediante una tabla resumen (ver Tabla 8-7), complementada por una breve descripción tal como se presentan a continuación

Tabla 8-7. Resultados de parámetros de campo para calidad de agua superficial del Grupo II, comparados con el ECA Cat.4 E2 del año 2017

Puntos de monitoreo		Parámetros de campo			
		Potencial de hidrógeno (pH)	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)
GRUPO II	QMush-01	7,12	217	7,38	8,3
	QMush-02	7,82	362	5,51	11,3
	QMush-03	7,78	387	6,58	12,2
	QShuc-01	7,79	421	7,65	11,6
	QAlas-01	8,06	176	7,16	8,4
	QMoli-01	7,59	199,7	7,24	9,0
	QPorv-01	7,63	221	7,16	10,1
ECA Cat.4 E2 (2017) ⁽ⁱⁱ⁾		6,5 – 9,0	1000	≥5	Δ3 ^(*)
(ii) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 4 Subcategoría E2: Conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (D.S. N° 004-2017-MINAM).					
(*) El ECA establece una variación de tres (Δ3), el cual se determina considerando la media histórica de los últimos cinco años como máximo y de un año como mínimo, considerando la estacionalidad. Sin embargo, no se consideró en el presente monitoreo por tratarse de muestras puntuales.					

8.2.2.1.2. Análisis de los resultados de los parámetros determinados en laboratorio

a. Arsénico (As)

280. Con respecto a los resultados del Grupo II, en comparación con el ECA vigente 2017 (i.e. 0,15 mg/L), nos muestra que las concentraciones de arsénico total para todos los puntos evaluados se encuentran por debajo de lo establecido en la Cat.4 E2.

b. Plomo (Pb)

281. Al igual que el arsénico, los resultados de plomo total para el Grupo II en comparación con el ECA vigente del presente año 2017 (i.e. 0,0025 mg/L), también nos muestra que la totalidad de puntos evaluados se encuentran por debajo de lo establecido en el ECA Cat.4 E2.

c. Zinc (Zn)

282. A diferencia de los 2 metales anteriormente analizados (i.e. As y Pb), los resultados de zinc total en comparación con el valor establecido en el ECA vigente del presente año 2017, nos muestra que solo 2 de los 4 puntos de monitoreo que



d.

f
e
f

superaron el ECA 2008 (i.e. 0,03 mg/L), también se encuentran sobre el ECA 2017 (i.e. 0,12 mg/L). Estamos hablando de los puntos QMush-03 y QShuc-01 con 0,164 mg/L y 0,163 mg/L respectivamente.

d. Bario (Ba), cadmio (Cd), cobre (Cu) y níquel (Ni)

283. Por otro lado, estos resultados en comparación con el ECA vigente del presente año 2017 para Ba (i.e. 0,7 mg/L), Cu (i.e. 0,1 mg/L) y Ni (i.e. 0,052 mg/L), también nos muestra que la totalidad de puntos evaluados se encuentran por debajo de lo establecido en el reciente ECA Cat.4 E2. En el caso de Cd total como ya se había comentado, este ya no se encuentra regulado en el nuevo ECA. Por lo contrario, el nuevo ECA se habría enfocado a su forma disuelta (i.e. 0,00025 mg/L para Cd disuelto), que para efectos de los resultados no tiene relevancia alguna.

e. Mercurio (Hg) y cromo hexavalente (Cr VI)

Tanto para el caso del mercurio (Hg), como de cromo hexavalente (Cr VI), ambos presentaron valores que se encontraron por debajo del límite de cuantificación en todos los puntos de monitoreo correspondientes. En efecto, se entiende que estos están por debajo de los valores establecidos para el ECA Cat.4 E2 del año 2017 (i.e. 0,0001 mg/L para Hg y 0,011 mg/L para Cr VI)

8.2.2.2. Calidad de sedimento

284. Prosiguiendo con el análisis de los resultados correspondientes a los puntos de monitoreo de sedimento del segundo grupo, (cf. Figura 8-1), es importante mencionar que estos se encuentran a detalle en el Anexo 3. En tal sentido, se exponen a continuación las representaciones gráficas en orden decreciente según la relevancia de superación de aquellos parámetros evaluados que contemplan valores que excedieron de forma referencial los estándares de calidad ambiental canadiense para sedimentos (CEQG) de aguas continentales.

8.2.2.2.1. Análisis de los resultados de los metales determinados en laboratorio

285. Para el análisis de los resultados se consideraron solo aquellas concentraciones de metales que incumplieron los valores en referencia a los siete elementos incluidos en la CEQG, los cuales son: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc (cf. Tabla 7-9).

a. Arsénico (As)

286. En la Figura 8-27, se presentan los resultados de las concentraciones de arsénico (As) total en sedimento del Grupo II. De esta figura, se observa que todos los puntos de monitoreo del grupo (i.e. QMush-01, QMush-02, QMush-03, QShuc-01, QPorv-01, QMoli-01 y QAlas-01), se encontraron por encima del estándar de concentración PEL sobre el cual los efectos biológicos adversos se presentan con frecuencia (i.e. 17 mg/kg de As), en un rango de variación de entre los 112 hasta los 710 mg/kg para la concentración más alta (QMush-03).

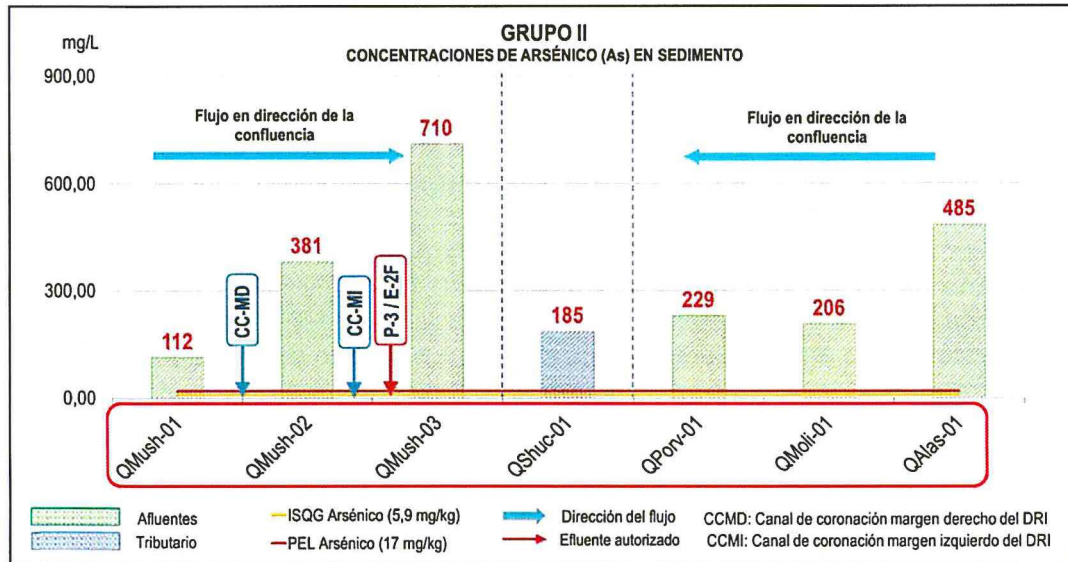


Figura 8-27. Concentraciones de arsénico total en sedimentos del Grupo II, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISGQ como para PEL
 ISGQ: Interim Sediment Quality Guideline): Nivel por debajo de la cual no se espera efectos biológicos adversos
 PEL: Probable Effect Level: Nivel que usualmente está asociado a efectos biológicos adversos

b. Zinc (Zn)

287. En el caso de zinc (Zn) en sedimento del Grupo II (cf. Figura 8-28), se observa que los puntos de monitoreo QMush-02 y QMush-03, se encontraron por encima del estándar de concentración PEL sobre el cual los efectos biológicos adversos se presentan con frecuencia (i.e. 315 mg/kg de Zn). Mientras que, los 5 puntos restantes (i.e. QMush-01, QShuc-01, QPorv-01, QMoli-01 y QAlas-01), se encontraron por debajo del estándar interno de calidad de sedimento para Zn (i.e. 123 mg/kg para ISQG_{Zn}), en un rango de variación de entre los 70,5 hasta los 115 mg/kg.



4.
8
e
e

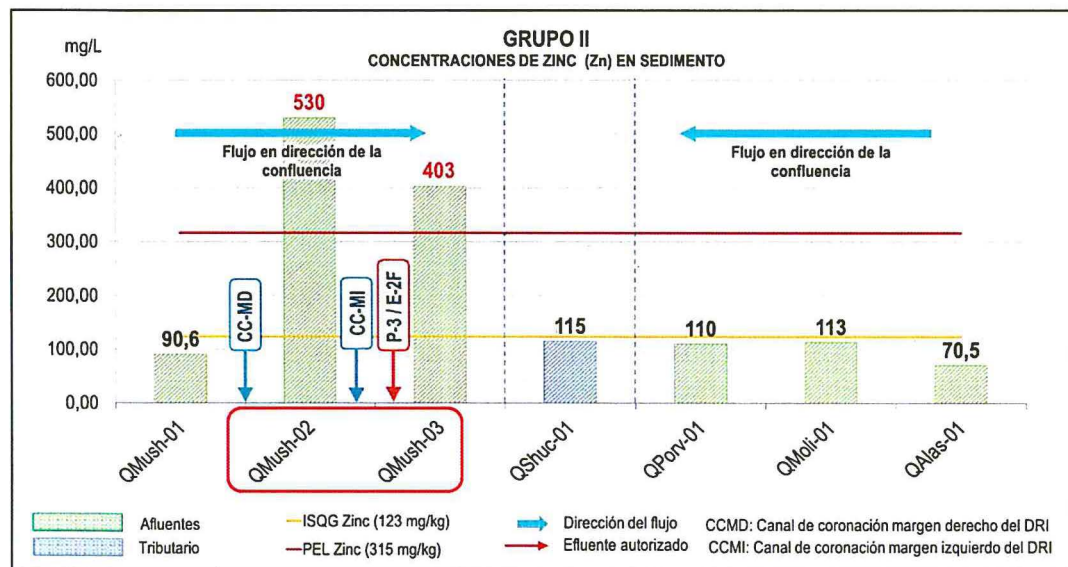


Figura 8-28. Concentraciones de zinc total en sedimentos del Grupo II, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISGQ como para PEL
 ISGQ: Interim Sediment Quality Guideline): Nivel por debajo de la cual no se espera efectos biológicos adversos
 PEL: Probable Effect Level: Nivel que usualmente está asociado a efectos biológicos adversos

c. Plomo (Pb)

288. Con respecto de las concentraciones de plomo (Pb) en sedimento, se observa de forma excepcional en la Figura 8-29 que el punto QShuc-01 (107 mg/kg), se encuentra por encima del estándar de concentración PEL sobre el cual los efectos biológicos adversos se presentan con frecuencia (*i.e.* 90 mg/kg de Pb). En el caso de QMush-02 y QMush-03, estos se encontraron en el intervalo de valores entre ISQG_{Pb} y el PEL_{Pb} (*i.e.* ISQG_{Pb} < QMush-02 y QMush-03 < PEL_{Pb}).

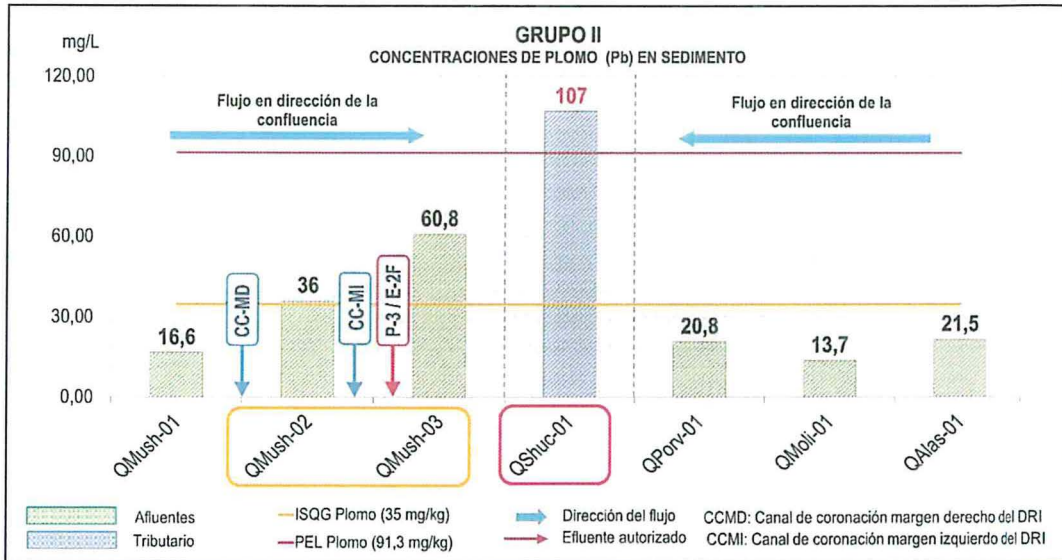


Figura 8-29. Concentraciones de plomo total en sedimentos del Grupo II, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISQG como para PEL. ISQG: Interim Sediment Quality Guideline; Nivel por debajo de la cual no se espera efectos biológicos adversos. PEL: Probable Effect Level; Nivel que usualmente está asociado a efectos biológicos adversos.

289. Mientras que, los 4 puntos restantes (*i.e.* QMush-01, QPorv-01, QMoli-01 y QAlas-01), se encontraron por debajo del estándar interno de calidad de sedimento para Pb (*i.e.* 91,3 mg/kg para ISQG_{Pb}), en un rango de variación de entre los 16,6 hasta los 21,5 mg/kg para QAlas-01. Así mismo, es importante mencionar que con respecto a los resultados de plomo total y disuelto para agua del Grupo II, se tiene una correspondencia de patrones de distribución muy similar (*cf.* Figura 8-21).

d. Cobre (Cu)

290. Al igual que Cd, en la Figura 8-30 se observa que las concentraciones reportadas para cobre (Cu) en sedimento, también se encontraron por debajo del estándar de concentración PEL para este metal (*i.e.* 197 mg/kg), sobre el cual los efectos biológicos adversos se presentarían con frecuencia. No obstante, es importante mencionar que en el caso de los puntos QMush-01, QMush-02, QMush-03 y QPorv-01, estos también se encontraron en el intervalo de valores entre el estándar interno de calidad de sedimento ISQG y el PEL (*i.e.* ISQG_{Cu} < QMush-01, QMush-02, QMush-03 y QPorv-01 < PEL_{Cu}).

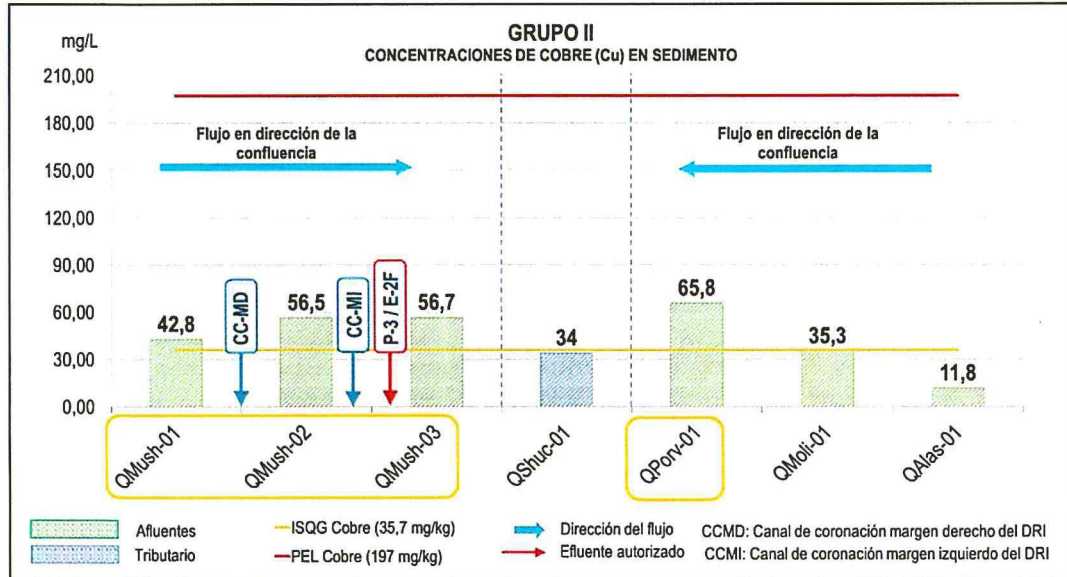


Figura 8-30. Concentraciones de cobre total en sedimentos del Grupo II, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISQG como para PEL. ISQG: Interim Sediment Quality Guideline): Nivel por debajo de la cual no se espera efectos biológicos adversos. PEL: Probable Effect Level: Nivel que usualmente está asociado a efectos biológicos adversos.

e. Cadmio (Cd)

291. En referencia de las concentraciones de cadmio (Cd) en sedimento para el Grupo II (cf. Figura 8-31), estas reflejarían que sus valores se encuentran por debajo del estándar de concentración PEL para este metal (i.e. 0,6 mg/kg), sobre el cual los efectos biológicos adversos se presentarían con frecuencia. No obstante, es importante mencionar que en el caso de los puntos QMush-01 y QMush-02, estos se encontraron en el intervalo de valores entre el estándar interno de calidad de sedimento ISQG y el PEL (i.e. $ISQG_{Cd} < QMush-01$ y $QMush-02 < PEL_{Cd}$)

4.

3
@
@
@

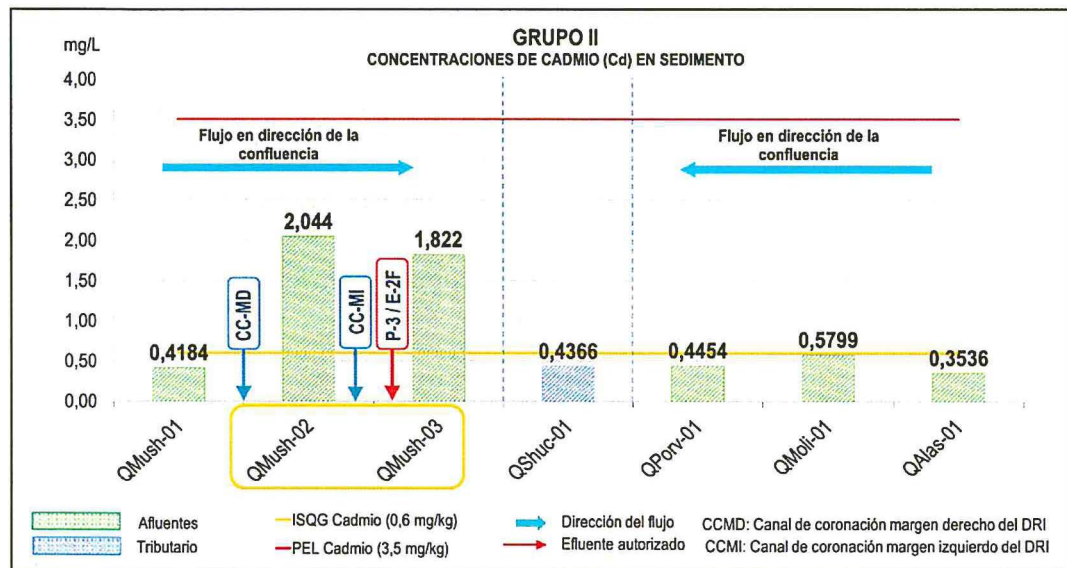


Figura 8-31. Concentraciones de cadmio total en sedimentos del Grupo II, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), tanto para ISQG como para PEL. ISQG: Interim Sediment Quality Guideline): Nivel por debajo de la cual no se espera efectos biológicos adversos. PEL: Probable Effect Level: Nivel que usualmente está asociado a efectos biológicos adversos.

f. Cromo (Cr) y mercurio (Hg)

292. En el caso de cromo (Cr) en sedimento para todos los puntos de monitoreo del Grupo II, las concentraciones de este metal se encontraron en un rango de variación de entre los 4,1 hasta los 37 mg/kg. Es decir, por debajo de su estándar interno de calidad de sedimento (*i.e.* 37,3 mg/kg para ISQG_{Cr}), valor referencial por debajo del cual no se presentan efectos biológicos adversos. Mientras que, de los resultados de mercurio (Hg) en sedimento, se tiene que estos presentaron valores que se encontraron por debajo del límite de cuantificación (*i.e.* <0,03 mg/kg), en todos los puntos de monitoreo, a excepción de los puntos QMush-02 y QMush-03, cuyos valores fueron de 0,04 mg/kg para ambos casos.

8.2.2.3. Comunidades hidrobiológicas

293. El presente apartado expone los resultados de composición, riqueza, abundancia y diversidad tanto de la comunidad del perifiton (microalgas y microorganismos), así como de los macroinvertebrados bentónicos y de peces presentes en los cuerpos de agua correspondientes a los puntos de monitoreo del Grupo II.

8.2.2.3.1. Comunidad de perifiton

294. En base a lo antes mencionado a continuación, se presentan los resultados concernientes a la comunidad hidrobiológica de perifiton comprendida tanto de microalgas, como de microorganismos.

a. Microalgas

Composición, riqueza y abundancia de especies

295. La composición y riqueza de microalgas en las muestras colectadas en los cuerpos de agua del grupo II durante la temporada de avenidas (marzo de 2017) se detalla en la Figura 8-32. Se identificaron un total de 40 especies durante esta temporada, registrándose tres phyla (Bacillariophyta, Chlorophyta y Cyanobacteria). Los puntos de mayor riqueza de especies (> 10 especies) se registraron en los puntos de monitoreo QMoli-01 y QPorv-01 ubicados en el aportante del margen izquierdo y los puntos de monitoreo QMush-01 y QMush-02 ubicados en el aportante del margen derecho. El número de especies en la confluencia (QShuc-01) es bastante reducido en comparación a los dos aportantes. El phylum Cyanobacteria se registró en todos los puntos de monitoreo. Para más detalle, el registro completo de especies se detalla en el Anexo 3.

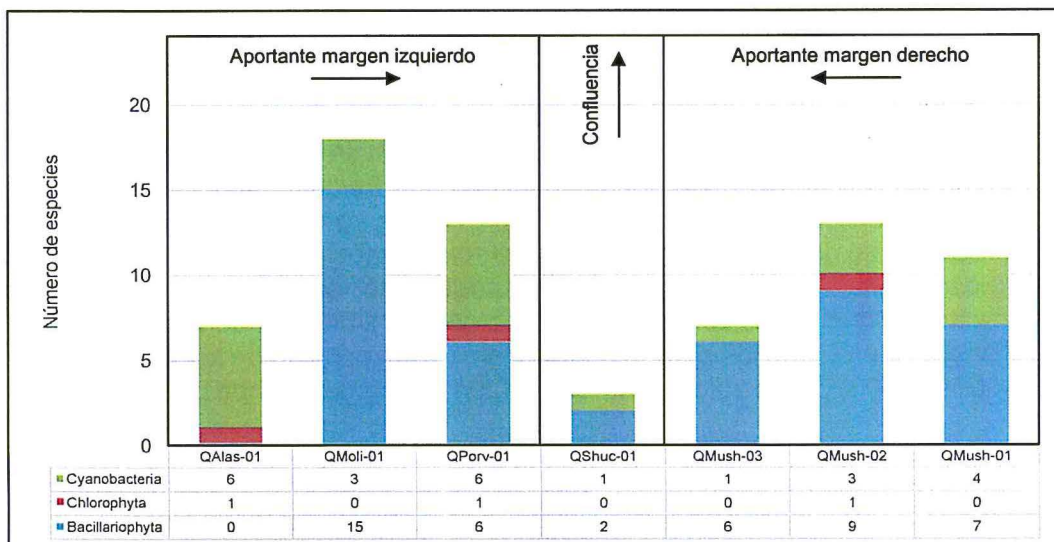


Figura 8-32. Número de especies en la comunidad del perifiton (microalgas) según el phylum, correspondientes al grupo II durante marzo de 2017

296. La densidad (abundancia) total acumulada durante la temporada de avenidas fue de 216 320 org/cm². Los puntos de mayor abundancia (>4 000 org/cm²) se registraron en los puntos de monitoreo QMoli-01 y QPorv-01 ubicados en el aportante del margen izquierdo y los puntos de monitoreo QMush-01 y QMush-02 ubicados en el aportante del margen derecho, todos con una alta dominancia del phylum Bacillariophyta. Sin embargo, el punto de monitoreo QPorv-01 tuvo una mayor dominancia del phylum Cyanobacteria. La especie de mayor densidad durante la temporada fue *Hannaea arcus* (phylum Bacillariophyta) con 62 400 org/cm² (cf. Anexo 3). Al igual que al registro de especies, la abundancia es bastante reducida en la confluencia (QShuc-01) en comparación a los dos aportantes. En el punto de monitoreo QPorv-01 (quebrada Porvenir) se observa que el phylum Cyanobacteria es dominante sobre el phylum Bacillariophyta. Además, en el punto de monitoreo QAla-01 (quebrada Alaska) se observa que el phylum Cyanobacteria es dominante sobre el phylum Chlorophyta (cf. Figura 8-33).



4.
8
8
8
8

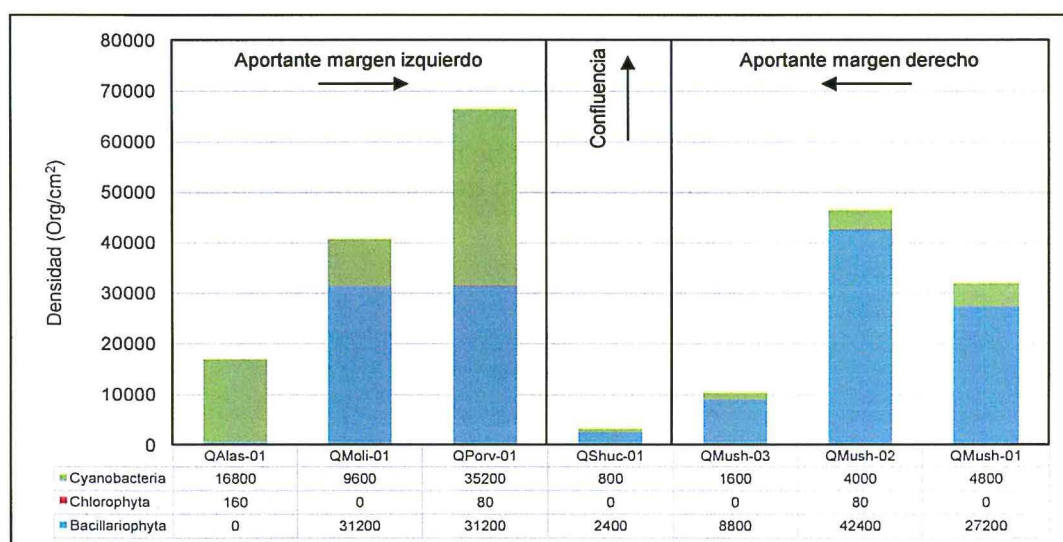


Figura 8-33. Densidad (abundancia) de la comunidad del perifiton (microalgas) según el phylum, correspondientes al grupo II durante marzo de 2017

Diversidad alfa

297. La diversidad alfa para la temporada de avenidas (marzo del 2017) indica que el número de Hill N1 varió desde 2,83 (punto de monitoreo QShuc-01) hasta 14,72 especies efectivas (punto de monitoreo QMoli-01). El número de Hill N2 varió desde 2,67 hasta 12,33 especies efectivas, correlativo a los puntos de monitoreo de N1. La equidad de Pielou en la temporada varió desde 0,58 (punto de monitoreo QMush-02) hasta 0,95 (puntos de monitoreo QMush-03 y QShuc-01), lo cual indica valores que tienden a ser medios a altos de equidad, indicando una distribución homogénea de densidades de organismos por punto de monitoreo (cf. Figura 8-34).

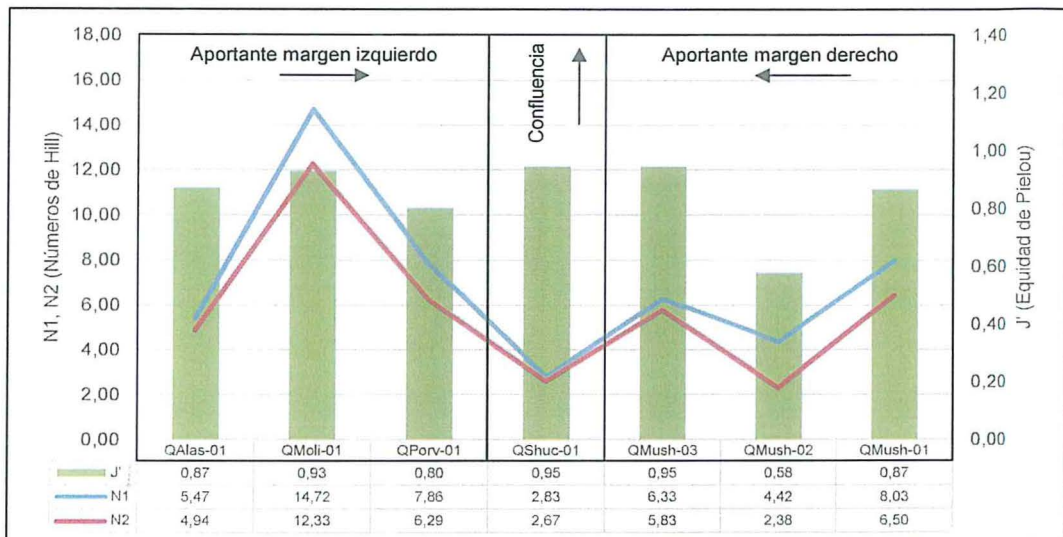


Figura 8-34. Diversidad alfa (diversidad verdadera) de la comunidad del perifiton (microalgas), correspondientes al grupo II durante marzo de 2017

298. El phylum Bacillariophyta tiende a ser dominante en todos los puntos de monitoreo a excepción del punto de monitoreo QAlas-01 (quebrada Alaska) dentro del área de estudio. El punto de monitoreo QShu-01 (tributario) presentó el menor número de especies y de abundancia, por ende, una menor diversidad en el área de estudio. Por otro lado, el phylum Cyanobacteria fue dominante en los puntos de monitoreo QPorv-01 (quebrada Porvenir) y QAlas-01 (quebrada Alaska).

Diversidad beta

299. La Figura 8-35 explica la diversidad beta del perifiton (microalgas) mediante el índice de similitud de Bray-Curtis para la temporada de avenidas (marzo del 2017) correspondiente al Grupo II. Se conformaron dos conglomerados con una similitud mayor al 40%. El primer conglomerado se encontró conformado por los puntos de monitoreo QMuch-01 y QMuch-03, ubicados en la quebrada Mush Mush. Estos dos puntos tienen en común especies como *Achnanthydium altergracillima*, *Fragilaria capuccina var. gracilis*, *Hannaea arcus* y *Ulnaria acus*, todas ellas pertenecientes al phylum Bacillariophyta. El punto de monitoreo QMuch-01 presentó aguas de buena calidad según el índice ABI (ver párrafo 311) sin sobrepasar el ECA Categoría 4 para ningún metal total. Sin embargo, el punto de monitoreo QMuch-03 presentó aguas de mala calidad según el índice ABI (ver párrafo 311), además de sobrepasar el ECA Categoría 4 para los metales totales plomo (Pb) y zinc (Zn).

300. El segundo conglomerado se encontró conformado por los puntos de monitoreo QMoli-01 y QMush-02, ubicado el primer punto en la parte media del aportante del margen izquierdo (quebrada Molinetes), mientras que el segundo punto se ubicó en la parte media del aportante del margen derecho (quebrada Mush Mush). Estos dos puntos tienen en común especies como *Achnanthydium* sp. 1, *Encyonopsis aff. falaisensis*, *Hannaea arcus* y *Ulnaria ulna* pertenecientes al phylum Bacillariophyta. Así mismo tienen en común a las especies *Phormidium* sp. y *Leptolyngbya* sp. 2 pertenecientes al phylum Cyanobacteria. El punto de monitoreo QMuch-02 presentó aguas de buena calidad según el índice ABI (ver párrafo 311) sobrepasando el ECA Categoría 4 para el metal total zinc (Zn). Por otro lado, el punto de monitoreo QMoli-01 presentó aguas de pésima calidad según el índice ABI (ver párrafo 311) sin sobrepasar el ECA Categoría 4 para ningún metal total.

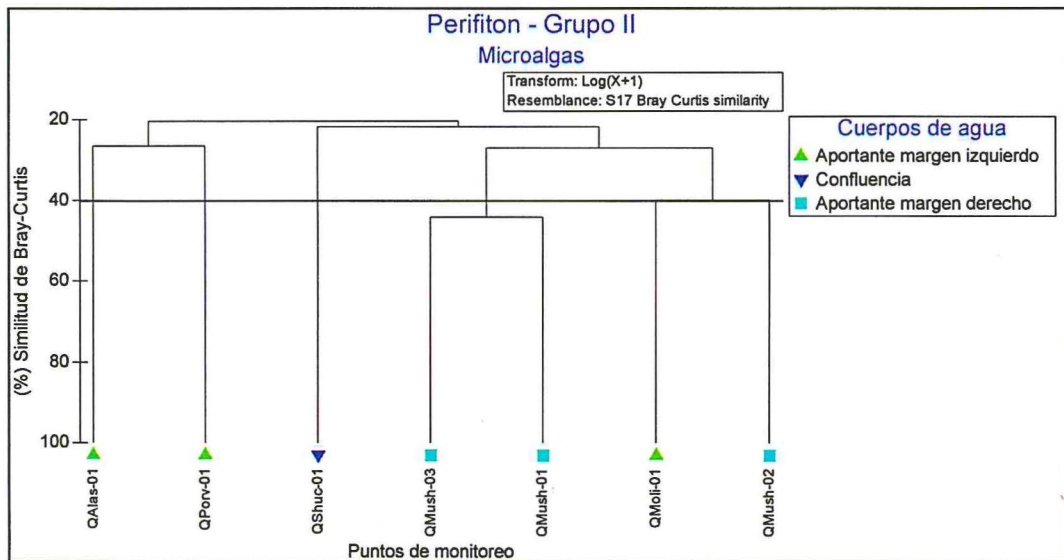


Figura 8-35. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por conglomerados) de la comunidad del perifiton (microalgas) correspondiente al Grupo II durante marzo de 2017

b. Microorganismos

Composición, riqueza y abundancia de especies

301. En esta zona se registró una especie, *Floscularia* sp. (phylum Rotifera) con 8 org/cm². El registro de microorganismos resultó bastante escaso en el área de estudio, detallándose en el Anexo 3.

8.2.2.3.2. Comunidad de macroinvertebrados bentónicos

302. Tal como se mencionó en el apartado 8.2.2.3., la segunda comunidad hidrobiológica evaluada para este segundo grupo de puntos de monitoreo es la de macroinvertebrados bentónicos. En efecto, se exponen a continuación los resultados de composición, riqueza, abundancia y diversidad de los mismos.

Composición, riqueza y abundancia de especies

303. La composición y riqueza de macroinvertebrados bentónicos en las muestras colectadas en los cuerpos de agua del grupo II durante la temporada de avenidas (marzo de 2017) se detallan en la Figura 8-36. Se identificaron un total de 21

especies (ocho de ellas no determinadas, N.D.) distribuidas en siete órdenes (Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Lepidoptera, Neophora, Opisthoptora y Trichoptera). El aportante del margen izquierdo conformado por las aguas provenientes de las quebradas Alaska, Molinetes y Porvenir, registró un número de especies menor al del aportante del margen derecho conformado por la quebrada Mush Mush. El orden Ephemeroptera fue registrado en todos los puntos de monitoreo ubicados en el aportante del margen izquierdo conformado por las aguas provenientes de las quebradas Alaska, Molinetes y Porvenir, sin embargo, se registró solo una especie en el punto de monitoreo QPorv-01 (ubicado en la quebrada Porvenir) perteneciente al orden Ephemeroptera.

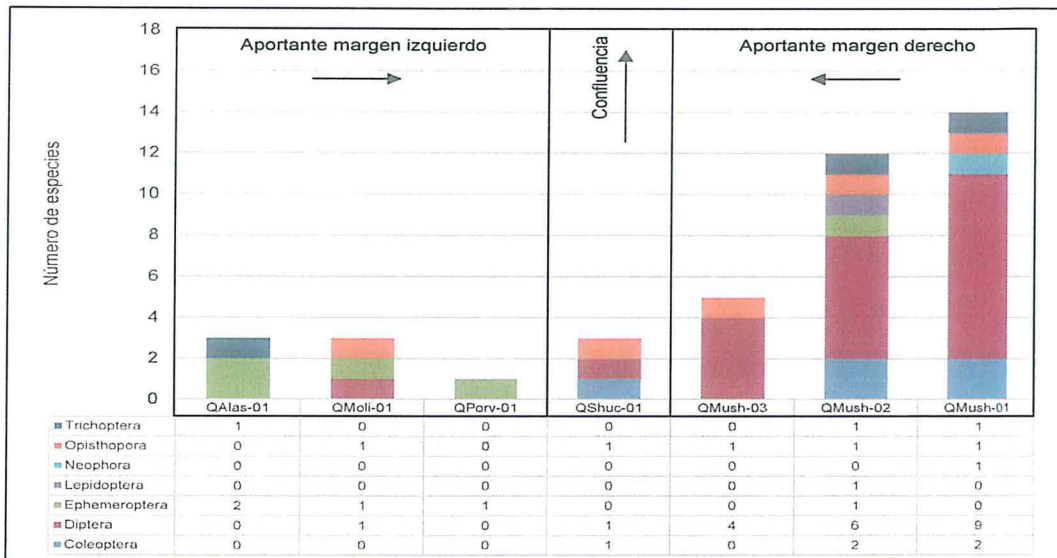


Figura 8-36. Número de especies de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según el orden en el grupo II durante marzo de 2017



304. Por otro lado, se denota una reducción gradual del número de especies en el portante del margen derecho, en la quebrada Mush Mush desde el punto de monitoreo aguas arriba (QMush-01) en la cabecera de cuenca hacia el punto de monitoreo aguas abajo (QMush-03) antes de la confluencia. En los tres puntos de monitoreo ubicados en la quebrada Mush Mush (QMush-01, QMush-02 y QMush-03) se registraron especies pertenecientes a los órdenes Opisthoptora y Diptera, además de ser registrados también en la confluencia de los dos aportantes. El registro completo de especies se detalla en el Anexo 3 del presente informe.
305. La densidad (abundancia) total acumulada durante la temporada de avenidas fue de 448 org/0,27m². Los puntos de mayor abundancia (>50 org/0,27m²) se registraron en los puntos de monitoreo QMush-01, QMush-02 y QMush-03 ubicados en la quebrada Mush Mush. El punto de monitoreo QMush-01 tuvo una alta dominancia de los órdenes Coleoptera y Diptera, mientras que los puntos de monitoreo QMush-02 y QMush-03 tuvieron una alta dominancia del orden Opisthoptora. La especie de mayor densidad durante la temporada fue *Lumbricidae* N.D. 1 (orden Opisthoptora) con 124 org/0,27m² (cf. Anexo 3), registrado en toda la quebrada Mush Mush (QMush-01, QMush-02 y QMush-03) y en la quebrada Molinetes (QMoli-01). Al igual que al registro de especies, el margen izquierdo conformado por las aguas provenientes de las quebradas Alaska, Molinetes y Porvenir, presenta una menor abundancia al del aportante del margen derecho conformado por la quebrada Mush Mush.

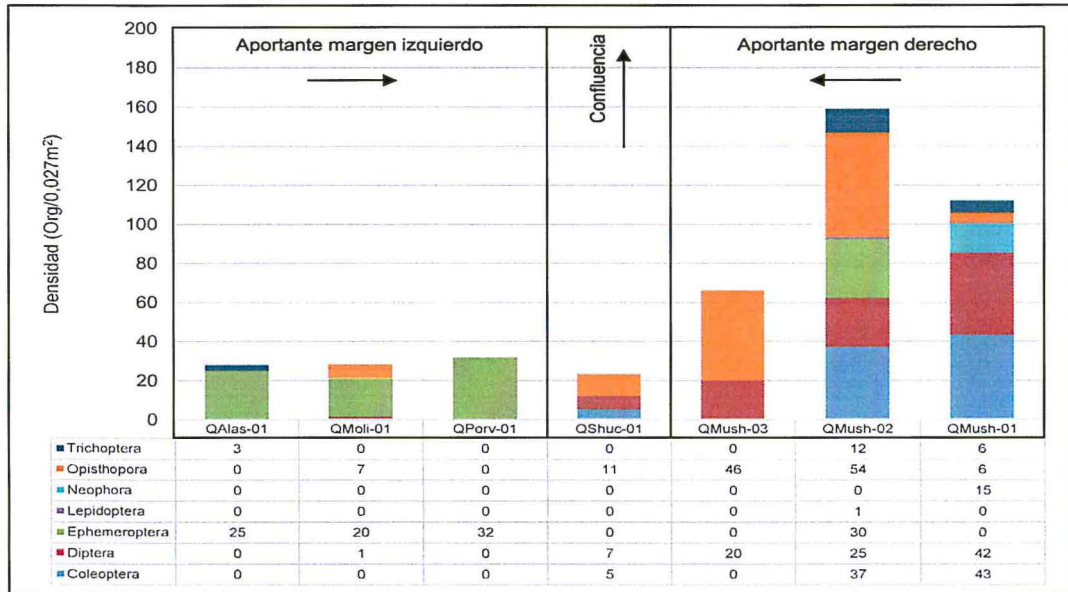


Figura 8-37. Densidad (abundancia) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según el orden, correspondientes al grupo II durante marzo de 2017

Diversidad alfa

306. La Figura 8-38 nos indica que la diversidad alfa para la temporada de avenidas (marzo del 2017), el número de Hill N1 varió desde 1,95 (punto de monitoreo QAlas-01) hasta 8,63 especies efectivas (punto de monitoreo QMush-01). El número de Hill N2 varió desde 1,56 hasta 6,23 especies efectivas, correlativo a los puntos de monitoreo de N1. La equidad de Pielou en la temporada varió desde 0,58 (punto de monitoreo QMush-03) hasta 0,95 (punto de monitoreo QShuc-01), lo cual indica valores que tienden a ser medios a altos de equidad, indicando una distribución homogénea de densidades de organismos por punto de monitoreo. El punto de monitoreo QPorv-01 sólo registró una especie; por ende, los valores de diversidad beta fueron iguales a cero.



Handwritten notes in blue ink: '4.', '7', and a signature.

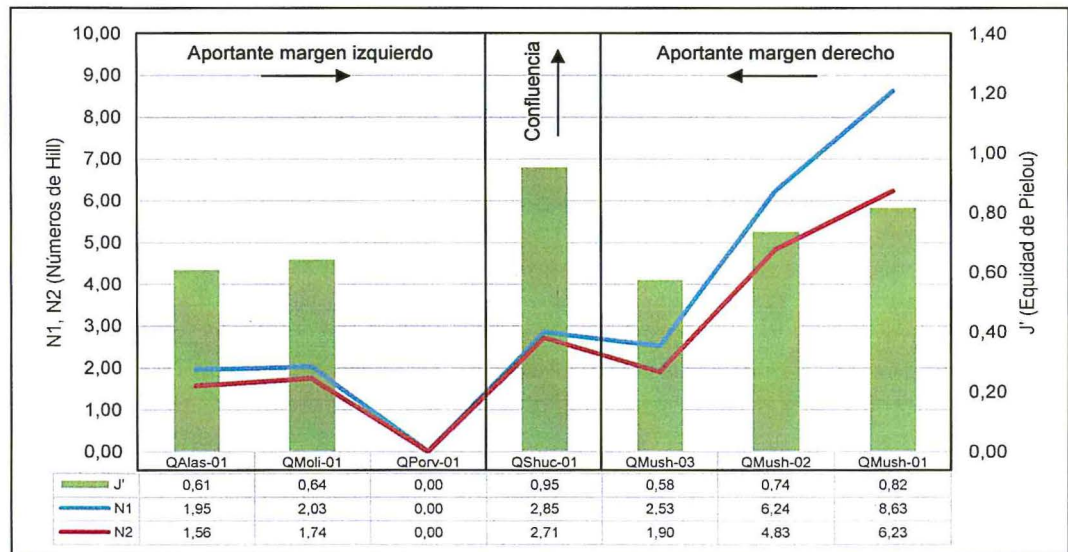


Figura 8-38. Diversidad alfa (diversidad verdadera) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, correspondientes al grupo II durante marzo de 2017

307. Para el aportante del margen izquierdo, el orden más dominante fue Ephemeroptera, mientras que para el aportante del margen derecho los órdenes más importantes fueron Opisthoptera y Diptera. Este último aportante presentó los puntos de mayor diversidad de especies, siendo mayor en el punto de monitoreo (QMush-01), ubicado aguas arriba de la quebrada Mush Mush. El punto de monitoreo QShuc-01 (confluencia) presentó el menor número de especies y de abundancia; por ende, una menor diversidad en el área de estudio.

Diversidad beta

308. La Figura 8-39 explica la diversidad beta de los macroinvertebrados bentónicos mediante el índice de similitud de Bray-Curtis para la temporada de avenidas (marzo del 2017) correspondiente al Grupo II. Se conformaron tres conglomerados con una similitud mayor al 50%. El primer conglomerado se encontró conformado por los puntos de monitoreo QMuch-01 y QMuch-02, ubicados en la quebrada Mush Mush (aportante por el margen derecho). Estos dos puntos tienen en común especies del orden Opisthoptera (especie no determinada Lumbricidae N.D. 1), Coleoptera (*Austrelmis* sp. y *Prionocyphon* sp.) y Diptera (*Bezzia* sp., *Cricotopus* sp., *Pentaneura* sp., *Podonomus* sp. y las especies no determinadas Simuliidae N.D. 1 y Tabanidae N.D. 1). Ambos puntos de monitoreo presentaron aguas de buena calidad según el índice ABI (ver párrafo 311). El punto de monitoreo QMuch-01 no sobrepasó el ECA Categoría 4 para ningún metal total. Sin embargo, el punto de monitoreo QMuch-02 sobrepasó el ECA Categoría 4 para el metal total zinc (Zn).
309. El segundo conglomerado se encontró conformado por los puntos de monitoreo QShuc-01 y QMuch-03, ubicado el primer punto en la confluencia de los dos aportantes (quebrada Shucaque), mientras que el segundo punto se ubicó en la parte baja del aportante del margen derecho (quebrada Mush Mush). Estos dos puntos tienen en común a las especies no determinadas Lumbricidae N.D. 1 (orden Opisthoptera) y Tabanidae N.D. 2 (orden Diptera). El punto de monitoreo QShuc-01 presentó aguas de mala calidad según el índice ABI (ver párrafo 311), además de sobrepasar el ECA Categoría 4 para los metales totales arsénico (As), plomo (Pb) y zinc (Zn). El punto de monitoreo QMuch-03 presentó aguas de pésima calidad según el índice ABI (ver párrafo 311), sobrepasando el ECA Categoría 4 para los metales totales plomo (Pb) y zinc (Zn).
310. El tercer conglomerado se encontró conformado por los puntos de monitoreo QAlas-01, QMoli-01 y QPorv-01, ubicados en el aportante del margen izquierdo. Estos tres puntos tuvieron en común a la especie *Andesiops* sp. (familia Baetidae). Cabe indicar que el punto de monitoreo en la quebrada Alaska (QAlas-01) presentó aguas de mala calidad según el índice ABI (ver párrafo 309), sobrepasando el ECA Categoría 4 para los metales totales plomo (Pb) y zinc (Zn). Por otro lado, los puntos de monitoreo en la quebrada Molinetes (QMoli-01) y en la quebrada Porvenir (QPorv-01) presentaron aguas de pésima calidad según el índice ABI (ver párrafo 311), sin embargo, no sobrepasaron el ECA Categoría 4 para ningún metal total.



P.
8
A
@
Q

Macroinvertebrados bentónicos - Grupo II

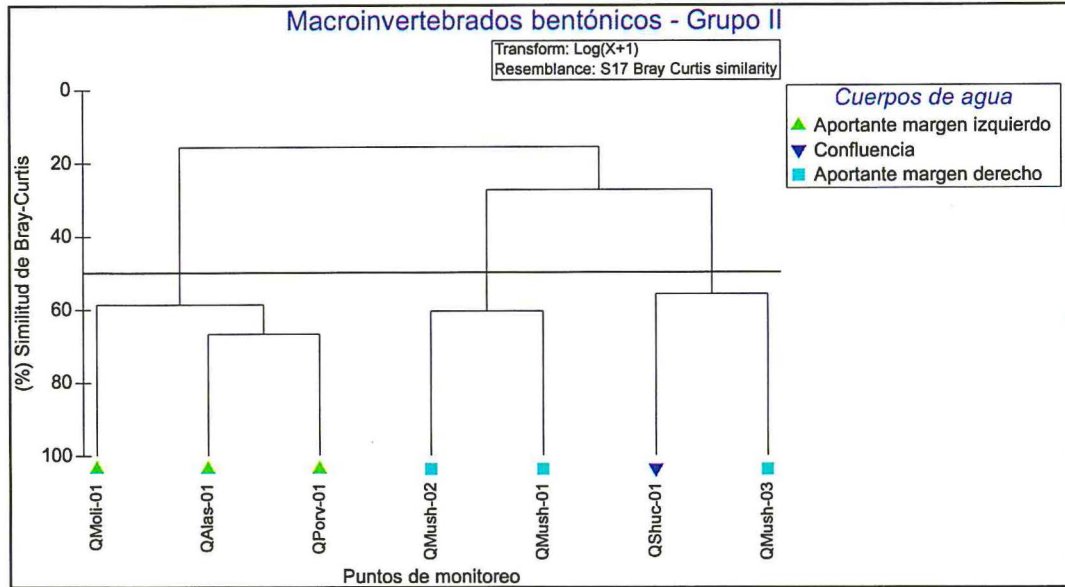


Figura 8-39. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por conglomerados) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos correspondiente al Grupo II durante marzo de 2017.

Estado ecológico según el índice ABI

311. De acuerdo a la Figura 8-40, el índice ABI determinó el estado ecológico del agua en los puntos de monitoreo evaluados en el Grupo II variaron desde pésima a buena calidad. Los puntos de monitoreo QMush-01 (no expuesto a la actividad minera, aguas arriba del vertimiento de la relavera Mush Mush) y QMush-02 (aguas arriba del efluente P-3), ubicados en la parte alta de la quebrada Mush Mush registraron una buena calidad del agua, registrando especies sensibles pertenecientes a las familias Elmidae, Scirtidae, Simuliidae, entre otros. Asimismo, el punto QAlas-01 ubicado en la naciente del aportante del margen izquierdo registró una mala calidad del agua pesar de haberse registrado especies medianamente a altamente sensibles como son Limnephilidae y Leptophlebiidae respectivamente. El punto de monitoreo QShuc-01 ubicado en la confluencia también presentó aguas de mala calidad con un escaso registro de especies medianamente tolerantes pertenecientes a las familias Psephenidae y Tipulidae. Los puntos de monitoreo QMoli-01, QPorv-01 (ambos ubicados en el margen izquierdo) y QMush-03 (ubicado en el margen derecho, aguas abajo del punto de vertimiento P-3), presentaron aguas de pésima calidad con un registro escaso de especies. El registro completo de especies por familia se detalla en el Anexo 3.



Handwritten notes in blue ink, including a checkmark and several scribbles.

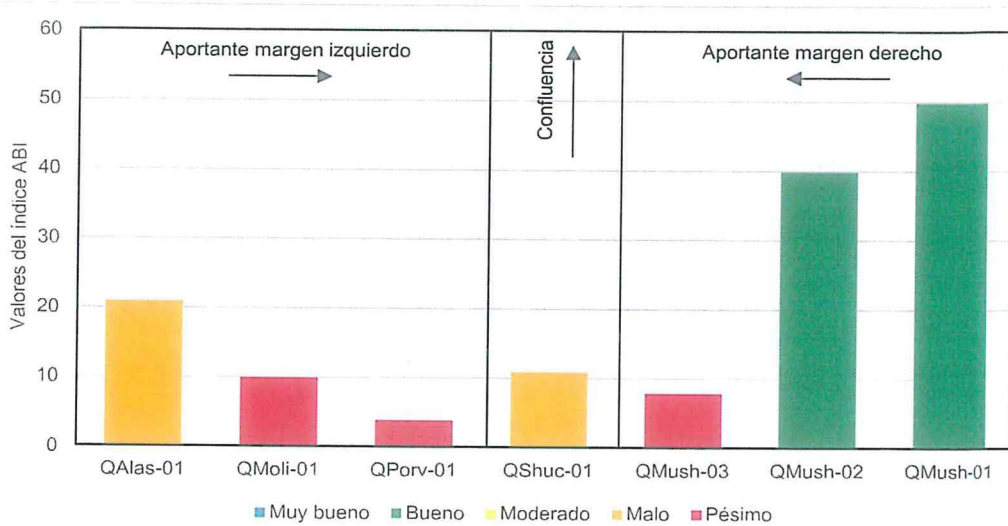


Figura 8-40. Valores del índice ABI en correspondientes al grupo II durante marzo de 2017

Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)

312. Para estudiar las relaciones de los parámetros biológicos y los factores abióticos se aplicó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), combinando las especies que cumplan con una abundancia relativa (AR) $\geq 3\%$ y una frecuencia relativa (FR) $\geq 30\%$ y los siete metales considerados en los estándares de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales (CEQG, 2001). Estos valores se encuentran en el Anexo 3 del presente informe.

313. En la Tabla 8-8 se observa que el primer eje explicó el 73,41% de la varianza de los datos de especies, mientras que el segundo eje explicó una varianza del 23,88%. Por lo tanto, los primeros dos ejes juntos explicaron el 97,29% de la varianza acumulada en la correlación de las especies respecto a las variables ambientales. Los ejes restantes contribuyeron con un poco menos del 5% de la varianza, por lo que la interpretación de los resultados se basa en los dos primeros ejes. Cabe mencionar que todas las variables se relacionaron con el primer eje (Eje 1) de la siguiente manera: plomo total ($r = -0,56$), cromo total ($r = -0,53$), zinc total ($r = -0,38$), cadmio total ($r = -0,35$), cobre total ($r = -0,35$), mercurio total ($r = -0,35$) y arsénico total ($r = 0,18$).

Tabla 8-8. Resumen de análisis de variables extraídos del Análisis de Correspondencia Canónica para el Grupo II durante marzo de 2017

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Valor propio (eigenvalue)		0,585	0,190	0,022
Varianza de especies	Varianza explicada (%)	73,41	23,88	2,72
	Varianza acumulada explicada (%)	73,41	97,29	100,00
Correlaciones	Arsénico Total	0,176326	-0,129319	-0,0448064
	Cadmio Total	-0,348579	0,272091	-0,477083
	Cobre Total	-0,350324	0,228899	-0,204506
	Cromo Total	-0,52808	0,223377	-0,191501
	Mercurio Total	-0,348021	0,279732	-0,361879
	Plomo Total	-0,564636	-0,520538	-0,120834
	Zinc Total	-0,383617	0,22168	-0,502697

314. Con respecto al ordenamiento del Eje 1 podemos indicar sobre el eje positivo (+) que *Andesiops sp.* se encontró asociado al arsénico total, mientras que sobre el eje negativo (-) podemos indicar que Lumbricidae N.D. 1 (especie no determinada), Tipulidae N.D. 2 (especie no determinada) y *Cricotopus sp.* se encontraron asociadas al cadmio total, cobre total, cromo total, mercurio total, plomo total y zinc total. Estos resultados se pueden observar en la Figura 8-41 y la Tabla 8-9 donde se resume la asociación de las especies a los metales totales.

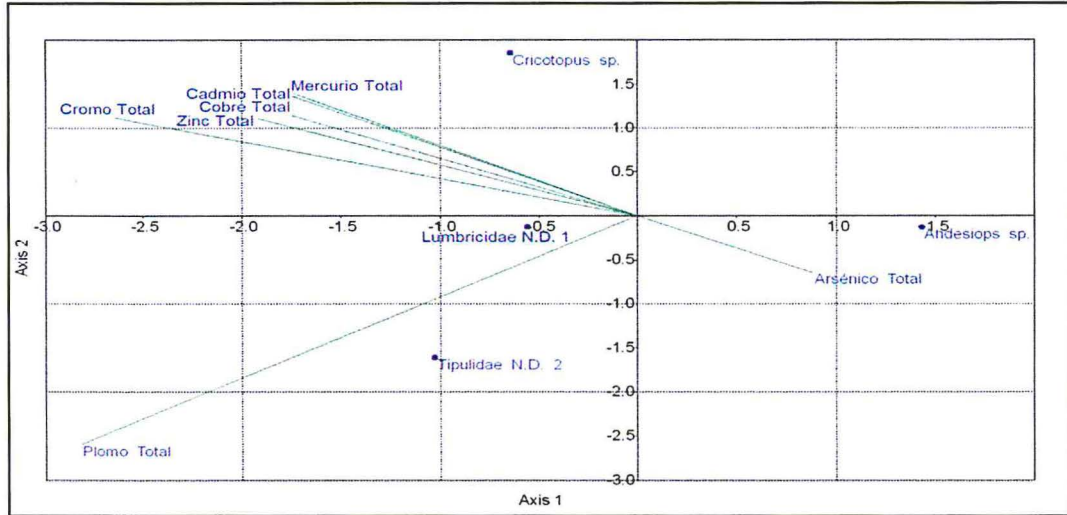


Figura 8-41. Análisis de correspondencia canónica de las especies más frecuentes y abundantes (F.R. $\geq 30\%$; A.R. $\geq 3\%$) con las variables ambientales plomo total (mg/Kg), cromo total (mg/Kg), cobre total (mg/Kg), mercurio total (mg/Kg), arsénico total (mg/Kg), cadmio total (mg/Kg) y zinc total (mg/Kg) para el Grupo II durante marzo de 2017



Tabla 8-9. Resumen de asociación de especies asociados a metales totales para el Grupo II durante marzo de 2017

Ejes	Eje 1		Eje 2
Positivo (+)	Arsénico Total	<i>Andesiops sp.</i>	S.A.
Negativo (-)	Cadmio Total	<i>Lumbricidae N.D. 1,</i> <i>Tipulidae N.D. 2,</i> <i>Cricotopus sp.</i>	S.A.
	Cobre Total		
	Cromo Total		
	Mercurio Total		
	Plomo Total		
	Zinc Total		

Leyenda: S.A.- Sin asociación

8.2.2.3.3. Comunidad de peces

315. Para la colecta de peces, se realizaron siete (7) lances de atarraya por punto de monitoreo. Sin embargo, no se colectaron peces en ninguno de los puntos.

8.2.3. Resultados para el Grupo III

316. La tercera agrupación (Grupo III), corresponde a 4 puntos de monitoreo ubicados todos estos en cuerpos de agua lenticos de la microcuenca del río Llacubamba. Por un lado, se encuentra al circuito de Las Tres Lagunas (*i.e.* LTresL-01, LTresL-02 y LTresL-03), ubicadas en la zona de la naciente de la quebrada Ventanas fuera del área efectiva del administrado. Mientras que, el cuarto punto

de monitoreo correspondiente a la laguna Blanca (*i.e.* LBlan-01), ubicada dentro del área efectiva de las actividades de la UM Retamas (*cf.* Figura 5-2 y Figura 8-1).

8.2.3.1. Calidad de agua superficial

8.2.3.1.1. Análisis de los resultados de los parámetros de campo



317. Referente a los parámetros de pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura que contempla el vigente ECA del año 2017 para subcategoría Cat4E2, no se observó superación alguna en los valores y/o rangos establecidos. Por lo antes mencionado, no se vio la necesidad de presentar los resultados de manera gráfica, sino más bien mediante una tabla resumen (ver Tabla 8-10), complementada por una breve descripción tal como se presentan a continuación.

Tabla 8-10. Resultados de parámetros de campo para calidad de agua superficial del Grupo III, comparados con el ECA Cat.4 E1 del año 2017

Puntos de monitoreo		Parámetros de campo			
		Potencial de hidrógeno (pH)	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)
GRUPO III	LTresL-01	8,02	299	6,89	11,0
	LTresL-02	7,79	307	6,93	11,4
	LTresL-03	7,41	209,2	7,40	13,2
	LBlan-01	7,36	238	6,99	10,6
ECA Cat.4 E1 (2017) ⁽ⁱⁱ⁾		6,5 – 9,0	1000	≥5	Δ3 ^(*)
<small>(ii) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 4 Subcategoría E1: Conservación del ambiente acuático de lagos y lagunas (D.S. N° 004-2017-MINAM).</small>					
<small>(*) El ECA establece una variación de tres (Δ3), el cual se determina considerando la media histórica de los últimos cinco años como máximo y de un año como mínimo, considerando la estacionalidad. Sin embargo, no se consideró en el presente monitoreo por tratarse de muestras puntuales.</small>					



8.2.3.1.2. Análisis de los resultados de los parámetros determinados en laboratorio

318. Al igual que los grupos precedentes, el Anexo 3 contempla las tablas de data sistematizada correspondiente a los resultados tanto de parámetros inorgánicos como de parámetros fisicoquímicos de calidad de agua superficial de los 4 puntos de monitoreo del Grupo III. El anexo en mención también contempla la comparación de estos resultados con los valores establecidos en el vigente ECA Cat.4 E1 del año 2017.
319. Cabe resaltar de forma breve que, en referencia a los metales regulados para el ECA 2017, no se observó superación alguna para los metales con valores establecidos en ambos estándares de calidad para agua. Por lo antes mencionado, no se vio la necesidad de presentar los resultados metal por metal, sino más bien en agrupaciones de metales regulados por la normativa y otros metales no regulados tal como se presentan a continuación.

a. Metales regulados

320. En lo que respecta al ECA vigente del presente año 2017, se obtiene en términos generales que todos los metales antes mencionados se encuentran por debajo de sus valores establecidos en el reciente ECA Cat.4 E1. En el caso de Cd total como ya se había comentado, este ya no se encuentra regulado en el nuevo ECA. Por lo contrario, la nueva norma se habría enfocado en el Cd disuelto (*i.e.* 0,00025 mg/L para Cd disuelto), que para efectos de los resultados no tendría relevancia alguna.

b. Metales no regulados

321. Finalmente, en referencia a los metales no regulados por el ECA Cat.4 E1 del año 2017, tanto para valores de metales totales como disueltos, es decir las concentraciones de berilio (Be) bismuto (Bi), boro (Bo), cobalto (Co), cromo (Cr), estaño (Sn), litio (Li), molibdeno (Mo), plata (Ag), titanio (T) y vanadio (V), sus resultados (cf. Anexo 3) evidenciaron que en todos los puntos de monitoreo estos se encontraron por debajo de los límites de cuantificación correspondientes.

8.2.3.2. Calidad de sedimento

322. Prosiguiendo con el análisis de los resultados correspondientes a los puntos de monitoreo de sedimento del segundo grupo, (cf. Figura 8-1), es importante mencionar que estos se encuentran a detalle en el Anexo 2. En tal sentido, se exponen a continuación las representaciones gráficas en orden decreciente según la relevancia de superación de aquellos parámetros evaluados que contemplan valores que excedieron de forma referencial los estándares de calidad ambiental canadiense para sedimentos (CEQG) de aguas continentales. En efecto se tiene que de los 7 metales que contempla el CEQG, fueron el Cr, Zn, Cd y Cu aquellos que presentaron concentraciones sobre los valores establecidos para el ISQG y en algunos casos al PEL.

a. Cromo y zinc

323. En la Figura 8-42a, se presentan los resultados de las concentraciones de cromo (Cr) total en sedimento del Grupo III. De esta figura, se observa que todos los puntos de monitoreo del grupo (e.i. LTresL-01, LTresL-02, LTresL-03 y LBlan-01), se encontraron por encima del estándar de concentración de sedimento (e.i. 37,3 mg/kg para ISQG_{Cr}). Solo los puntos de monitoreo LTresL-03 y LBlan-01, se encontraron por encima del estándar de concentración PEL sobre el cual los efectos biológicos adversos se presentan con frecuencia (e.i. 90 mg/kg de Cr).

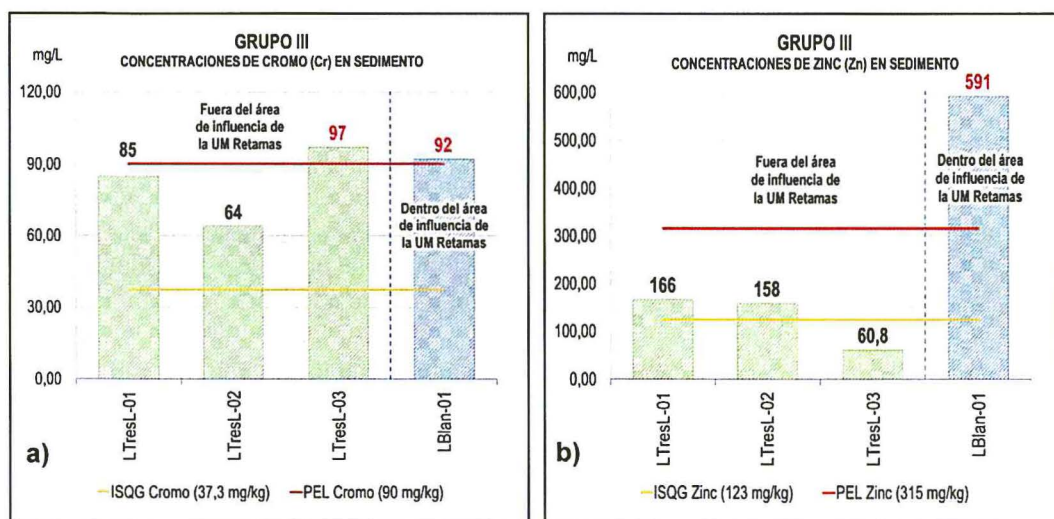


Figura 8-42. Concentraciones de Cr y Zn total en sedimentos del Grupo III, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), para ISQG y PEL.
 ISQG: Interim Sediment Quality Guideline: Nivel por debajo de la cual no se espera efectos biológicos adversos
 PEL: Probable Effect Level: Nivel que usualmente está asociado a efectos biológicos adversos

324. En referencia de las concentraciones de cobre (Zn) en sedimento para el Grupo III (cf. Figura 8-42b), se observa que todos los puntos de monitoreo del grupo a excepción del punto LTresL-03 (e.i. LTresL-01, LTresL-02 y LBlan-01), se encontraron por encima del estándar de concentración de sedimento ISQG_{Zn} (e.i. 123 mg/kg). No obstante, solo el punto de monitoreo LBlan-01 se encontró por encima del estándar de concentración PEL (e.i. 315 mg/kg para Zn) sobre el cual los efectos biológicos adversos se presentan con frecuencia.

b. Cadmio y cobre

325. Con respecto a las concentraciones de cadmio (Cd) en sedimento para el grupo en referencia (cf. Figura 8-43a), estos se encontraron por debajo del estándar de concentración PEL sobre el cual los efectos biológicos adversos se presentan con frecuencia (e.i. 3,5 mg/kg de Cd). Sin embargo, el punto de monitoreo LBlan-01 fue el único que se encontró en el intervalo de valores entre el estándar interno de calidad de sedimento ISQG_{Cd} y el PEL_{Cd} (e.i. ISQG_{Cd} < LBlan-01 < PEL_{Cd}).

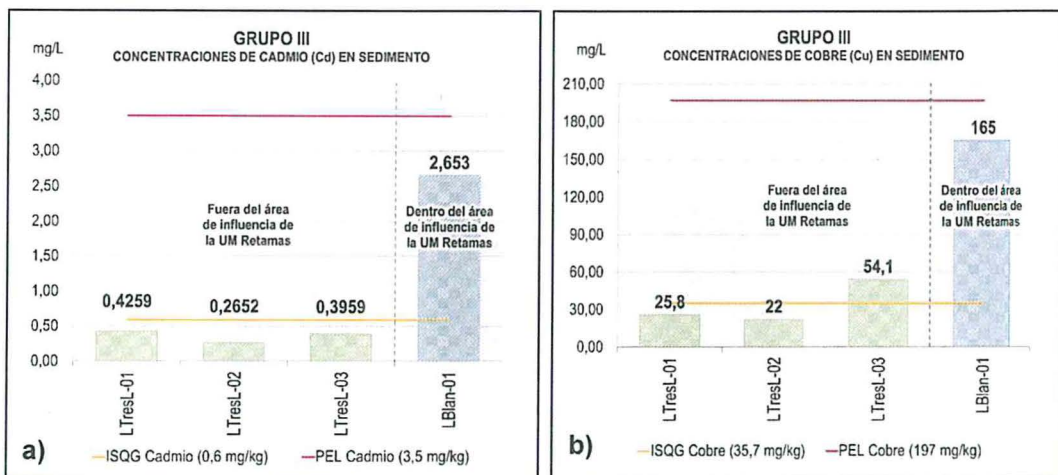


Figura 8-43. Concentraciones de Cd y Cu total en sedimentos del Grupo III, comparados con los estándares de calidad ambiental canadiense (CEQG), para ISQG y PEL.

ISQG: Interim Sediment Quality Guideline): Nivel por debajo de la cual no se espera efectos biológicos adversos
 PEL: Probable Effect Level: Nivel que usualmente está asociado a efectos biológicos adversos

326. Muy similares tendencias se presentaron para concentraciones de cobre (Cu) en sedimento para el Grupo III (cf. Figura 8-43b), es decir que se encontraron por debajo del estándar de concentración PEL sobre el cual los efectos biológicos adversos se presentan con frecuencia (e.i. 195 mg/kg de Cu). Por otro lado, tanto el punto LTresL-03 como el punto LBlan-01 se encontraron en el intervalo de valores entre el estándar interno de calidad de sedimento ISQG_{Cu} y el PEL_{Cu} (e.i. ISQG_{Cu} < LTresL-03 y LBlan-01 < PEL_{Cu}, sin dejar de lado que fue la muestra tomada de la laguna Blanca la cual presentó mayor concentración de Cu, al igual que se observó para Cd (cf. Figura 8-43a).

8.2.3.3. Comunidades hidrobiológicas

8.2.3.3.1. Comunidad de perifiton

327. Los resultados de la comunidad del perifiton (microalgas y microorganismos) en la U.M. Retamas, tuvo en consideración los 20 puntos de monitoreo evaluados en

la temporada de avenidas (marzo de 2017) tanto en ambientes lénticos como en ambientes lóticos.

a. Microalgas

Composición, riqueza y abundancia de especies

328. La composición y riqueza de microalgas en las muestras colectadas en los cuerpos de agua de la Zona III (ambientes lénticos) durante la temporada de avenidas (marzo de 2017) se detalla en la Figura 8-44. Se identificaron un total de 116 especies durante esta temporada, registrándose seis phyla (Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cyanobacteria, Euglenozoa y Miozoa). El número de especies es bastante homogéneo entre lagunas, presentando el menor número de especies LTresL-03 (complejo de lagunas Tres Lagunas, laguna N° 03) y el mayor número LTresL-01 (complejo de lagunas Tres Lagunas, laguna N° 01). Se registraron especies pertenecientes a los phyla Cyanobacteria, Chlorophyta y Bacillariophyta en todos los puntos de monitoreo, mientras que los phyla Miozoa y Euglenozoa solo registraron especies en el punto de monitoreo LBlanc-01 (Laguna Blanca). El phylum Charophyta no se registró en el punto de monitoreo LTresL-02. El registro completo de especies se detalla en el Anexo 3.

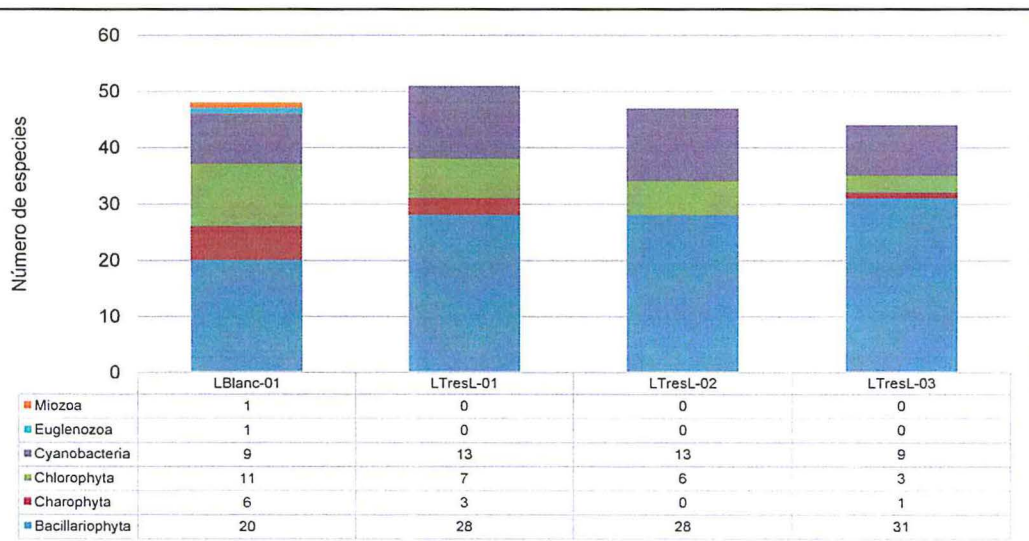


Figura 8-44. Número de especies en la comunidad del perifiton (microalgas) según el phylum, correspondientes al grupo III durante marzo de 2017

329. La densidad (abundancia) total acumulada durante la temporada de avenidas fue de 443 680 org/cm². La especie de mayor densidad durante la temporada fue *Achnanthydium altergracillima* (phylum Bacillariophyta) con 21 600 org/cm² registrado solo en los puntos de monitoreo del complejo de lagunas Tres Lagunas (cf. Anexo 3). Se observa que en los puntos de monitoreo del complejo de lagunas Tres Lagunas, el phylum Bacillariophyta es marcadamente más dominante que el resto de phyla, en comparación a Laguna Blanca, donde la distribución de la abundancia por phyla es más homogénea.



Handwritten notes and signatures in blue ink.

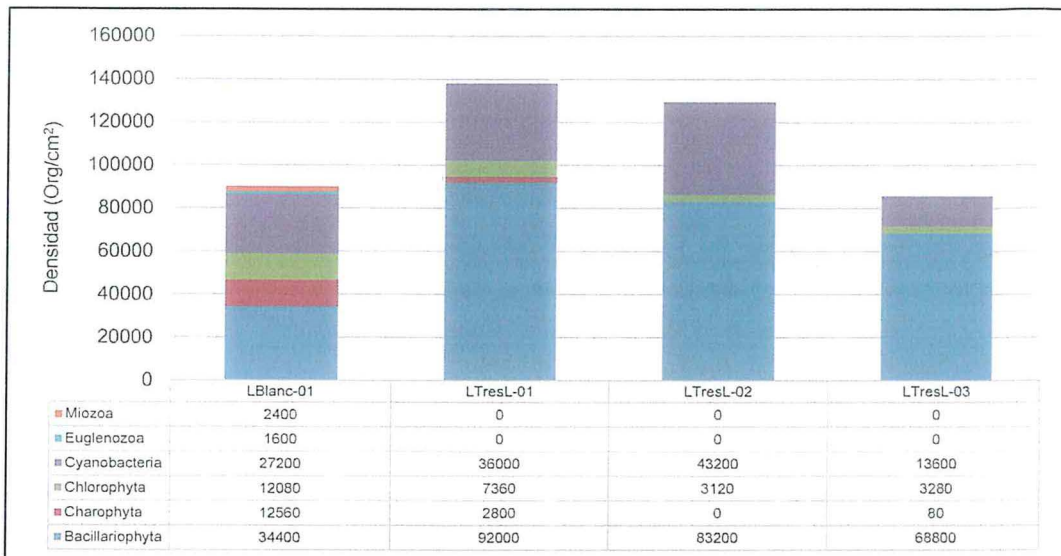


Figura 8-45. Densidad (abundancia) de la comunidad del perifiton (microalgas) según el phylum, correspondientes al grupo III durante marzo de 2017

Diversidad alfa

330. La diversidad alfa para la temporada de avenidas (marzo del 2017) indica que el número de Hill N1 varió desde 31,21 (punto de monitoreo LTresL-03) hasta 38,50 especies efectivas (punto de monitoreo LBlanc-01). El número de Hill N2 varió desde 23,69 hasta 33,34 especies efectivas, correlativo a los puntos de monitoreo de N1. La equidad de Pielou en la temporada varió desde 0,90 (punto de monitoreo LTresL-02) hasta 0,94 (punto de monitoreo LBlanc-01), lo cual indica valores altos de equidad, por ende, una distribución homogénea de densidades de organismos por punto de monitoreo (ver Figura 8-46).



4.
8
@
@

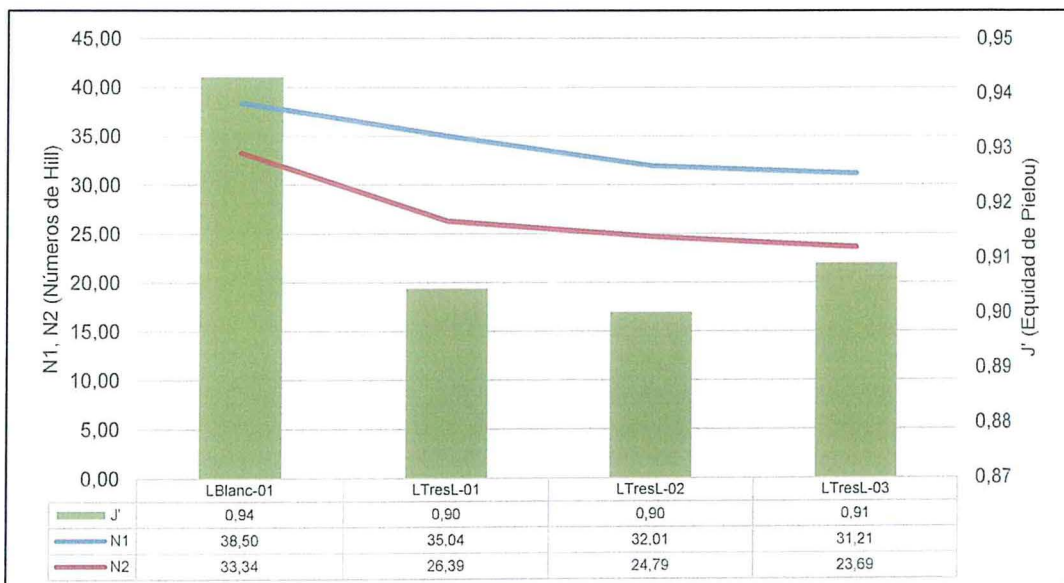


Figura 8-46. Diversidad alfa (diversidad verdadera) de la comunidad del perifiton (microalgas), correspondientes al grupo II durante marzo de 2017

331. El phylum Bacillariophyta fue dominante en todos los puntos de monitoreo correspondientes a las lagunas, seguidos del phylum Cyanobacteria y

Chlorophyta. La Laguna Blanca presentó una mayor diversidad debido a un mayor registro de grupos taxonómicos (phyla) así como una mayor distribución homogénea de sus poblaciones.

Diversidad beta

332. La Figura 8-47 explica que la diversidad beta del perifiton (microalgas) mediante el índice de similitud de Bray-Curtis para la temporada de avenidas (marzo del 2017) correspondiente al Grupo III. Se conformó un conglomerado con una similitud mayor al 40% por los puntos de monitoreo LTresL-01, LTresL-02 y LTresL-03 los cuales conforman el complejo de lagunas Tres Lagunas. Estos tres puntos tienen en común especies del género Achnanthydium, Planothidium, Nitzschia, Navicula, Sellaphora, Epithemia y Fragilaria pertenecientes al phylum Bacillariophyta. Así mismo tienen en común a los géneros Chroococcus y Pseudanabaena pertenecientes al phylum Cyanobacteria y al género Oedogonium perteneciente al phylum Chlorophyta. Los tres puntos de monitoreo presentaron aguas de mala, buena y moderada calidad respectivamente según el índice ABI, sin sobrepasar el ECA Categoría 4 para ningún metal total.

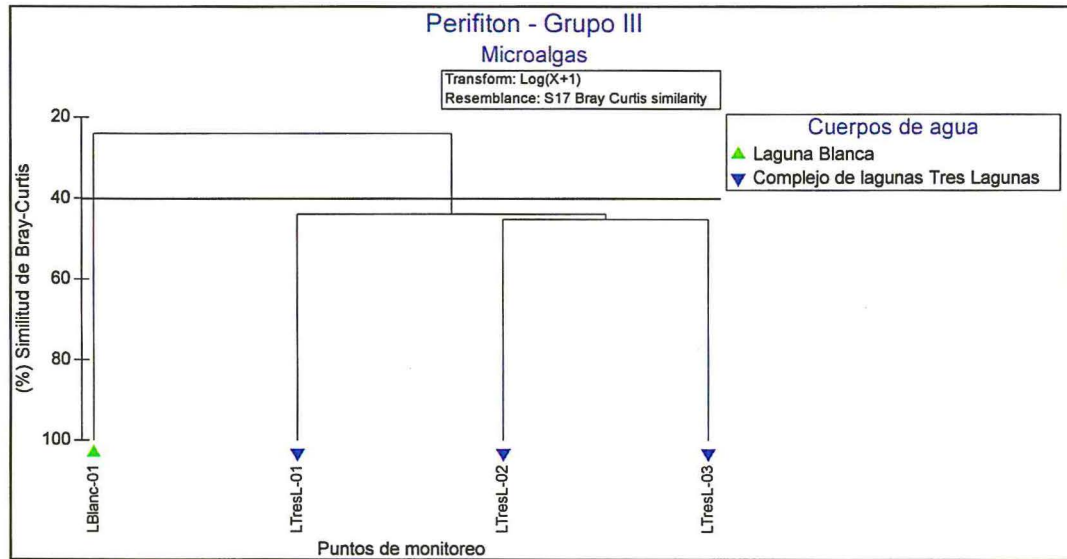


Figura 8-47. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por conglomerados) de la comunidad del perifiton (microalgas) correspondiente al Grupo III durante marzo de 2017

b. Microorganismos

Composición, riqueza y abundancia de especies

333. La composición y riqueza de microalgas en las muestras colectadas en los cuerpos de agua del grupo III (ambientes lénticos) durante la temporada de avenidas (marzo de 2017) se detalla en la Figura 8-48. Se identificaron un total de seis especies durante esta temporada, registrándose cuatro phyla (Amoebozoa, Cercozoa, Arthropoda y Nematoda). El número de especies es bastante reducido en las lagunas, presentando el menor número de especies LTresL-01 (complejo de lagunas Tres Lagunas, laguna N° 01) y el mayor número LTresL-02 (complejo de lagunas Tres Lagunas, laguna N° 02). El registro completo de especies se detalla en el Anexo 3 del presente informe.

Handwritten notes and signatures in blue ink.

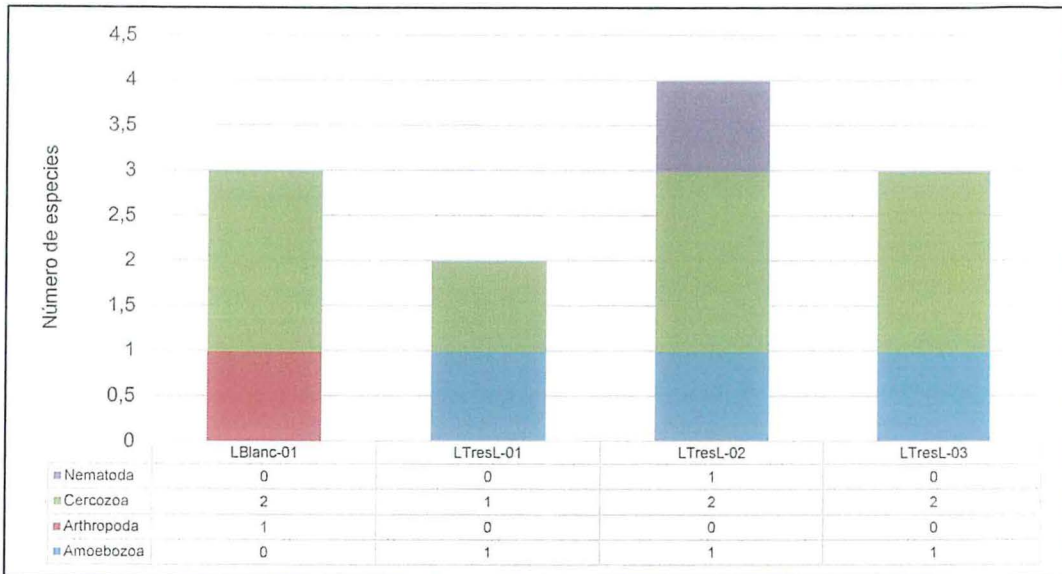


Figura 8-48. Número de especies de la comunidad del perifiton (microorganismos) según el phylum en el grupo III durante marzo de 2017

334. El phylum Cercozoa se registró en todos los puntos, mientras que el phylum Amoebozoa se registró en todos los puntos del complejo de lagunas Tres Lagunas. El phylum Nematoda solo se registró en el punto de monitoreo LTresL-02, mientras que el phylum Arthropoda solo se registró en el punto de monitoreo LBlanc-01. La densidad (abundancia) total acumulada durante la temporada de avenidas fue de 168 org/cm². La especie de mayor densidad durante la temporada fue *Trinema linearis* (phylum Cercozoa) con 51 org/cm² registrado en todos los puntos de monitoreo (cf. Anexo 3). Se observa que en la Laguna Blanca el phylum Cercozoa es altamente dominante al igual que en el complejo de lagunas Tres Lagunas, laguna N° 03.



✓

8

A

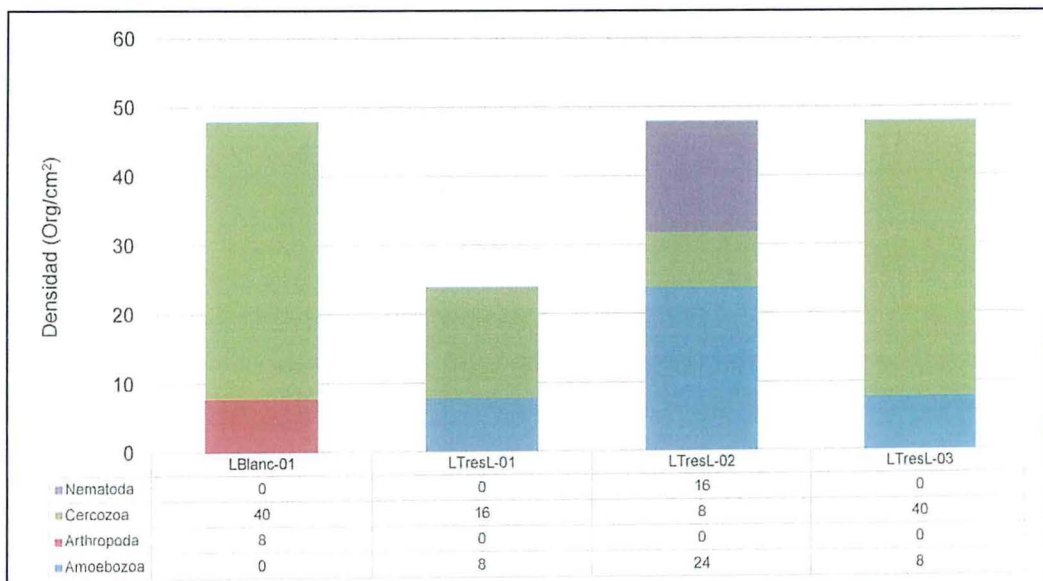


Figura 8-49. Densidad (abundancia) de la comunidad del perifiton (microorganismos) según el phylum, correspondientes al Grupo III durante marzo de 2017

Diversidad alfa

335. La diversidad alfa para la temporada de avenidas (marzo del 2017) indica que el número de Hill N1 varió desde 1,89 (punto de monitoreo LTresL-01) hasta 2,75 especies efectivas (puntos de monitoreo LBlanc-01 y LTresL-02). El número de Hill N2 varió desde 1,80 hasta 2,57 especies efectivas, correlativo a los puntos de monitoreo de N1. La equidad de Pielou en la temporada varió desde 0,79 (punto de monitoreo LTresL-03) hasta 0,92 (puntos de monitoreo LBlanc-01, LTresL-01 y LTresL-02), lo cual indica valores altos de equidad, por ende, una distribución homogénea de densidades de organismos por punto de monitoreo (cf. Figura 8-50).

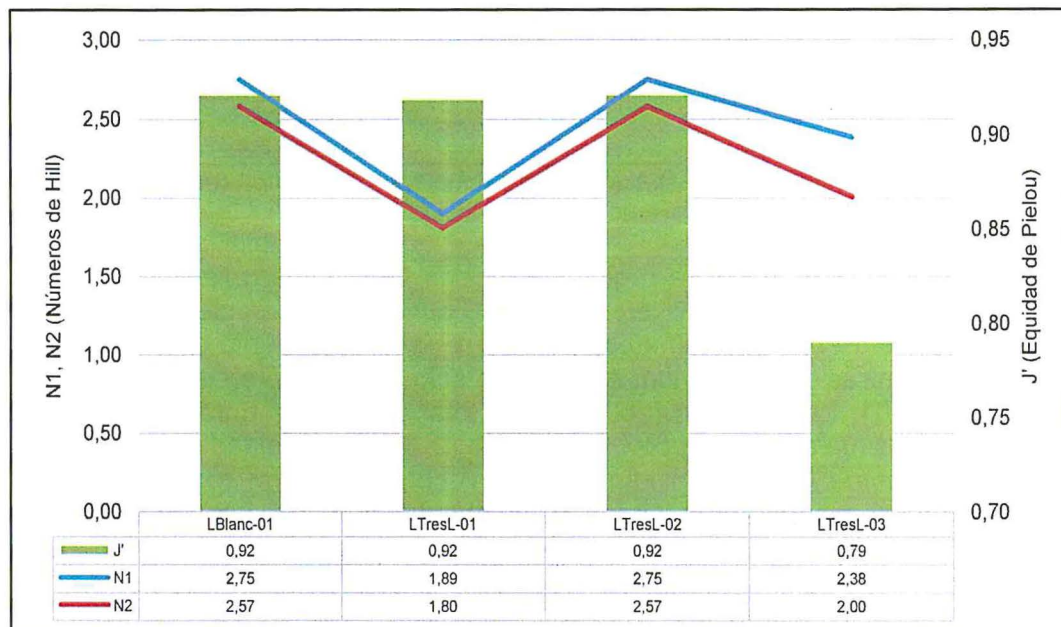


Figura 8-50. Diversidad alfa (diversidad verdadera) de la comunidad del perifiton (microorganismos), correspondientes al Grupo III durante marzo de 2017

336. El phylum Cercozoa fue dominante en todos los puntos de monitoreo correspondientes a las lagunas, seguido del phylum Amoebozoa, registrado únicamente en el complejo de lagunas Tres Lagunas.

Diversidad beta

337. La Figura 8-51 explica la diversidad beta del perifiton (microorganismos) mediante el índice de similitud de Bray-Curtis para la temporada de avenidas (marzo del 2017) correspondiente al Grupo III. Se conformaron dos conglomerados con una similitud mayor al 50%. El primer conglomerado se encontró conformado por los puntos de monitoreo LTresL-01 y LTresL-02, ubicados en el complejo de lagunas Tres Lagunas. Estos dos puntos tienen en común a las especies Hyalosphenia sp. y Trinema linearis, la primera perteneciente al phylum Amoebozoa y la segunda perteneciente al phylum Cercozoa respectivamente. Los dos puntos de monitoreo contradictoriamente presentaron aguas de mala y buena calidad respectivamente según el índice ABI (ver párrafo 343), sin sobrepasar el ECA Categoría 4 para ningún metal total.

338. El segundo conglomerado se encontró conformado por los puntos de monitoreo LBlanc-01 (Laguna Blanca) y LTresL-03 (perteneciente al complejo de lagunas Tres Lagunas). Estos dos puntos tienen en común a las especies *Trinema enchelys* y *Trinema linearis*, ambas pertenecientes al phylum Cercozoa. Ambos puntos de monitoreo presentaron aguas de moderada calidad según el índice ABI (ver párrafo 343), sin sobrepasar el ECA Categoría 4 para ningún metal total.

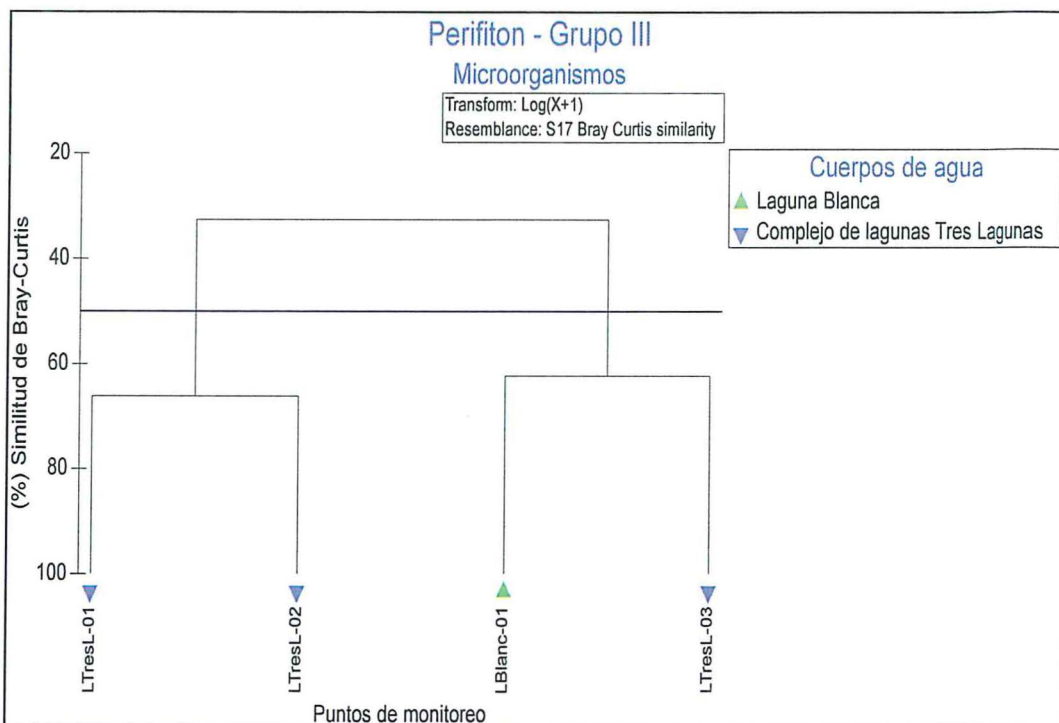


Figura 8-51. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por conglomerados) de la comunidad del perifiton (microorganismos) del Grupo III durante marzo de 2017

8.2.3.3.2. Comunidad de macroinvertebrados bentónicos

Composición, riqueza y abundancia de especies

339. La composición y riqueza de macroinvertebrados bentónicos en las muestras colectadas en los cuerpos de agua del grupo III durante la temporada de avenidas (marzo de 2017) se detallan en la Figura 8-52. Se identificaron un total de 20 especies (nueve de ellas no determinadas, N.D.) distribuidas en 11 órdenes (Amphipoda, Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Lepidoptera, Neophora, Odonata, Opisthopora, Ostracoda N.D. 1, Trichoptera y Veneroida). El número de especies varió desde seis a 14 especies, presentando el menor número de especies LTresL-01 (Complejo de lagunas Tres Lagunas, laguna N° 03) y el mayor número LTresL-02 (Complejo de lagunas Tres Lagunas, laguna N° 01), sin embargo estos dos puntos de monitoreo presentaron el mayor número de órdenes registrados. En todos los puntos de monitoreo se registraron especies pertenecientes a los órdenes Diptera y Amphipoda, siendo Diptera bastante dominante en el número de especies en la mayoría de lagunas (a excepción del punto de monitoreo LTresL-01). El registro completo de especies se detalla en el Anexo 3 del presente informe.

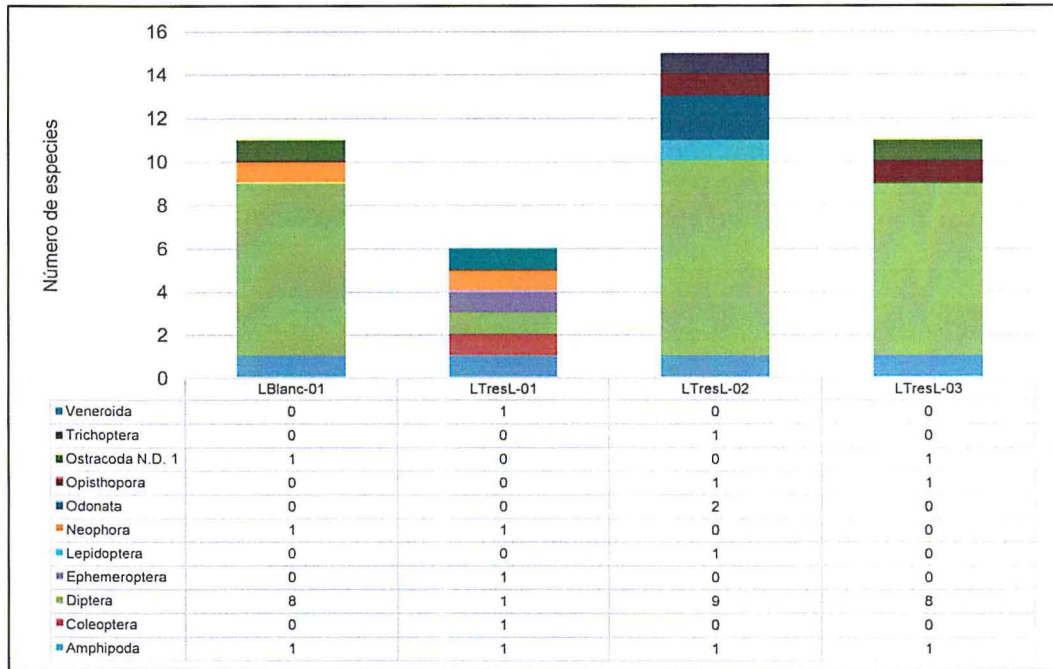


Figura 8-52. Número de especies de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según el orden en el Grupo III durante marzo de 2017

340. La densidad (abundancia) total acumulada durante la temporada de avenidas fue de 2 153 org/0,27m². La especie de mayor densidad durante la temporada fue *Hyalella* sp. (orden Amphipoda) con 1 656 org/0,27m² (cf. Anexo 3), registrado en las cuatro lagunas evaluadas. El orden Amphipoda fue bastante dominante en los puntos de monitoreo en lagunas dentro del área de estudio, a excepción del punto de monitoreo LTresL-02 donde el orden Diptera fue el más abundante, con un alto registro de organismos de la especie *Cricotopus* sp. (familia Chironomidae).



8
4
8
@
8

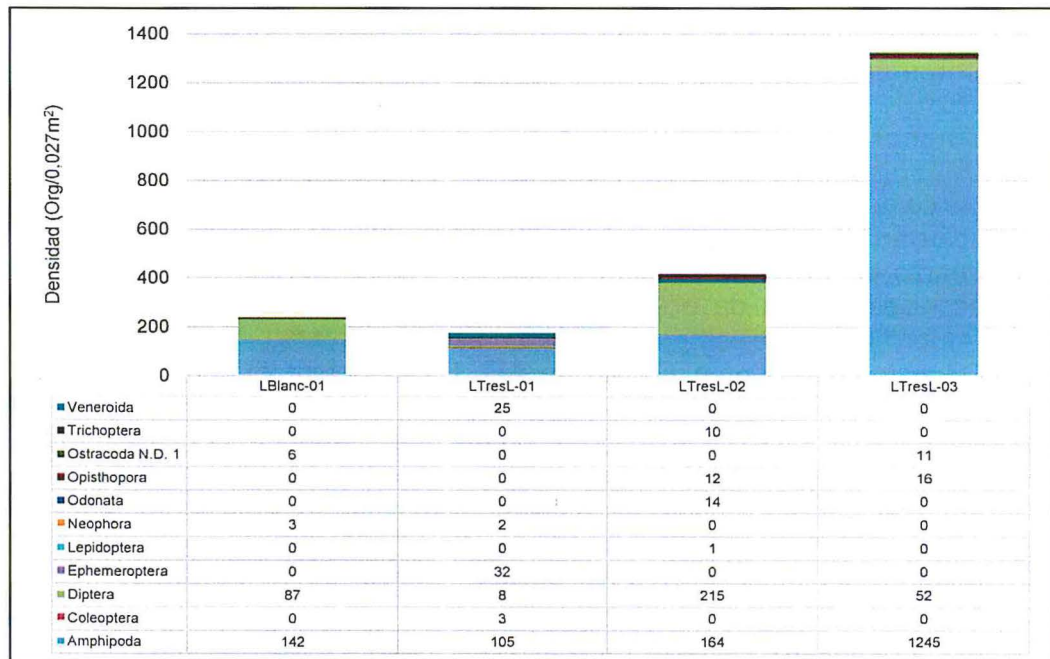


Figura 8-53. Densidad (abundancia) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según el orden, correspondientes al Grupo III durante marzo de 2017

Diversidad alfa

341. La Figura 8-54 nos indica que la diversidad alfa para la temporada de avenidas (marzo del 2017), el número de Hill N1 varió desde 1,39 (punto de monitoreo LTresL-03) hasta 6,30 especies efectivas (punto de monitoreo LTresL-02). El número de Hill N2 varió desde 1,13 hasta 4,09 especies efectivas, correlativo a los puntos de monitoreo de N1. La equidad de Pielou en la temporada varió desde 0,14 (punto de monitoreo LTresL-03) hasta 0,68 (punto de monitoreo LTresL-02), lo cual indica valores bajos a medios de equidad, por ende, una distribución poco homogénea de densidades de organismos por punto de monitoreo. La alta abundancia del orden Amphipoda, dada por la especie *Hyaella sp.*, influye en la baja equidad por punto de monitoreo.

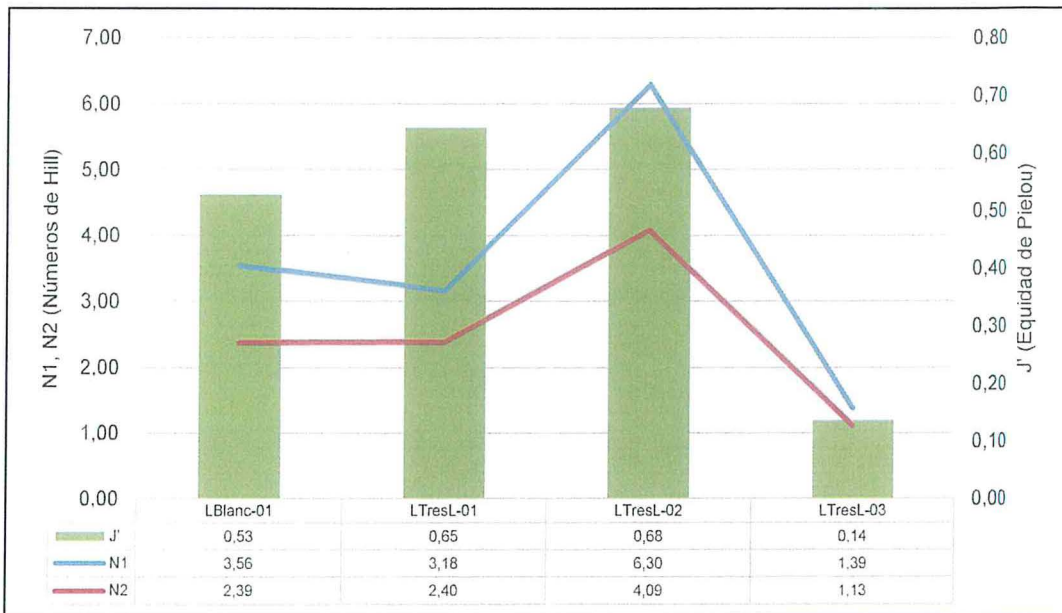


Figura 8-54. Diversidad alfa (diversidad verdadera) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, correspondientes al Grupo III durante marzo de 2017

Diversidad beta

342. La Figura 5-55 explica la diversidad beta de los macroinvertebrados bentónicos mediante el índice de similitud de Bray-Curtis para la temporada de avenidas (marzo del 2017) correspondiente al Grupo III. Se conformó un conglomerado con una similitud mayor al 50% por los puntos de monitoreo LBlanc-01, LTresL-02 y LTresL-03, siendo el primero de ellos la laguna Blanca y las otras dos lagunas parte del complejo de lagunas Tres Lagunas. Estos tres puntos tienen en común especies del orden Amphipoda (*Hyaella sp.*) y del orden Diptera (*Bezzia sp.*, *Cricotopus sp.*, *Pentaneura sp.*, *Podonomus sp.* y las especies no determinadas Empididae N.D. 1, Muscidae N.D. 1, Simuliidae N.D. 1, Tabanidae N.D. 1 y Tipulidae N.D. 2). El punto de monitoreo LTresL-02 Presentó aguas de buena calidad mientras que los puntos de monitoreo LTresL-03 y LBlanc-01 presentaron aguas de moderada calidad según el índice ABI (ver párrafo 343), sin sobrepasar el ECA Categoría 4 para ningún metal total.

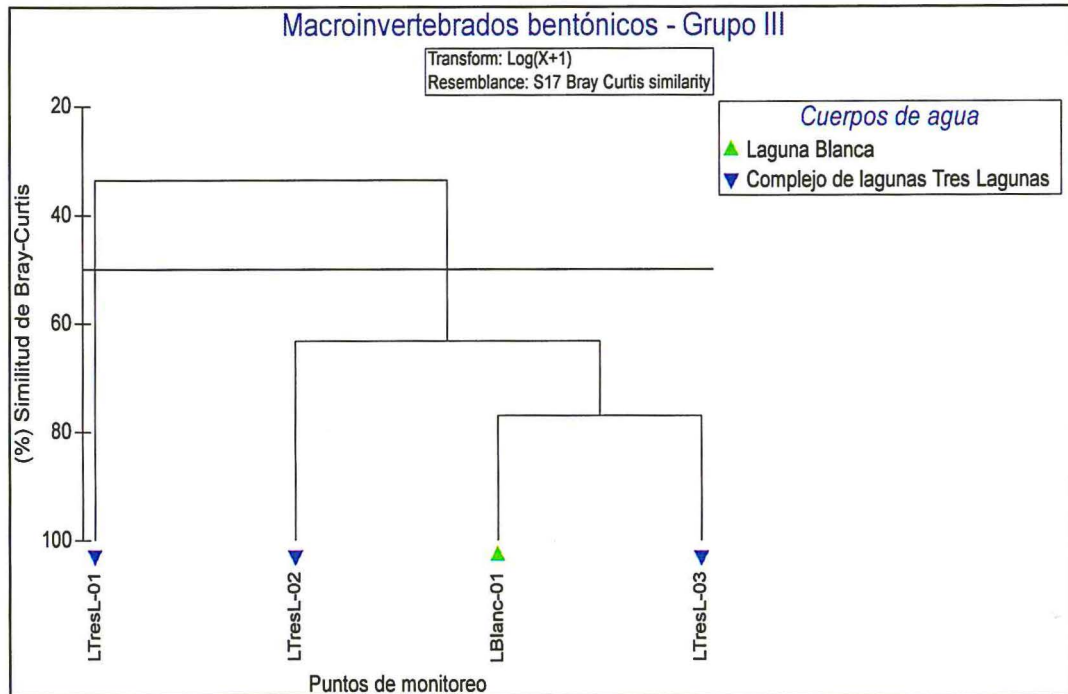


Figura 8-55. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por conglomerados) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos correspondiente al Grupo III durante marzo de 2017

Estado ecológico según el índice ABI



343. De acuerdo al índice ABI se determinó que el estado ecológico del agua en los puntos de monitoreo evaluados en el Grupo III varió desde malo a bueno. En el complejo de lagunas Tres Lagunas, la laguna N° 02 presentó buena calidad (LTresL-02) debido a un alto número de registro de especies perteneciente a familias sensibles como Aeshnidae, Hyalellidae, Libellulidae y Limnephilidae, entre otras. La laguna N° 03 (LTresL-03) presentó moderada calidad registrando especies medianamente sensibles pertenecientes a las familias Hyalellidae, Simullidae y Tipulidae. Por otro lado, la laguna N° 01 (LTresL-01) presentó mala calidad debido a un bajo número de registro de especies, además de presentar pocas especies medianamente sensibles pertenecientes a las familias Hyalellidae y Planariidae. La laguna Blanca (LBlanc-01) presentó moderada calidad registrando especies medianamente sensibles pertenecientes a las familias Planariidae, Hyalellidae, Simullidae y Tipulidae. El registro completo de especies por familia se detalla en el Anexo 3.

Handwritten notes in blue ink, including a checkmark and several scribbles.

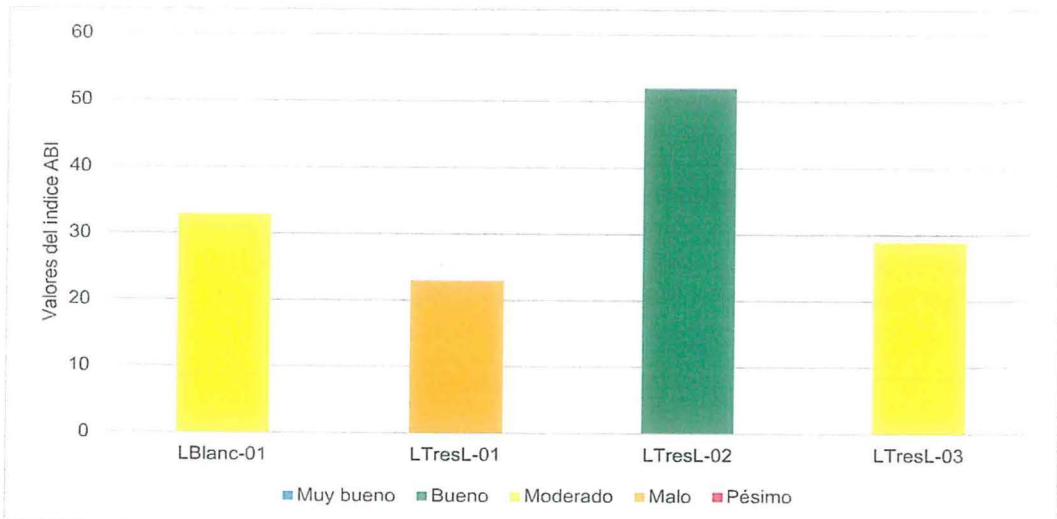


Figura 8-56. Valores del índice ABI correspondientes al Grupo III durante marzo de 2017

Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)

344. Para estudiar las relaciones de los parámetros biológicos y los factores abióticos se aplicó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), combinando las especies que cumplan con una abundancia relativa (AR) $\geq 1\%$ y una frecuencia relativa (FR) $\geq 30\%$ y los siete metales considerados en los estándares de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales (CEQG, 2001). Estos valores se encuentran en el Anexo 3 del presente informe.

345. En la Tabla 8-11 se observa que el primer eje explicó el 66,48% de la varianza de los datos de especies, mientras que el segundo eje explicó una varianza del 26,86%. Por lo tanto, los primeros dos ejes juntos explicaron el 93,34% de la varianza acumulada en la correlación de las especies respecto a las variables ambientales. Los ejes restantes contribuyeron con un poco menos del 10% de la varianza, por lo que la interpretación de los resultados se basa en los dos primeros ejes. Las variables que se relacionaron con el primer eje (Eje 1) fueron: cromo total ($r = 0,37$) y arsénico total ($r = -0,34$). Las variables que se relacionaron con el segundo eje (Eje 2) fueron: zinc total ($r = -0,90$), cadmio total ($r = -0,62$), plomo total ($r = -0,56$), mercurio total ($r = 0,36$) y cobre total ($r = -0,28$).

Tabla 8-11. Resumen de análisis de variables extraídos del Análisis de Correspondencia Canónica para el Grupo II durante marzo de 2017

Análisis de variables		Eje 1	Eje 2	Eje 3
Valor propio (eigenvalue)		0,129	0,052	0,013
Varianza de especies	Varianza explicada (%)	66,48	26,86	6,66
	Varianza acumulada explicada (%)	66,48	93,34	100,00
Correlaciones	Arsénico Total	-0,342396	-0,175803	-0,954419
	Cadmio Total	-0,222539	-0,618079	-0,701229
	Cobre Total	-0,277349	-0,278641	-0,916227
	Cromo Total	0,368175	0,0915766	-0,671389
	Mercurio Total	0,20003	0,3631	-0,727771
	Plomo Total	0,19551	-0,564478	-0,640615
	Zinc Total	-0,163496	-0,901397	-0,243494

346. Con respecto al ordenamiento del Eje 1 podemos indicar sobre el eje positivo (+) que *Hyaella* sp. y *Cricotopus* sp. se encontraron asociados al cromo total, mientras que sobre el eje negativo (-) podemos indicar que Lumbricidae N.D. 1 (especie no determinada), Simulidae N.D. 1 (especie no determinada), Muscidae N.D. 1 (especie no determinada), Tipulidae N.D. 2 (especie no determinada), *Pentaneura* sp. y *Prodonomus* sp. se encontraron asociadas al arsénico total. Por otro lado, sobre el ordenamiento del Eje 2 podemos indicar sobre el eje positivo (+) que las especies Lumbricidae N.D. 1 y *Pentaneura* sp. se encontraron asociadas al mercurio total, mientras que sobre el eje negativo (-) podemos indicar que Tipulidae N.D. 2, Simulidae N.D. 1, Muscidae N.D. 1, *Hyaella* sp., *Cricotopus* sp., *Prodonomus* sp. se encontraron asociadas al cadmio total, cobre total, plomo total y zinc total. Estos resultados se pueden observar en la Figura 8-57 y en la Tabla 8-12 donde se resume la asociación de las especies a los metales totales.

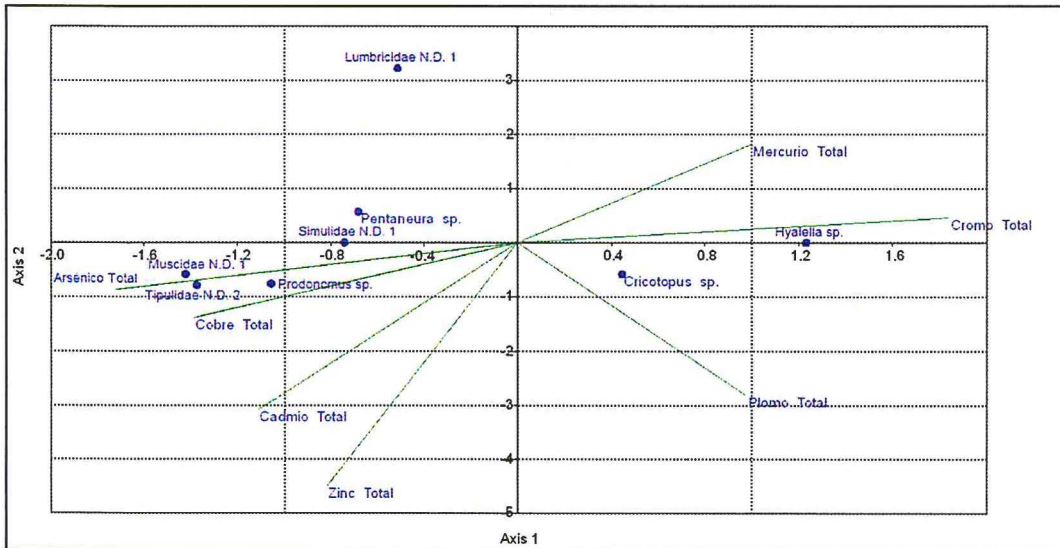


Figura 8-57. Análisis de correspondencia canónica de las especies más frecuentes y abundantes (F.R. $\geq 30\%$; A.R. $\geq 1\%$) con las variables ambientales plomo total (mg/Kg), cromo total (mg/Kg), cobre total (mg/Kg), mercurio total (mg/Kg), arsénico total (mg/Kg), cadmio total (mg/Kg) y zinc total (mg/Kg) para el Grupo III durante marzo de 2017

Tabla 8-12. Resumen de asociación de especies asociados a metales totales para el Grupo III durante marzo de 2017

Ejes	Eje 1		Eje 2	
Positivo (+)	Cromo Total	<i>Hyaella</i> sp., <i>Cricotopus</i> sp.	Mercurio Total	Lumbricidae N.D. 1, <i>Pentaneura</i> sp.
Negativo (-)	Arsénico Total	Lumbricidae N.D. 1, <i>Pentaneura</i> sp., Simulidae N.D. 1, <i>Prodonomus</i> sp., Muscidae N.D. 1, Tipulidae N.D. 2	Cadmio Total	Tipulidae N.D. 2, Muscidae N.D. 1, Simulidae N.D. 1, <i>Hyaella</i> sp., <i>Cricotopus</i> sp., <i>Prodonomus</i> sp.
			Cobre Total	
			Plomo Total	
			Zinc Total	

8.2.3.3.3. Comunidad de Peces

347. Para la colecta de peces, se realizaron siete (7) lances de atarraya por punto de monitoreo. Sin embargo, no se colectaron peces en ningún punto de monitoreo, tanto en ambientes lénticos como lóticos.

8.2.4. Resultados de los parámetros meteorológicos

348. Respecto a los resultados meteorológicos, estos corresponden a seis estaciones de medición tomando como referencia los puntos declarados en los IGA del administrado, a fin de poder conocer las condiciones estacionales que presentaba la zona durante la evaluación ambiental, así como los posibles mecanismos de transporte que podrían estar mediados por la dirección y velocidad del viento. En tal sentido, se presentan los resultados más relevantes del monitoreo de parámetros meteorológicos para las seis estaciones, las mismas que se mencionan en la Tabla 7-16 del capítulo de "Metodología" del presente informe.



8.2.4.1. Estación ECA – 1

349. En la Tabla 8-13 se muestran los valores de los parámetros meteorológicos obtenidos en el punto de monitoreo ECA-1. Partiendo de la tabla antes mencionada se tiene que, la velocidad de viento mínima fue de 0,4 m/s y la máxima fue de 2,20 m/s. Asimismo, la temperatura promedio fue de 8,04 °C, alcanzando una mínima de 6,0 °C y una máxima de 11,0 °C, con una humedad relativa mínima y máxima de 72,0 y 97,0 %, respectivamente. La presión barométrica varió entre una mínima de 708,10 y una máxima de 794,0 mmbar.

Tabla 8-13. Parámetros meteorológicos de la estación ECA-1

Valores de los parámetros	Temperatura (°C)	Humedad	Velocidad (m/s)	Presión barométrica (mmbar)
		Relativa (%)		
Estación de monitoreo ECA-1				
Mínimo	6,00	72,00	0,40	708,10
Máximo	11,00	97,00	2,20	794,00
Promedio	8,04	85,88	0,9292	724,53

350. En el Figura 8-58, se aprecia diversidad de direcciones del viento teniendo las siguientes predominancias referente al punto ECA-1; la primera tiene dirección oeste, lo cual indica que dichos vientos proceden desde la relavera de flotación y cianuración hacia la laguna Blanca, con un 50,00% de frecuencia; la segunda predominancia tiene dirección sureste, lo cual indica que dichos vientos proceden desde el sureste hacia el punto de monitoreo, con un 25,00% de frecuencia y la tercera predominancia tienen direcciones sur, lo cual indicaría que dichos vientos proceden desde el sur hacia el punto de monitoreo, con un 20,83% de frecuencia.

4.
3
e
a

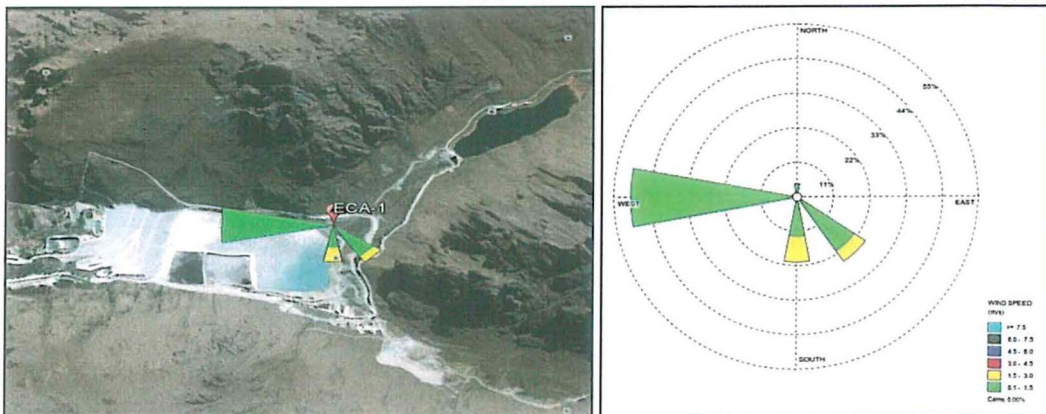


Figura 8-58. Ubicación del punto de monitoreo ECA-1 y su respectiva rosa de viento

351. Así mismo podemos decir que la distribución de las velocidades tiene el siguiente comportamiento: intervalo de 0,1 – 1,5 m/s (representa el 87,5%) y el intervalo de 1,5 – 3,0 m/s (representa el 12,50%), para el periodo de monitoreo. La rosa de viento fue realizada con el programa WRPLOT View (versión 7.0.0).

8.2.4.2. Estación ECA – 2

352. En la Tabla 8-14 se muestran los valores de los parámetros meteorológicos obtenidos en el punto de monitoreo ECA-2. La velocidad de viento mínima fue de 0,4 m/s y la máxima fue de 2,70 m/s. Asimismo, la temperatura promedio fue de 9,04 °C, alcanzando una mínima de 5,0 °C y una máxima de 13,0 °C, con una humedad relativa mínima y máxima de 78,0 y 96,0 %, respectivamente. La presión barométrica varió entre una mínima de 762,80 y una máxima de 781,30 mmbar.



Tabla 8-14. Parámetros meteorológicos de la estación ECA-2

Valores de los parámetros	Temperatura (°C)	Humedad	Velocidad (m/s)	Presión barométrica (mmbar)
		Relativa (%)		
Estación de monitoreo ECA-2				
Mínimo	5,00	78,00	0,40	762,80
Máximo	13,00	96,00	2,70	781,30
Promedio	9,04	90,00	1,1208	770,25



353. En la Figura 8-59 se aprecia que hay dos (2) predominancias referentes al punto ECA-2; la primera tiene dirección norte, lo cual indicaría que dichos vientos proceden desde el norte hacia el punto de monitoreo, con un 66,67% de frecuencia; la segunda predominancia tiene dirección noreste, lo cual indicaría que dichos vientos proceden desde la ladera cerro hacia el punto de monitoreo, con un 33,33% de frecuencia.

4.
8
@
B

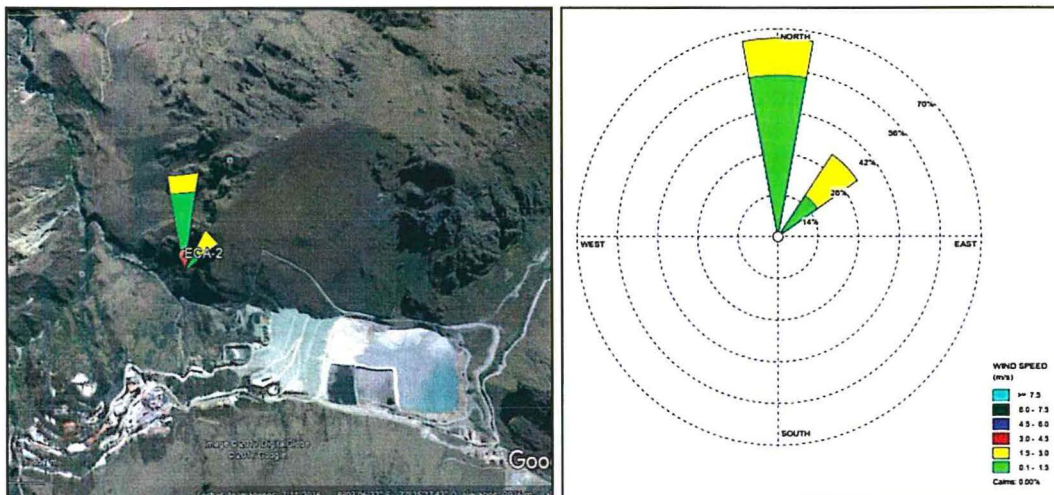


Figura 8-59. Ubicación del punto de monitoreo ECA-2 y su respectiva rosa de viento

354. Así mismo podemos decir que la distribución de las velocidades tiene el siguiente comportamiento: intervalo de 0,1 – 1,5 m/s (representa el 70,83%) y el intervalo de 1,5 – 3,0 m/s (representa el 29,17%), para el periodo de monitoreo. La rosa de viento fue realizada con el programa WRPLOT View (versión 7.0.0).

8.2.4.3. Estación ECA – 3

355. La Tabla 8-15 muestra los valores de los parámetros meteorológicos obtenidos en el punto de monitoreo ECA-3. La velocidad de viento mínima fue de 0,4 m/s y la máxima fue de 2,20 m/s. Asimismo, la temperatura promedio fue de 7,04 °C, alcanzando una mínima de 5,0 °C y una máxima de 11,0 °C, con una humedad relativa mínima y máxima de 73,0 y 91,0 %, respectivamente. La presión barométrica varió entre una mínima de 710,80 y una máxima de 776,50 mmbar.



Tabla 8-15. Parámetros meteorológicos de la estación ECA-3

Valores de los parámetros	Temperatura (°C)	Humedad	Velocidad (m/s)	Presión barométrica (mmbar)
		Relativa (%)		
Estación de monitoreo ECA-3				
Mínimo	5,00	73,00	0,40	710,80
Máximo	11,00	91,00	2,20	776,50
Promedio	7,04	87,00	0,9250	718,17

356. En el Figura 8-60 se aprecia diversidad de direcciones del viento teniendo las siguientes predominancias referente al punto ECA-3; la primera tiene dirección sureste, lo cual indicaría que dichos vientos proceden desde la dirección sureste hacia el punto de monitoreo, con un 29,17% de frecuencia; la segunda predominancia tiene dirección este, lo cual indicaría que dichos vientos proceden desde el este hacia el punto de monitoreo, con un 20,83% de frecuencia y la tercera predominancia tienen direcciones sur, oeste y norte, lo cual indicaría que dichos vientos proceden desde el sur, oeste y norte hacia el punto de monitoreo, con un 12,50% de frecuencia cada uno.



Handwritten notes: 4, f, @, @

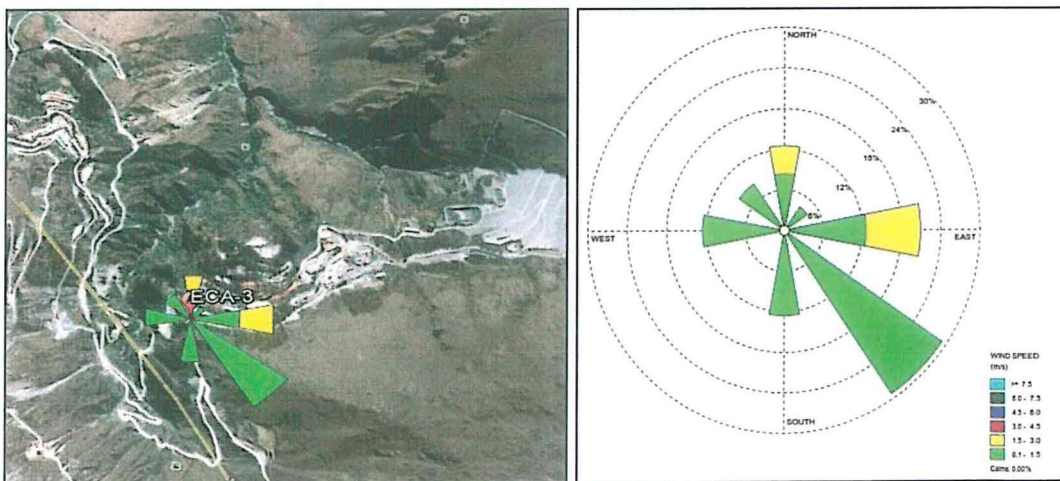


Figura 8-60. Ubicación del punto de monitoreo ECA-3 y su respectiva rosa de viento

357. Así mismo podemos decir que la distribución de las velocidades tiene el siguiente comportamiento: intervalo de 0,1 – 1,5 m/s (representa el 87,50%) y el intervalo de 1,5 – 3,0 m/s (representa el 12,50%), para el periodo de monitoreo. La rosa de viento fue realizada con el programa WRPLOT View (versión 7.0.0).

8.2.4.4. Estación ECA – 4

358. La Tabla 8-16 se muestran los valores de los parámetros meteorológicos obtenidos en el punto de monitoreo ECA-4. La velocidad de viento mínima fue de 0,9 m/s y la máxima fue de 4,90 m/s. Asimismo, la temperatura promedio fue de 11,21 °C, alcanzando una mínima de 8,0 °C y una máxima de 15,0 °C, con una humedad relativa mínima y máxima de 70,0 y 93,0 %, respectivamente. La presión barométrica varió entre una mínima de 741,30 y una máxima de 756,90 mmbar.

Tabla 8-16. Parámetros meteorológicos de la estación ECA-4

Valores de los parámetros	Temperatura (°C)	Humedad	Velocidad (m/s)	Presión barométrica (mmbar)
		Relativa (%)		
Estación de monitoreo ECA-4				
Mínimo	8,00	70,00	0,90	741,30
Máximo	15,00	93,00	4,90	756,90
Promedio	11,21	87,33	2,1000	749,64

359. En el Gráfico 8-61 se aprecia diversidad de direcciones del viento teniendo las siguientes predominancias referente al punto ECA-4; la primera tiene dirección oeste, lo cual indicaría que dichos vientos proceden desde el oeste hacia el punto de monitoreo, con un 45,83% de frecuencia; la segunda predominancia tiene dirección suroeste, lo cual indicaría que dichos vientos proceden desde el suroeste hacia el punto de monitoreo, con un 25,00% de frecuencia y la tercera predominancia tienen direcciones este, lo cual indicaría que dichos vientos proceden desde el este hacia el punto de monitoreo, con un 20,83% de frecuencia.

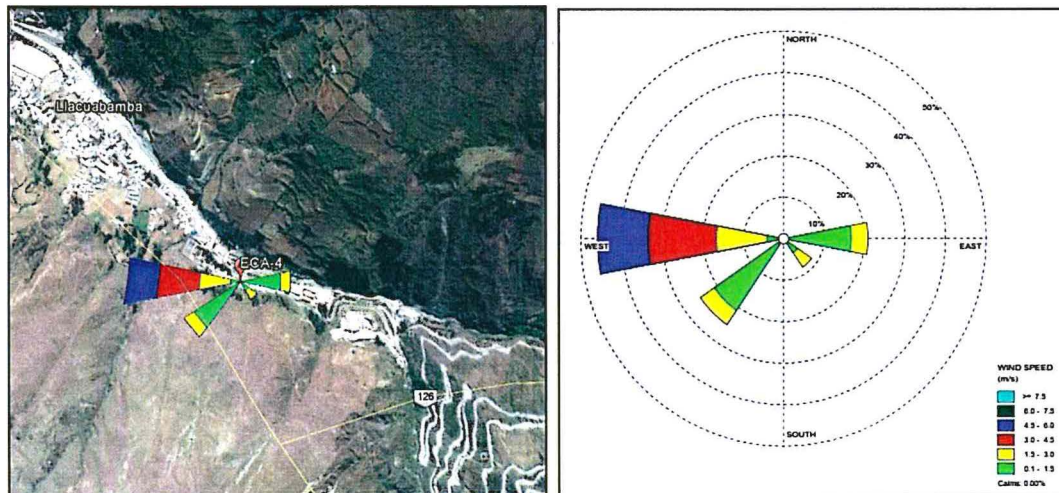


Figura 8-61. Ubicación del punto de monitoreo ECA-4 y su respectiva rosa de viento

360. Así mismo podemos decir que la distribución de las velocidades tiene el siguiente comportamiento: intervalo de 0,1 – 1,5 m/s (representa el 45,83%), el intervalo de 1,5 – 3,0 m/s (representa el 25,00%), el intervalo de 3,0 – 4,5 m/s (representa el 16,67%) y el intervalo de 4,5 – 6,0 m/s (representa el 12,50%) para el periodo de monitoreo. La rosa de viento fue realizada con el programa WRPLOT View (versión 7.0.0).



4.
8
@
@
@

8.2.4.5. Estación ECA – 5

361. La Tabla 8-17 se muestran los valores de los parámetros meteorológicos obtenidos en el punto de monitoreo ECA-5. La velocidad de viento mínima fue de 0,4 m/s y la máxima fue de 5,40 m/s. Asimismo, la temperatura promedio fue de 11,13 °C, alcanzando una mínima de 9,0 °C y una máxima de 14,0 °C, con una humedad relativa mínima y máxima de 71,0 y 94,0 %, respectivamente. La presión barométrica varió entre una mínima de 752,40 y una máxima de 758,30 mmbar.



Tabla 8-17. Parámetros meteorológicos de la estación ECA-5

Valores de los parámetros	Temperatura (°C)	Humedad	Velocidad (m/s)	Presión barométrica (mmbar)
		Relativa (%)		
Estación de monitoreo ECA-5				
Mínimo	9,00	71,00	0,40	752,40
Máximo	14,00	94,00	5,40	758,30
Promedio	11,13	86,83	2,2125	755,18

362. En la Figura 8-62 se aprecia diversidad de direcciones del viento teniendo las siguientes predominancias referente al punto ECA-5; la primera tiene dirección noroeste, lo cual indicaría que dichos vientos proceden desde Retamas hacia el punto de monitoreo, con un 58,33% de frecuencia; la segunda predominancia tiene dirección sur, lo cual indicaría que dichos vientos proceden desde el sur hacia el punto de monitoreo, con un 20,83% de frecuencia y la tercera predominancia tienen dirección oeste, lo cual indicaría que dichos vientos proceden desde Parcoy hacia el punto de monitoreo, con un 12,5% de frecuencia.



4.
7
8
8

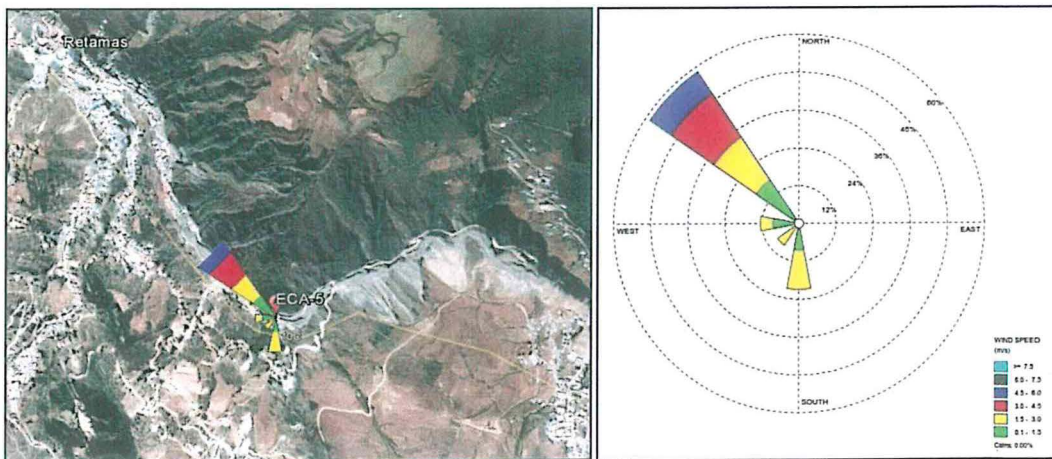


Figura 8-62. Ubicación del punto de monitoreo ECA-5 y su respectiva rosa de viento

363. Así mismo podemos decir que la distribución de las velocidades tiene el siguiente comportamiento: intervalo de 0,1 – 1,5 m/s (representa el 33,33%), el intervalo de 1,5 – 3,0 m/s (representa el 41,67%), el intervalo de 3,0 – 4,5 m/s (representa el 16,67%) y el intervalo de 4,5 – 6,0 m/s (representa el 8,33%) para el periodo de monitoreo. La rosa de viento fue realizada con el programa WRPLOT View (versión 7.0.0).

8.2.4.6. Estación ECA – 6

364. En la Tabla 8-18 se muestran los valores de los parámetros meteorológicos obtenidos en el punto de monitoreo ECA-6. La velocidad de viento mínima fue de 0,4 m/s y la máxima fue de 3,10 m/s. Asimismo, la temperatura promedio fue de 10,25 °C, alcanzando una mínima de 8,0 °C y una máxima de 15,0 °C, con una humedad relativa mínima y máxima de 75,0 y 91,0 %, respectivamente. La presión barométrica varió entre una mínima de 774,60 y una máxima de 780,20 mmbar.

Tabla 8-18. Parámetros meteorológicos de la estación ECA-6

Valores de los parámetros	Temperatura (°C)	Humedad	Velocidad (m/s)	Presión barométrica (mmbar)
		Relativa (%)		
Estación de monitoreo ECA-6				
Mínimo	8,00	75,00	0,40	774,60
Máximo	15,00	91,00	3,10	780,20
Promedio	10,25	87,25	1,5625	777,80

365. En la Figura 8-63, se aprecia diversidad de direcciones del viento teniendo las siguientes predominancias referente al punto ECA-6; la primera tiene dirección este, lo cual indicaría que dichos vientos proceden desde el este hacia el punto de monitoreo, con un 37,5% de frecuencia; la segunda predominancia tiene dirección oeste, lo cual indicaría que dichos vientos proceden desde el oeste hacia el punto de monitoreo, con un 29,17% de frecuencia y la tercera predominancia tienen dirección noreste, lo cual indicaría que dichos vientos proceden desde el noreste hacia el punto de monitoreo, con un 12,5% de frecuencia.

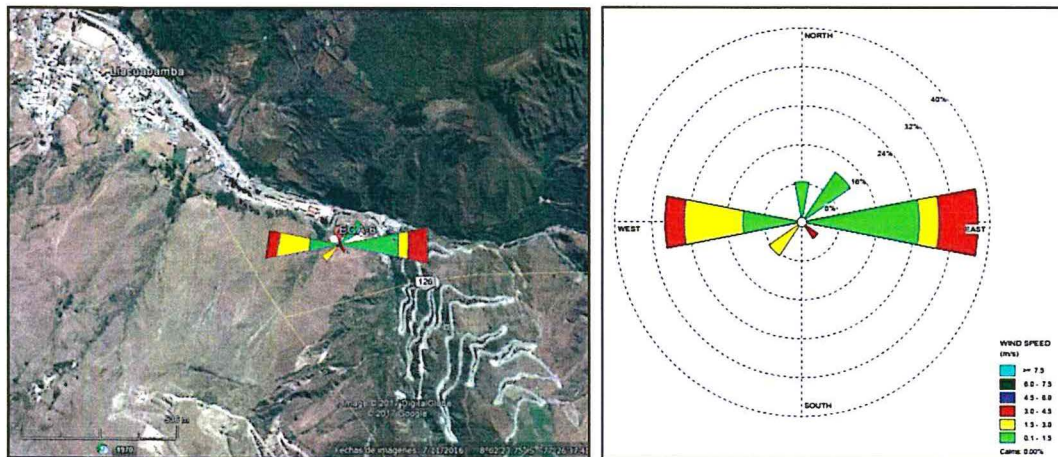


Figura 8-63. Ubicación del punto de monitoreo ECA-6 y su respectiva rosa de viento

366. Así mismo podemos decir que la distribución de las velocidades tiene el siguiente comportamiento: intervalo de 0,1 – 1,5 m/s (representa el 58,33%), el intervalo de 1,5 – 3,0 m/s (representa el 25,0%) y el intervalo de 3,0 – 4,5 m/s (representa el 16,67%) para el periodo de monitoreo. La rosa de viento fue realizada con el programa WRPLOT View (versión 7.0.0).



Handwritten signature and date: 4, 8 @ 2016

9. DISCUSIONES

367. Las operaciones de la unidad minera Retamas se desarrollan en la naciente de la margen izquierda del río Llacuabamba y a lo largo de la misma; por lo contrario, se tiene que en la naciente de la margen derecha del río Llacuabamba, es decir la quebrada Ventanas, se encuentra espacialmente ubicada en un ambiente no influenciado por la actividad en mención (cf. Figura 5-1). En base a la premisa antes mencionada, se han identificado características ambientales diferenciadas con respecto a los resultados de parámetros fisicoquímicos e inorgánicos asociados a la zona del área de influencia de la unidad minera Retamas.

368. En tal sentido, se realizó una comparación de la influencia de las actividades antrópicas en la calidad ambiental del agua, sedimento y composición de las comunidades hidrobiológicas de perifiton y macroinvertebrados bentónicos entre la naciente de la microcuenca del río Llacuabamba ubicada dentro del área de influencia de la UM Retamas (i.e. el Grupo II conformado por la quebrada Mush Mush, Porvenir y Shucaque), con la naciente ubicada fuera del área de influencia (i.e. la quebrada Ventanas) y su confluencia entre ambas, donde también se encuentran parte de sus operaciones (i.e. río Llacuabamba).

369. En efecto se tuvo que, dentro de las tres agrupaciones distribuidas para el análisis de los resultados de calidad de agua superficial y sedimento del área de influencia de la UM Retamas, se resalta el aumento de las concentraciones de los metales en ambos componentes ambientales como el arsénico, plomo y zinc presentes en el grupo II, principalmente de la quebrada Mush Mush y quebrada Shucaque, las cuales provienen de la zona de operaciones de la UM Retamas, así como los resultados del río Llacuabamba a partir del aporte de la quebrada Shucaque (i.e. la zona baja del grupo I).

370. De ahí que, es importante mencionar que como parte del diagnóstico de la calidad ambiental en el área de influencia de la unidad minera Retamas, este se realizó tomando como base la información primaria levantada en campo, la cual fue complementada con información secundaria reportada por el administrado y la Dirección de Supervisión del OEFA, para aquellos componentes que no fueron caracterizados por los especialistas de la Dirección de Evaluación del OEFA.

9.1. Análisis de la calidad ambiental de los parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y biológicos del área de influencia de la unidad minera Retamas

371. Con respecto a los resultados obtenidos de los parámetros de campo (i.e. pH, CE, OD y T), estos se encontraron dentro de los valores de regulación por el ECA para agua Cat4E2 del año 2008 en todos los puntos de monitoreo. Caso es del potencial de hidrógeno (pH), el cual según los reportes trimestrales del administrado, durante el periodo de marzo de 2012 a marzo 2017, sus valores se han encontrado dentro de lo establecido por el ECA Cat4E2 del año 2008 (i.e. 6,5 a 8,5 para pH), pues la figura en mención nos muestra que las medianas para los 9 puntos de la red de monitoreo establecida por el administrado⁴⁷, estuvieron en un rango ligeramente alcalino de entre 8,05 y 8,26 de pH para agua superficial.

⁴⁷ Puntos de monitoreo establecidos mediante Resolución Directoral N° 397-2014-MEM/DGAAM, para la "Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de la U.E.A. Retamas – Plan Integral para la Implementación de LMP de descarga de efluentes minero – Metalúrgicos y adecuación a los ECA para agua".

9.1.1. GRUPO I

372. En la quebrada Ventanas ubicada fuera del área de influencia de las actividades de la UM Retamas (cf. Figura 9-1a), las concentraciones de los principales metales regulados en agua superficial como arsénico, plomo y zinc, presentaron valores por debajo de los ECA para agua de conservación del ambiente acuático de ríos de costa y sierra (Cat4E2), en sus tres puntos de monitoreo ubicados a lo largo de la quebrada evaluada (*i.e.* del QVent-01 al QVent-03).



Figura 9-1. Quebrada Ventanas, naciente de la margen derecha de la microcuenca del río Llacubamba, fuera del área de influencia de la UM Retamas. a). Vista panorámica; b). Toma de muestra en el punto QVent-01 y c). Registro fotográfico del punto QVent-02.



373. Tal como se observa en la Figura 9-1b y 9-1c, los puntos QVent-01 y QVent-02 corresponden a un cuerpo de agua donde los componentes ambientales no se encuentran expuestos a una perturbación por influencia directa de origen antrópico. Sin embargo, fue el punto ubicado antes de la confluencia de la quebrada Ventanas con la quebrada Shucaque (QVent-03), el que presentó concentraciones ligeras de metales en agua (*i.e.* 0,015 mg/L de As y 0,025 mg/L de Zn), que posiblemente estarían asociados a la minería artesanal que actualmente se viene desarrollando entre los puntos de monitoreo QVent-02 y QVent-03 tal como se observa en la Figura 9-2b, 9-2c, 9-2d.

4.
7
e
a



Figura 9-2. Quebrada Ventanas antes de su confluencia con la quebrada Ventanas a). Imagen satelital del tramo (QVen-02 – Qvent-03) b). Imagen satelital de la zona donde se evidencia instalaciones de minería artesanal; c). Registro fotográfico de una bocamina artesanal ubicada al pie de la quebrada; d). Registro fotográfico de una caseta cercana a una bocamina; e). Imagen satelital de la zona donde se evidencia minería presencia de minería no metálica (cantera) cerca al punto QVent-03 (E-5) y f). Registro fotográfico del punto de monitoreo QVent-03.

- 4
7
e
374. Sin embargo, al analizar los resultados de riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos presentes a lo largo de la quebrada Ventanas, se pudo observar que tanto el punto QVent-01, como el punto QVent-02 tienen un buen estado ecológico, mientras que en la parte baja de la quebrada (QVent-03), se evidenció una fuerte reducción, llegando a pésimo en su estado ecológico; esta alteración se le atribuiría a la remoción del material del cauce por la minería no metálica que se identificó en un área próxima al punto de monitoreo (cf. Figura 9-2d y 9-2e) y que evitaría el desarrollo de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en dicho tramo.
375. El río Llacuabamba se ubica a lo largo del área de influencia de la UM Retamas, y se forma por la unión entre las aguas de la quebrada Shucaque (dentro del área de influencia de la UM Retamas) y la quebrada Ventanas (cf. Figura 9-3a). De los resultados obtenidos a lo largo del río Llacuabamba durante el mes de marzo de 2017, se observó que las concentraciones de metales arsénico, plomo y zinc en el agua superficial, incumplieron con los ECA Cat4E2 (2008) en todos los puntos de monitoreo a excepción del RLIac-01 (i.e. del RLIac-02 al RLIac-06), donde solo superó en arsénico y plomo, posiblemente debido al aporte de las aguas de la quebrada Shucaque (QShuc-01) donde los valores fueron similares.

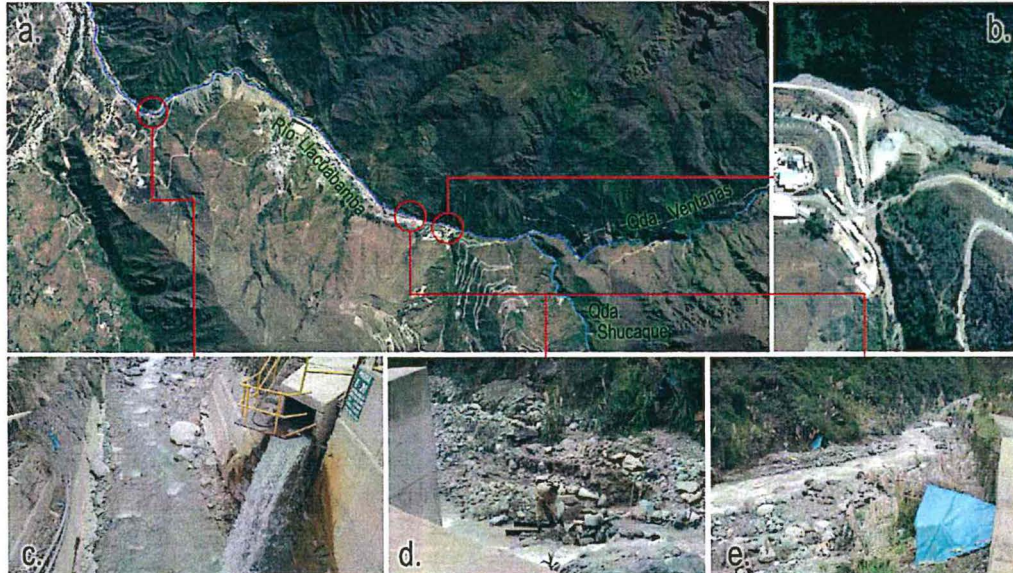


Figura 9-3. Tramo del río Llacuabamba. a). Imagen satelital del río Llacuabamba y su nacimiento. b). Vertimiento autorizado del efluente E-11 de la PTARM Chilcas Oeste; c). Registro fotográfico del efluente E-20 de la PTARM Far West R-2; d). y e). Registro fotográfico de actividades de minería artesanal identificada entre los puntos RLlac-03 y RLlac-04 del río Llacuabamba.

376. Es decir, de los resultados obtenidos se tuvo que el río Llacuabamba presentó concentraciones que superaron los ECA Cat4E2 (2008) para arsénico (*i.e.* 0,05 mg/L), plomo (*i.e.* 0,001 mg/L) y zinc (*i.e.* 0,03 mg/L), con valores que variaron entre 0,053 mg/L y 0,088 mg/L para arsénico; 0,013 mg/L y 0,024 mg/L para plomo; y de 0,036 mg/L a 0,154 mg/L para zinc, siendo estos valores similares en referencia a los reportados en el punto ubicado en la quebrada Shucaque (QShuc-01), cuyas aguas provienen de la unión de la quebrada Mush Mush y Porvenir, las cuales se ubican próximas al área de influencia de la UM Retamas. Mientras que, las concentraciones de metales arsénico, plomo y zinc en la otra quebrada que forma el río Llacuabamba (*i.e.* quebrada Ventanas) presentaron valores por debajo de los ECA Cat4E2 (2008).

377. No obstante, es importante mencionar que entre los puntos RLlac-02 y RLlac-06 se encuentran los vertimientos autorizados E-11 (*cf.* Figura 9-3b) y E-20 (*cf.* Figura 9-3c), así como la presencia de minería artesanal (*cf.* Figura 9-3d y 9-3e). Por otro lado, las concentraciones de arsénico en sedimento de los seis puntos evaluados en el río Llacuabamba superaron el valor PEL de la CEQG. Cabe resaltar, que el punto ubicado aguas abajo (RLlac-06) del vertimiento E-20 presentó mayores concentraciones de arsénico, plomo y zinc, que el punto ubicado aguas arriba (RLlac-05) tal como se observa en la Figura 9-4, 9-5 y 9-6 respectivamente.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

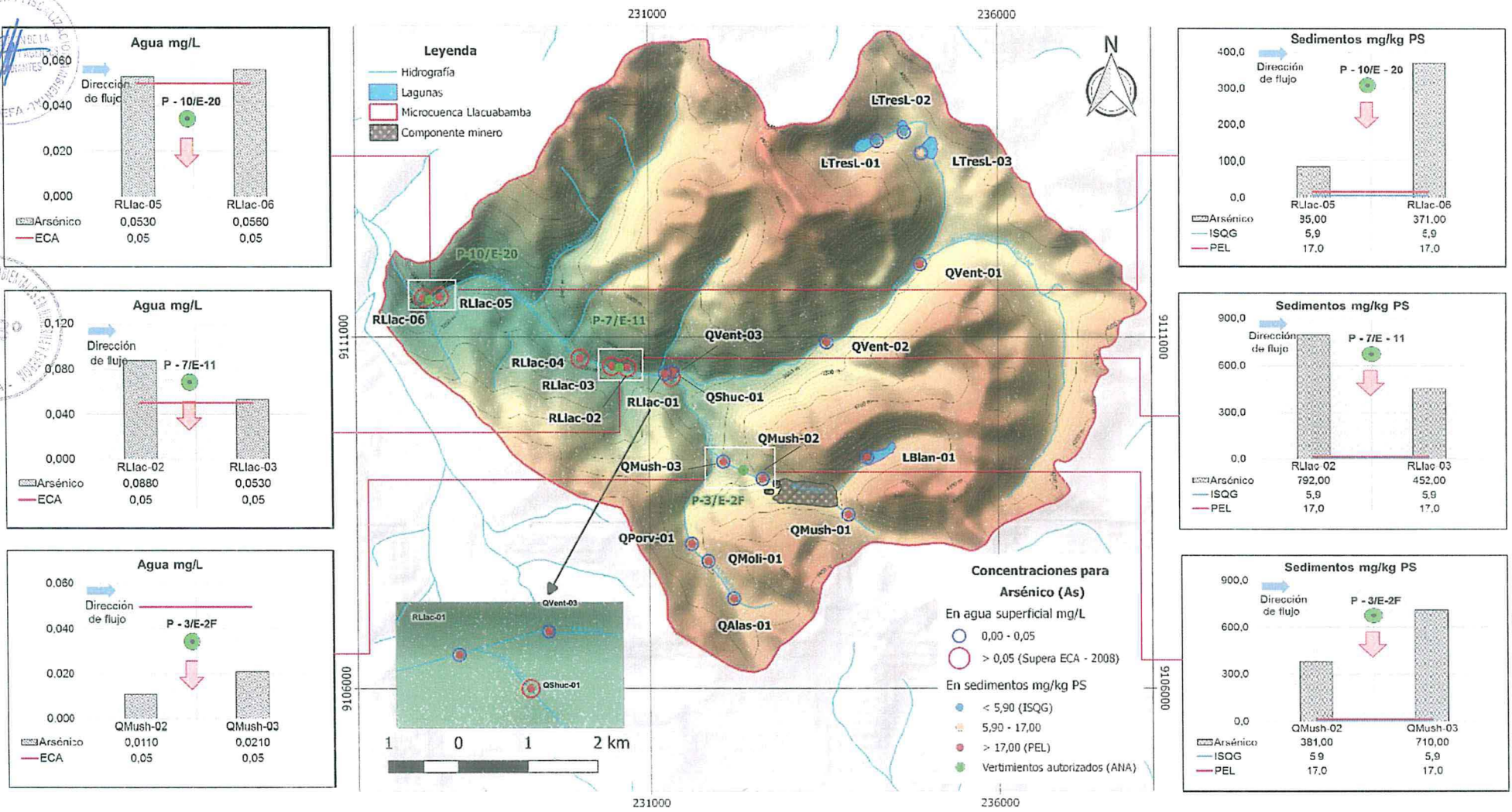
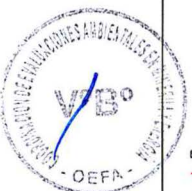


Figura 9-4. Representación gráfica de las concentraciones de arsénico (As) total en agua superficial y sedimento de los puntos de monitoreo de la presente evaluación ambiental, considerando la ubicación de los vertimientos industriales tratados autorizados por la ANA



Handwritten notes and signatures in blue ink.

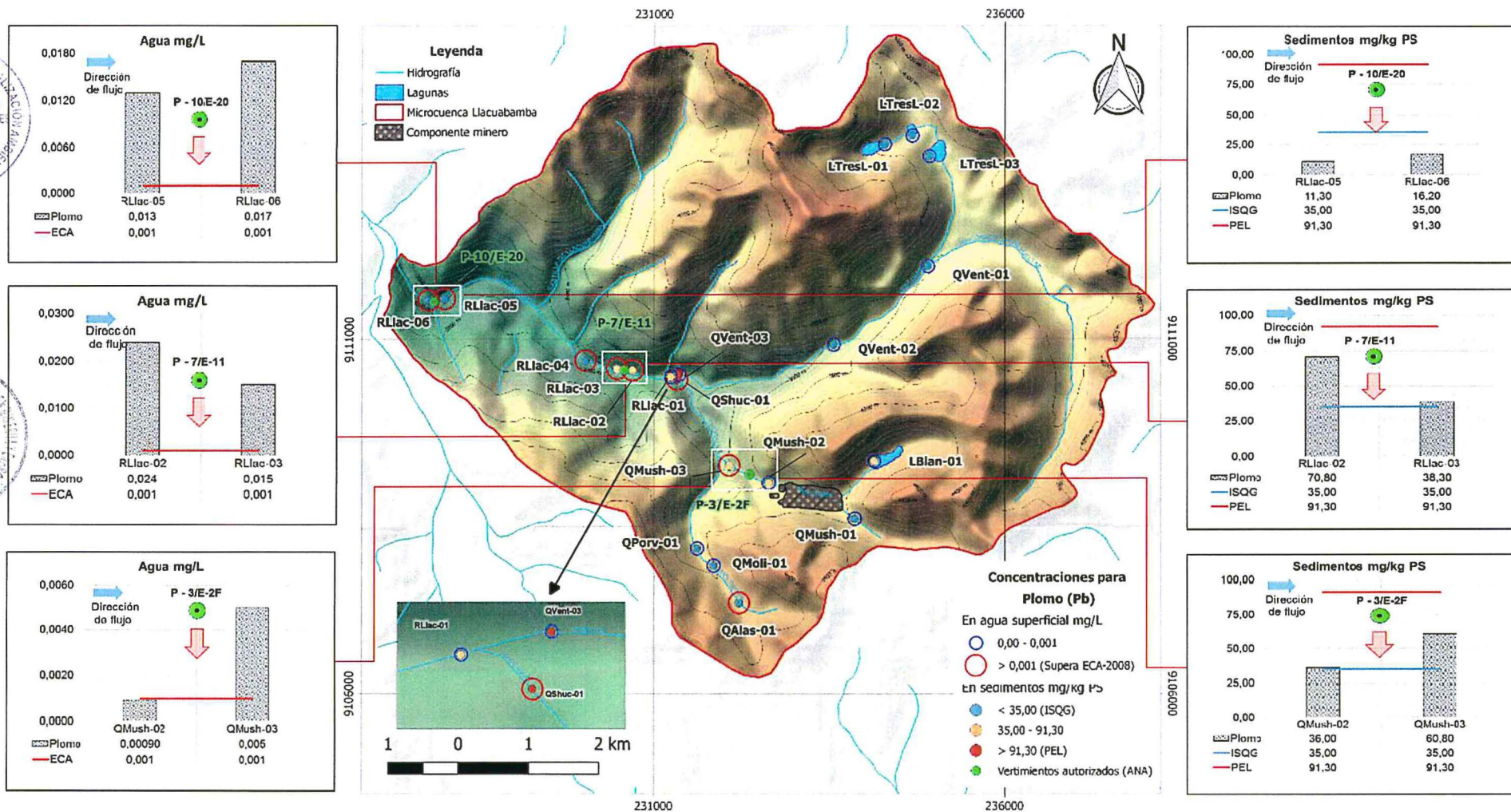


Figura 9-5. Representación gráfica de las concentraciones de plomo (Pb) total en agua superficial y sedimento de los puntos de monitoreo de la presente evaluación ambiental, considerando la ubicación de los vertimientos industriales tratados autorizados por la ANA

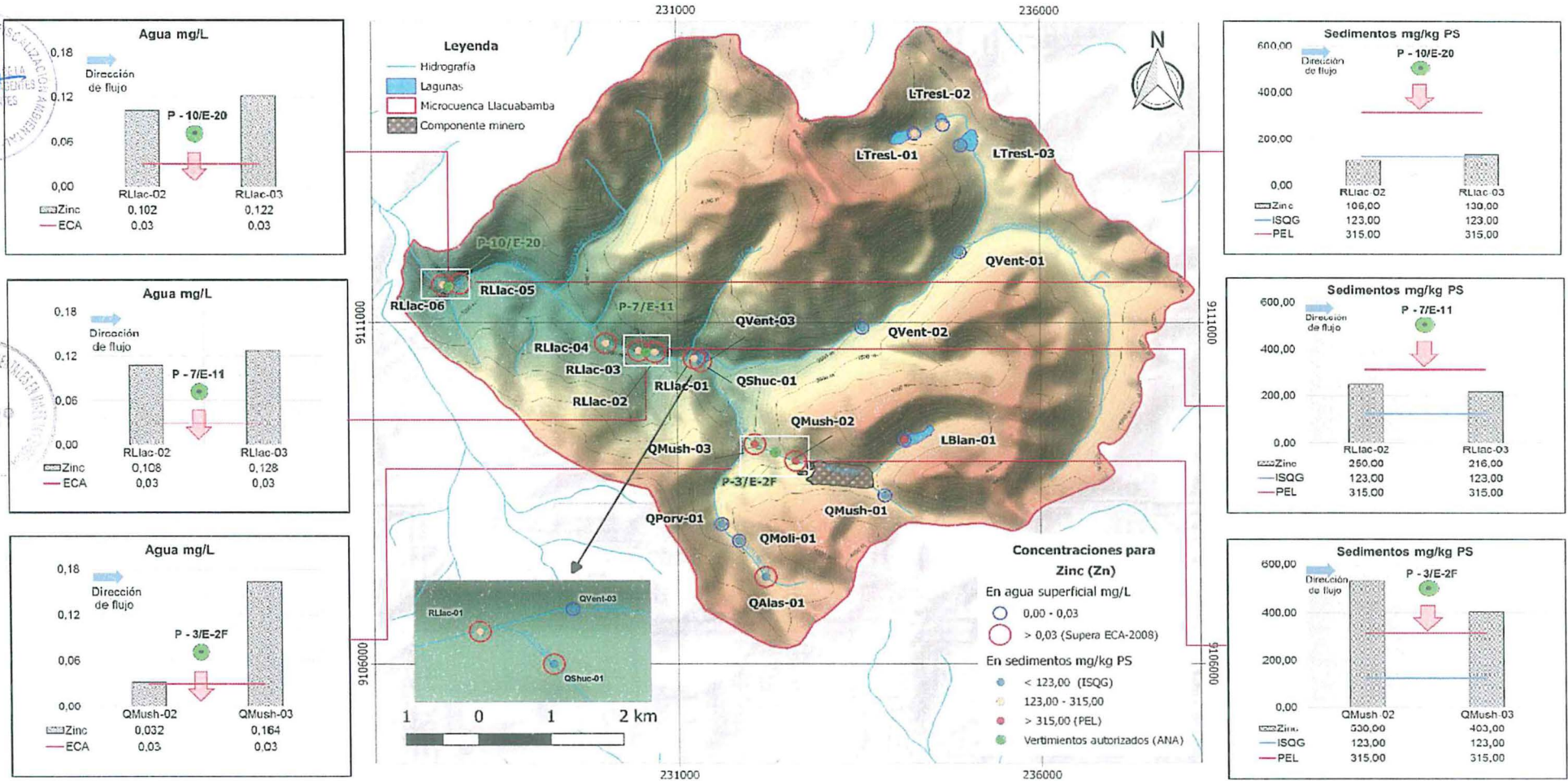


Figura 9-6. Representación gráfica de las concentraciones de zinc (Zn) total en agua superficial y sedimento de los puntos de monitoreo de la presente evaluación ambiental, considerando la ubicación de los vertimientos industriales tratados autorizados por la ANA

378. Sin embargo, el único punto que presentó una tendencia diferenciada en las concentraciones de arsénico (cf. Figura 9-4) plomo (cf. Figura 9-5) y zinc (cf. Figura 9-6) fue el punto RLLac-02, cuyos valores se vieron influenciados por las precipitaciones que se presentaron con mayor intensidad durante dos días seguidos (13 y 14 de marzo), el cual fue un factor externo que se presentó durante el monitoreo del mes de marzo (cf. Figura 9-7).

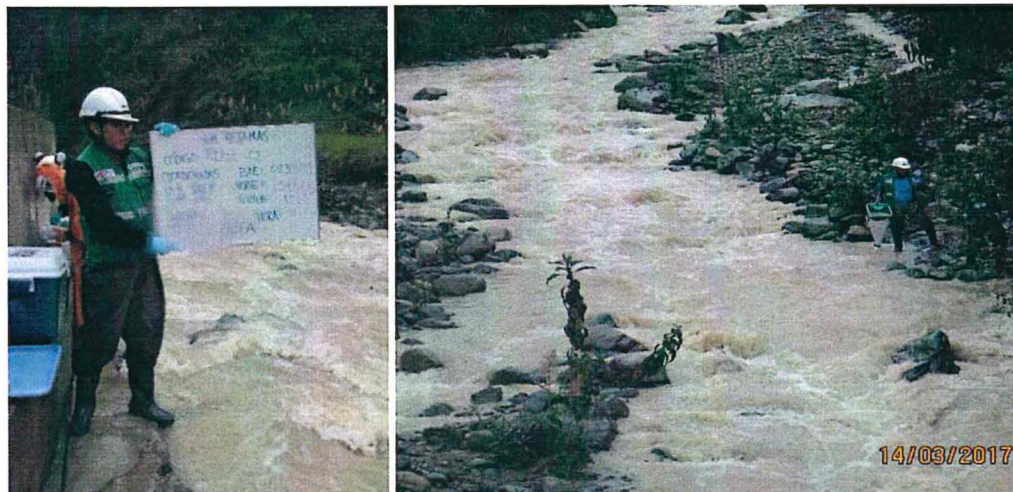


Figura 9-7. Registro fotográfico de las condiciones que se presentaron durante el monitoreo del mes de marzo para el día 14 del mismo mes.



9.1.2. GRUPO II

379. Las aguas de la quebrada Mush Mush recorren el área de operaciones de la UM Retamas (cf. Figura 9-8), hasta confluir con la quebrada Porvenir para formar la quebrada Shucaque. Durante este recorrido, las aguas pasan de un sistema natural hacia un sistema de derivación que capta el flujo total de la quebrada Mush Mush (cf. Figura 9-8g) y las une con las aguas provenientes del conducto de concreto que capta el rebose del embalse de la laguna Blanca (cf. Figura 9-8d) para ser derivado al canal de coronación de la margen derecha y/o izquierda (cf. Figura 9-8b 9-8e) del Depósito Integrado de Relaves (DIR).



Figura 9-8 Imagen satelital del tramo (QMush-01 – QMush-03) de la quebrada Mush Mush, ubicada dentro del área de influencia de la UM Retamas. a). Vertimiento autorizado E-2F (P-3); b). Descarga del canal de coronación, margen derecha del DIR; c). Sistema de Tratamiento STARI; d). Conducto de concreto que capta el rebose del embalse de la laguna Blanca; e). Descarga del canal de coronación, margen izquierda del DIR; f). Vista panorámica del Depósito Integrado de Relaves (DIR) y g). Compuertas principales de los canales de coronación que captan aguas de la quebrada Mush Mush y laguna Blanca

380. De los resultados del mes de marzo de 2017, a lo largo de la quebrada Mush Mush (*i.e.* tramo QMush-01 – QMush-03), se observó un incremento progresivo de las concentraciones de metales arsénico, plomo y zinc en el agua superficial y sedimentos, con una reducción gradual de la riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos desde la parte alta (QMush-01), hacia la parte baja de la quebrada (QMush-03), evidenciándose en la reducción de su estado ecológico, desde bueno (QMush-01) a moderado (QMush-02) y malo (QMush-03).

381. Es decir, de los resultados obtenidos de la presente evaluación, se tuvo que el punto QMush-01 ubicado aguas arriba del Depósito Integrado de Relaves presentó concentraciones por debajo de los ECA Cat4E2 (2008) para As (*i.e.* 0,05 mg/L), Pb (*i.e.* 0,001 mg/L) y Zn (*i.e.* 0,03 mg/L), con valores que estuvieron por debajo del límite de cuantificación, a excepción del zinc cuya concentración fue de 0,009 mg/L. Mientras que, en el punto QMush-02 estos valores aumentaron a una concentración que llegó a 0,011 mg/L para As y 0,032 mg/L para Zn, llegando este último a superar levemente al ECA Cat4E2 del año 2008 (*i.e.* 0,03 mg/L para Zn). En el caso del plomo, éste se mantuvo por debajo del límite de cuantificación.

382. Los sedimentos depositados entre los puntos QMush-01 y QMush-02, también presentaron un incremento de sus concentraciones de forma similar a lo observado en el agua superficial. En el caso del arsénico, el punto QMush-01 presentó una concentración de 112 mg/kg, el cual ya superaba el PEL (*i.e.* 17 mg/kg) aumentando hasta una concentración de 381 mg/kg en el punto aguas

abajo (QMush-02). Caso similar ocurrió con los metales plomo y zinc cuyos valores aumentaron de 16,6 mg/kg y 90,6 mg/kg (QMush-01) a 36 mg/kg y 530 mg/kg respectivamente (QMush-02), llegando a superar el valor PEL para el caso del Zn (*i.e.* 315 mg/kg).

383. Respecto a lo antes mencionado, es importante mencionar que entre los puntos QMush-01 y QMush-02 se encuentran geográficamente tanto el Depósito Integrado de Relaves (DIR), como el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales (STARI), visualizados en las Figura 9-8f y 9-8c. Respecto a los dos componentes mineros antes mencionados, se tiene que el material asentado en el Depósito Integrado de Relaves (DIR) San Andrés está constituido principalmente por el depósito de relaves de flotación y en menor proporción por las canchas de relave de cianuración, este último ubicado sobre el primer depósito de relaves. La composición mineralógica de estos materiales según la Memoria Descriptiva de las operaciones del año 2015 de la empresa⁴⁸, el depósito de relaves de flotación estaría constituido principalmente por cuarzo (SiO_2), mica y en menores proporciones presencia de feldspatos, plagioclasa $[(\text{Na,Ca})(\text{Si,Al})_3\text{O}_8]$, calcita (CaCO_3) y pirita (FeS_2), este último capaz de generar iones sulfato (SO_4^{2-}) e hidrógeno por medio de la oxidación del sulfuro influenciado por las condiciones ambientales propicias en la zona evaluada principalmente en época de avenida.

384. En efecto, según los resultados de calidad de agua superficial tomados durante la supervisión regular realizada en el mes de octubre de 2016; la quebrada Mush presentó concentraciones significativas de sulfatos (SO_4^{2-}) en el punto (ESP-5) ubicado por debajo de los componentes principales Depósito Integrado de Relaves (DIR) y Sistema de Tratamiento STARI (287,8 mg de $\text{SO}_4^{2-}/\text{L}$)⁴⁹.

385. No obstante, los relaves de cianuración a diferencia de los relaves de flotación presentan porcentajes considerables de pirita (FeS_2) de hasta un 30% del material, seguida de la arsenopirita (FeAsS) y la galena (PbS). La suma de estos tres minerales representa el 70% de composición total del residuo minero derivado de la explotación y beneficio del yacimiento aurífero. Mientras que, entre los minerales con un menor porcentaje de la composición de relave de cianuración se encontraron a la esfalerita (ZnS) y a la calcopirita (CuFeS_2). De los minerales antes mencionados, el más relevante en el proceso de generación de drenaje ácido es la pirita. Por el contrario, todos los sulfuros restantes antes mencionados también pueden participar en este proceso (Sernageomin, 2015), generando a su vez la presencia de metales como arsénico, plomo y zinc.

386. El último tramo de la quebrada Mush Mush (*i.e.* QMush-02 – QMush-03), también presentó un incremento en las concentraciones de metales arsénico, plomo y zinc en el agua superficial observándose de una manera más pronunciada, donde los resultados en el punto QMush-03 arrojaron valores con una concentración que llegó a 0,021 mg/L para As; 0,005 mg/L para Pb y 0,164 mg/L para Zn, hasta superar los valores establecidos en los ECA Cat4E2 del año 2008 (*i.e.* 0,001 mg/L para Pb y 0,03 mg/L para Zn). En el caso del As, este cumplió con el ECA.

⁴⁸ Documento denominado "Descripción de Operaciones Metalúrgicas de la U.E.A. Retamas". Memoria Descriptiva. Preparado por Minera Aurífera Retamas S.A. en enero de 2015.

⁴⁹ Según el informe de ensayo J-00230763 del laboratorio NSF Envirolab.

387. Los sedimentos depositados en este último tramo de la quebrada, también presentaron un incremento de sus concentraciones de forma similar a lo observado en el agua superficial. En el caso del arsénico, el punto QMush-03 presentó una concentración de 710 mg/kg, aumentando su valor en relación al punto ubicado aguas arriba (QMush-02, con 381 mg/kg de As). Caso similar ocurrió con el plomo cuyos valores aumentaron de 36 a 60,8 mg/kg entre estos dos puntos. De forma particular, el zinc tuvo un comportamiento inverso de sus concentraciones entre estos dos puntos, disminuyendo de 530 a 403 mg/kg, aun manteniendo este valor por encima del PEL (*i.e.* 315 mg/kg). Es importante mencionar, que entre los puntos QMush-02 y QMush-03 existe el canal de coronación de la margen izquierda del Depósito Integrado de Relaves (*cf.* Figura 9-9e), así como del vertimiento E-2F (*cf.* Figura 9-9a), cuya descarga es de régimen intermitente⁵⁰.
388. Este efluente (E-2F) proviene del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales (STARI), que durante el proceso de precipitación de metales y complejos cianurados producto del uso de cianuro de sodio (NaCN) como agente lixiviante de concentrados auríferos, se da la aplicación de sulfato ferroso como tratamiento previo para la destrucción de estos iones cianuro (CN⁻) mediante la oxidación con agentes como peróxido de hidrogeno (H₂O₂) o hipoclorito, ambos insumos utilizados como parte del sistema de tratamiento industrial (STARI) de la UM Retamas para obtener iones cianato (OCN⁻). Sin embargo, una de las desventajas de este tratamiento es la formación de ferrocianuro o azul de Prusia, que finalmente es bombeada a una de las pozas de degradación de CN⁻ del sistema STARI, el cual por medio de presencia de luz formaría cianuro libre. Según los resultados de agua superficial tomados durante la supervisión regular realizada en el mes de octubre de 2016 el punto (ESP-5) ubicado en la zona más próxima aguas abajo del DIR y el Sistema STARI, reportó presencia de cianuro disociable con ácido débil (*i.e.* CN_{wad}) con un valor de 0,023 mg/L⁵¹.
389. La quebrada Shucaque se forma por la unión de las aguas de la quebrada Mush Mush y la quebrada Porvenir, ambas ubicadas en el área de influencia de la UM Retamas (*cf.* Figura 9-9c). Los resultados del mes de marzo de 2017 en el punto QShuc-01, ubicado antes de su confluencia con la quebrada Ventanas, presentaron un incremento gradual de las concentraciones de metales arsénico y plomo en el agua superficial, en relación a sus tributarios quebrada Mush Mush (QMush-03) y quebrada Porvenir (QPorv-01).

⁵⁰ Para el vertimiento E-2F / P-3, con descripciones según autorización de la ANA "vertimiento de la presa de relaves" y según IGA del administrado "drenaje del depósito de relave de flotación", el volumen anual de descarga otorgado es de 1 072 224 m³, con un caudal de 34,0 l/s.

⁵¹ Según el informe de ensayo J-00230763 del laboratorio NSF Envirolab.




Figura 9-9 Quebrada Shucaque. a). Registro fotográfico de la toma de muestra en el punto QShuc-01 b). Registro fotográfico de la toma de muestra hidrobiológica en el mismo punto. c) Imagen satelital de la ubicación geográfica de la quebrada Shucaque.




390. Es decir, de los resultados obtenidos, se tuvo que el punto QShuc-01 presentó concentraciones que superaron los ECA Cat4E2 (2008) para As (*i.e.* 0,05 mg/L), Pb (*i.e.* 0,001 mg/L) y Zn (*i.e.* 0,03 mg/L), con valores que llegaron hasta 0,075 mg/L para As; 0,024 mg/L para Pb y 0,163 mg/L para Zn, siendo estos mayores en relación a los reportados en los puntos QMush-03 y QPorv-01, a excepción del zinc cuya concentración fue mayor en QMush-03 (*i.e.* 0,164 mg/L).
391. Por otro lado, solo las concentraciones de plomo en los sedimentos del punto QShuc-01, presentaron el mismo comportamiento que el agua superficial, superando el valor PEL (*i.e.* 91,3 mg/kg) de la CEQG. Es decir, de los resultados obtenidos, solo el plomo aumentó sus concentraciones considerablemente hasta llegar a 107 mg/kg en relación a los cuerpos de agua que conforman la quebrada Shucaque (QMush-03 con 60,8 mg/kg y QPorv-01 con 20,8 mg/kg). Mientras que, para el caso de arsénico y zinc, estos tuvieron un comportamiento inverso de sus concentraciones en relación a los valores reportados en los cuerpos de agua que conforman la quebrada Shucaque, disminuyendo a 185 mg/kg de arsénico, pero manteniendo este valor por encima del PEL (*i.e.* 17 mg/kg), a diferencia de la reducción de la concentración de zinc, lo cual implicó que se encuentre por debajo del PEL (*i.e.* 315 mg/kg).
392. No obstante, en la quebrada Shucaque se observó una riqueza y abundancia muy reducida de macroinvertebrados bentónicos, el cual fue evidenciado en su estado ecológico de categoría mala, pese a que sus dos tributarios (QMush-01 y QPorv-01) presentaron un estado ecológico de carácter pésimo; esto se le atribuiría a una leve recuperación de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos ya que en este tramo no se encuentra expuesta a actividades por parte de la unidad minera.
393. Las concentraciones de plomo y zinc en la microcuenca Porvenir, incumplieron con el ECA Cat.4 E2 (2008) en el punto QAlas-01 (cf. Figura 8-8 y Figura 8-9), presentando mejores resultados de calidad de agua en las estaciones QMoli-01 y QPorv-01, reflejado en la mayor riqueza y abundancia de perifiton en la quebrada molinetes y quebrada Porvenir, donde se evidenció la dominancia de diatomeas

generalmente asociadas a ambientes con poca alteración antropogénica que van de aguas oligotróficas a mesotróficas y de ambientes levemente alcalinos como por ejemplo las especies *Ulnaria ulna* (Hameed, 2003), *Hannaea arcus* (Reynolds, 2002) y los géneros *Achnanthydium* (Michels-Estrada, 2003), *Encyonema* (Silva-Benavides, 1994) y *Gomphonema* (Silva-Benavides, 1996).




394. Las concentraciones de arsénico en sedimentos superaron el valor PEL de la CEQG en los tres puntos evaluados QAlas-01, QMoli-01 y QPorv-01, mientras que la concentración de cobre superó el valor PEL en el punto QPorv-01 respectivamente, siendo baja la concentración de los demás metales evaluados. Se observó la reducción gradual de organismos y la variación del estado ecológico de "malo" en QAlas-01 a "pésimo" en QMoli-01 y QPorv-01, baja riqueza y abundancia de organismos, pertenecientes en su gran mayoría al orden Ephemeroptera (especie *Andesiops* sp.), adicionalmente se registró una especie de Trichoptera en el punto QAlas-01 (quebrada Alaska). Cabe indicar que estas dos especies no fueron predominantes.





395. Por otro lado, el organismo *Andesiops* sp. registrado en los puntos de monitoreo QAlas-1, QMoli-01, QPorv-01 es una especie sensible indicadora de estrés en el ambiente (Kluge, 2004–2008). Mediante el Análisis de correspondencia canónica (ACC) se determinó que esta especie estuvo asociada a la presencia de arsénico en el sedimento, reduciendo sus poblaciones en los puntos con mayores concentraciones de estos metales. Otra especie "no determinada" que se presentó en QMoli-01, pertenece a la familia Lumbricidae (Lumbricidae N.D. 1) la cual se caracteriza por ser altamente tolerante a la contaminación ambiental (Acosta *et al.*, 2009)

9.1.3. GRUPO III



396. En las nacientes de la microcuenca del río Llacubamba, las "Tres lagunas" (LTresL-01, LTresL-02 y LTresL-03) ubicadas en la quebrada ventanas, y la laguna Blanca (LBlanc-01) ubicada en la parte alta de la quebrada Mush Mush, las concentraciones de los metales regulados presentaron valores por debajo de los ECA para agua Cat4 conservación del ambiente acuático, E1 lagunas y lagos. Caso contrario se presentó para el nitrógeno amoniacal (N-NH₃), cuyas concentraciones incumplieron el ECA Cat4E1 (2008) en los puntos LTresL-01, LTresL-02 y LBlanc-01, presentándose en este último el doble de concentración respecto a los puntos ubicados fuera del área efectiva de la UM Retamas.



397. En condiciones naturales el nitrógeno amoniacal (N-NH₃) proviene de la degradación de la materia orgánica (Gallego y García, 2017), en época de lluvias los aportantes de las lagunas transportan materia orgánica incrementando en los cuerpos lenticos, lo que podría describir las concentraciones halladas (*cf.* Figura 8-10), mientras que el represamiento de la laguna Blanca y la inundación de la vegetación de borde (Figura 9-10), estaría aumentando aún más la concentración de nitrógeno amoniacal por descomposición de materia orgánica, evidenciado en los resultados hallados en LBlanc-01.



Figura 9-10. Vista panorámica de borde inundado de la laguna Blanca, ubicado en la naciente de la quebrada Mush Mush dentro del área de influencia de la UM Retamas.



398. De acuerdo al análisis de resultados de macroinvertebrados bentónicos en las lagunas, las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos resultaron bastante homogéneas en riqueza. Sin embargo, la abundancia en el punto de monitoreo LTresL-03 presentó un mayor indicador en comparación con los otros puntos correspondientes al complejo de lagunas Tres Lagunas (LTresL-01 y LTresL-02) y LBlanc-01 (Laguna Blanca, ubicada dentro de la U.M. Retamas). Así también, se evidenció una alta dominancia y frecuencia de *Hyalella sp.*, especie caracterizada por encontrarse en cuerpos de agua enriquecidos con materia orgánica y ambientes ligeramente alcalinos (Ruíz *et al.*, 1984; De los Ríos-Escalante *et al.*, 2012). Mediante el ACC se evidenció que esta especie presentó una alta asociación a metales en sedimentos como cromo, cadmio, cobre, plomo y zinc.



9.2. Influencia de la meteorología en el diagnóstico de la calidad ambiental

4. 399. Es importante mencionar que el factor ambiental representado por las precipitaciones anómalas en la temporalidad tuvo cierto grado de influencia en los resultados de carga metálica tanto en agua, sedimento, pero principalmente en la diversidad y abundancia de las comunidades hidrobiológicas de perifiton y macroinvertebrados bentónicos.
- 8 3. 400. Al referirse sobre los ríos, Espinoza & Rodríguez (2016), mencionan que estos siempre están en cambios por factores estacionales relacionados con el clima del área biogeográfica y que estos sistemas fluviales dependen fuertemente de las condiciones climáticas como precipitación, escorrentías y temperatura. Bajo esta premisa, la Figura 9-11 muestra cómo se han venido presentando las precipitaciones totales consideradas para el mismo mes que se desarrolló la evaluación ambiental ejecutada por el OEFA (*i.e.* marzo de 2017), por un periodo de tiempo de más de 15 años atrás.



Figura 9-11. Variación de las precipitaciones totales del mes de marzo durante el periodo 2000 – 2015 para las estaciones San Andrés y Chilcas de la UM Retamas
Fuente: Primer ITS Proyecto de Ampliación de la Planta de Beneficio San Andrés Ampliado y Cambio de Ruta de Transporte de Relaves de la U.E.A. Retamas. R.D. N° 124-2016-SENACE/DCA

401. De lo que se entiende que, estos datos históricos hacen referencia a una dinámica muy variable de la precipitación total para el mes de marzo, con una mediana de 142,3 mm en referencia a su mínima de 68,6 mm (2004) y su máxima de 154,8 mm (2002). Es así que, estadísticamente la data en mención dentro de un rango intercuartílico, nos mostraría una alta variabilidad incluyendo una anomalía pluviométrica positiva que ascendió a los 95,06 mm para el año 2000, con respecto a la mediana del periodo analizado (*i.e.* 135,74 mm).

10. CONCLUSIONES

402. De los 20 puntos de monitoreo caracterizados durante la evaluación ambiental en el área de influencia de la unidad minera Retamas, los resultados obtenidos para los parámetros de campo pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto indican que a lo largo de la microcuenca del río Llacuabamba cumplieron con los ECA para Agua (2008) tanto para la subcategoría de ríos de costa y sierra (Cat4E2), como para la subcategoría de lagos y lagunas (Cat4E1).

10.1. GRUPO I

403. En la quebrada Ventanas ubicada fuera del área de influencia de la UM Retamas, las concentraciones de metales totales en el agua superficial presentaron valores por debajo de los ECA Cat4E2 (2008) en sus tres puntos evaluados (QVent-01, QVent-02 y QVent-03). Por otro lado, en referencia a las concentraciones de metales en los sedimentos, el arsénico superó el valor PEL de la CEQG en los tres puntos, mientras que para plomo solo fue en el punto QVent-03. Cabe resaltar que entre los puntos QVent-02 y QVent-03, se observó actividades de minería artesanal, y minería no metálica "canteras" cerca al punto QVent-03.
404. Se observó en la quebrada Ventanas una disminución gradual de la riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos desde la parte alta (QVent-01), hacia la parte baja de la quebrada (QVent-03), esta alteración se le podría atribuir a las actividades de minería artesanal y minería no metálica que se ubican entre los puntos QVent-02 y QVent-03, evidenciándose en la reducción del estado ecológico de la quebrada Ventanas pasando de ser bueno en el punto QVent-01 y QVent-02, a pésimo en QVent-03.

405. En el río Llacuabamba a partir de la unión de la quebrada Shucaque con la quebrada Ventanas, los valores obtenidos presentaron concentraciones de metales arsénico, plomo y zinc en el agua superficial que incumplieron con los ECA Cat4E2 (2008) en los puntos RLLac-02, RLLac-03, RLLac-04, RLLac-05 y RLLac-06 posiblemente debido al aporte de las aguas de la quebrada Shucaque. Entre los puntos RLLac-02 y RLLac-06 se encuentran los vertimientos E-11 y E-20, así como la presencia de minería artesanal. Por otro lado, las concentraciones de arsénico en sedimento de los seis puntos evaluados en el río Llacuabamba superaron el valor PEL de la CEQG. Cabe resaltar, que el punto ubicado aguas abajo (RLLac-06) del vertimiento E-20 presentó mayores concentraciones de arsénico, plomo y zinc, que el punto ubicado aguas arriba (RLLac-05).

406. En el río Llacuabamba se observó una reducción gradual de la riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos desde el punto RLLac-02 hacia la parte baja del río (RLLac-06), evidenciándose la reducción de su estado ecológico, desde moderado (RLLac-02) a malo (RLLac-03 y RLLac-04) y pésimo (RLLac-05 y RLLac-06); posiblemente debido al incremento de la concentración de metales en agua y sedimento.

10.2. GRUPO II

407. Los valores obtenidos en la quebrada Mush Mush presentaron un incremento progresivo de las concentraciones de metales arsénico, plomo y zinc en el agua superficial, desde el punto QMush-01 hasta incumplir con los ECA Cat4E2 (2008) en los puntos QMush-02 y QMush-03. Es importante precisar que entre los puntos QMush-01 y QMush-02 se encuentran el Depósito Integrado de Relaves (DIR) y el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales (STARI), y entre los puntos QMush-02 y QMush-03 se encuentra el vertimiento E-2F que tiene un régimen de descarga de tipo intermitente y las aguas provenientes del canal de coronación de la margen izquierda del Depósito Integrado de Relaves (DIR).

408. Las concentraciones de arsénico, plomo y zinc en los sedimentos depositados a lo largo de la quebrada Mush Mush (QMush-01, QMush-02 y QMush-03) presentaron un incremento progresivo de sus concentraciones de forma similar a lo observado en el agua superficial, superando el valor PEL de la CEQG.

409. Respecto a las comunidades de macroinvertebrados bentónicos se observó una reducción gradual de la riqueza y abundancia desde la parte alta (QMush-01), hacia la parte baja de la quebrada (QMush-03), esta alteración posiblemente se deba al incremento de la concentración de metales en sedimento de dicho tramo. Evidenciándose en la reducción del estado ecológico de la quebrada Mush Mush, pasando de ser bueno en el punto QMush-01, a moderado en QMush-02 y malo en QMush-03.

410. En el punto QShuc-01 de la quebrada Shucaque (formada por la unión de las quebradas Mush Mush y Porvenir), presentó concentraciones de metales arsénico, plomo y zinc en el agua superficial que incumplieron con los ECA Cat4E2 (2008). Es importante precisar, que las concentraciones de arsénico y plomo del punto evaluado fueron mayores en relación con los puntos ubicados en las quebradas Mush Mush (QMush-03) y Porvenir (QPorv-01). Cabe resaltar, que las quebradas mencionadas se ubican aguas abajo de las operaciones de la UM Retamas. Por otro lado, las concentraciones de plomo y arsénico en los sedimentos superaron el valor PEL de la CEQG.



411. En la quebrada Shucaque se observó una riqueza y abundancia muy reducida de macroinvertebrados bentónicos, evidenciada en su estado ecológico de categoría mala. En comparación a los puntos evaluados en las quebradas Mush Mush (QMush-03) y Porvenir (QPorv-01), se observó una leve recuperación de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en su estado ecológico de pésimo a malo, debido a que se encontraría expuesta a una menor perturbación.
412. Las concentraciones de plomo y zinc en la microcuenca Porvenir, incumplieron con el ECA Cat.4 E2 (2008) en el punto QAlas-01, presentando una reducción considerable en QMoli-01 y QPorv-01. Las concentraciones de arsénico en sedimentos en los tres puntos evaluados QAlas-01, QMoli-01 y QPorv-01 superaron el valor PEL de la CEQG, mientras que el cobre superó la norma de referencia solo en el punto QPorv-01.
413. Respecto a las comunidades de macroinvertebrados bentónicos se observó una reducción gradual de la riqueza y abundancia desde la parte alta (QAlas-01), hacia la parte baja de la quebrada (QPorv-01), esta alteración posiblemente se deba al incremento de la concentración de metales (arsénico y cobre) en sedimento. Evidenciándose en la reducción del estado ecológico de la quebrada Porvenir, pasando de ser malo en el punto QAlas-01, a pésimo en QMoli-01 y QPorv-01.

10.3. GRUPO III

414. En la microcuenca del río Llacuabamba, las concentraciones de metales de los puntos evaluados en las "Tres Lagunas" (LTres-01, LTres-02 y LTres-03) y en la laguna Blanca (LBlanc-01) cumplieron con los ECA Cat.4E1 (2008). Por otro lado, las concentraciones de plomo y cromo en los sedimentos del punto LBlanc-01 ubicado en la laguna Blanca, superaron el valor PEL de la CEQG; mientras que el punto LTres-03, ubicado en la laguna N° 3, solo superó el cromo. Cabe destacar, que el circuito de las "Tres Lagunas" se ubica fuera del área de influencia de la UM Retamas, mientras que la laguna Blanca se encuentra dentro de la unidad.
415. De las cuatro lagunas evaluadas se observó una riqueza homogénea de macroinvertebrados bentónicos, mientras que la abundancia en el punto de monitoreo LTresL-03 fue mayor; así mismo, se evidenció alta dominancia y frecuencia de *Hyalella* sp., especie caracterizada por encontrarse en cuerpos de agua enriquecidos con materia orgánica y ambientes ligeramente alcalinos.

11. RECOMENDACIONES

416. Remitir el presente informe a la Dirección de Supervisión del OEFA, a efectos de que, en función de sus competencias, evalúe programar una supervisión especial en atención a los resultados expuestos en el presente informe.

12. ANEXOS

Anexo 1: Información sistematizada generada por el administrado

- Sistematización de reportes de monitoreo de agua superficial (2012-2017)
- Sistematización de data de precipitación, dirección y velocidad de viento.

Anexo 2: Reportes de campo

- Calidad ambiental de agua superficial
- Calidad ambiental de sedimento
- Comunidades hidrobiológicas
- Parámetros meteorológicos
- Incluyen cadenas de custodia, registro fotográfico y mapa de ubicación

Anexo 3: Reportes de resultados de laboratorio

Reporte N° 002-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAME

- Calidad ambiental de agua superficial
- Calidad ambiental de sedimento
- Comunidades hidrobiológicas
- Incluyen Informes de ensayo de laboratorio
- Informe de ensayo N° J-00230763

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R.; Ríos, B.; Rieradevall, M. & Prat, N. (2009). Propuesta de un Protocolo de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos (C.E.R.A) y su Aplicación a dos Cuencas en Ecuador y Perú. *Limnética*, 28(1): 35-64.
- Armitage, P.; Moss, D.; Wright, J. y Furse, M. (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research*, 17(3): 333-347.
- Bonnet, L. (1960). Thécamoebiens des sols algériens (1). – *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 51: 255-258.
- Bray J. y Curtis J. (1957). An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27: 325-349.
- Brower, J. y Zar, J. (1984). *Field and laboratory methods for general ecology*. Iowa: Wm. C. Brown Co. Dubuque.
- Cochare, K. (2005). *Guía del administrador pesquero. Medidas de ordenación y su aplicación*. FAO Documento Técnico de Pesca. N°. 424. Roma, FAO. 231p.
- Confederación Hidrográfica del Ebro. (2005). *Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Protocolos de Muestreo y análisis para Fitobentos (Microalgas bentónicas)*. Ministerio de Medioambiente, Confederación Hidrográfica del Ebro.



- Crisci, J. y López, F. (1983). Introducción a la Teoría y Práctica de la Taxonomía Numérica. Secretaría General de la O.E.A., Washington D.C.
- De la Lanza, G.; Hernández, S. y Carvajal, J. (2000). Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). México: Editorial Plaza y Valdés. 43-108 pp.
- De los Ríos-Escalante, P.; Morrone, J. y Rivera, R. (2012). Distributional patterns of the South American species of Hyalella (Amphipoda, Hyalellidae). *Gayana*, 76: 153-161.
- Durán, M. M. y Ciabato, D. A. (2012). Evaluación de los impactos ambientales asociados a la contaminación en agua, suelo y sedimento por cromo y zinc, en los municipios de Tabio y Tenjo-Cundinamarca (sub-cuenca del río Chicú).
- Fernández, J. C.; Barba, C.; Romero, A.; González, M. I. y Galán, E. (2012). Geología ambiental del río Tinto a través de un mapa conceptual.
- Galán, E. (2008). Contaminación de suelos por metales pesados. *Macia* N° 10, *Revista de la sociedad española de mineralogía*. Noviembre 2008.
- Gallego-Alarcón, Iván & García-Pulido, Daury. (2017). Remoción de nitrógeno amoniacal total en un biofiltro: percolador-columna de arena. *Tecnología y Ciencias del Agua*. Vol. VIII, núm. 1, pp. 81-93.
- García, V. D. (2011). Estudio sobre la estabilidad de la inmovilización de metales pesados, en sedimentos del cauce del río San Pedro
- Giacometti, J. y Bersosa, F. (2006). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi, Noroccidente ecuatoriano. *Boletín Técnico* 6, Serie Zoológica, 2:17-32.
- Gómez-Álvarez, A.; Villalba-Atondo, A.; Acosta-Ruiz, G.; Castañeda-Olivares, M. y Kamp, D. (2004). Metales pesados en el agua superficial del Río San Pedro durante 1997 y 1999. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 20(1), 5-12.
- Halffter, G. y Moreno, C. (2005). Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma, En Halffter, G.; Soberón J.; Koleff, P. & Melic, A. (Eds.), *Sobre el significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma* (pp. 1-18). México: CONABIO.
- Hameed, H. (2003). The colonization of periphytic diatom species on artificial substrates in the Ashar canal, Basrah, Iraq. *Limnologica* 33: 54-61.
- Hammer, Ø.; Harper, D. y Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological statistics Software (Version 3.12) [Software]. Disponible desde <http://folk.uio.no/ohammer/past/>.
- Hernández Estevez, A. (2009). Biosorción de níquel divalente por materiales biológicos inactivos (Doctoral dissertation).
- Hill, M. (1973). Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, 54(2): 427-432.

- Hilsenhoff W. (1988). Rapid field assesment of organic pollution with a family level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society* 7(1): 65-68.
- Jain, R., Urban, L., Stacey, G.S., Balbach, H., Webb, M.D., (2012). *Handbook of Environmental Engineering Assessment: Strategy, Planning, and Management*. Elsevier, Waltham, MA. Jennings, S.R., Neuman, D.R., Blicher, P.S., 2008. *Acid Mine Drainage and Effects on Fish*
- Ravi K. Jain, Ph.D., P.E. Zengdi "Cindy" Cui, Ph.D. Jeremy K. Domen, M.S. (2016). *Environmental Impact of Mining and Mineral Processing: Management, Monitoring, and Auditing Strategies*. Chapter 4 – Environmental Impacts of Mining. Pág. 53–157
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113: 363-375.
- Kluge, N. (2004–2008). *Ephemeroptera of the World* (World Wide Web electronic database). Disponible desde <http://www.insecta.bio.pu.ru>
- Krammer, K. (2000). *Diatoms of Europe. The genus Pinnularia*. A. R. G. Gantner. Verlag. K. G. Germany. 703 pp.
- Litter, M.; Carrera, A. P.; Morgada, M. E., Ramos, O.; Quintanilla, J. y Fernández-Cirelli, A. L. I. C. I. A. (2008). Capítulo 2 Formas presentes de arsénico en agua y suelo. *Distribución del arsénico en las regiones Ibérica e Iberoamericana*, 5.
- Marcano, Y. (2012). *Fraccionamiento Geoquímico De Metales Pesados En Sedimentos Superficiales Del Sector Marino Costero Arapito-Santa Fe, Estado Sucre, Venezuela* (Doctoral dissertation, Universidad de Oriente Núcleo de Sucre.
- Mafla, M. H. (2005). *Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano Talamanca– Costa Rica. Macroinvertebrados (BMWP–CR–Biological Monitoring Working Party) y Hábitat (SVAP Stream Visual Assessment Protocol)*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.
- Mauro, L. (2014). *Estudio de los procesos de adsorción-desorción de los metales Cu, Mn, Pb y Zn en la cuenca del río Maipo*. Universidad de Chile, Chile 2014. pp. 7-10.
- Michels-Estrada, A. (2003). *Ökologie und Verbreitung von Kieselalgen in Fliessgewässern Costa Ricas als Grundlage für eine biologische Gewässerbeurteilung in den Tropen*. *Dissertationes Botanicae* 377, Cramer, Stuttgart, Alemania.
- Ministerio de Energía y Minas (1996), *Guía Ambiental para el Manejo de Cianuro, Subsector Minería, Volumen XIII, Referencia de aprobación: R.D. N° 025-96-EM/DGAA*.
- MINEO Consortium (2000). *Review of potential environmental and social impact of mining*. pp. 12-13. Revisado el 07 de setiembre de 2016. Disponible en: <http://www2.brgm.fr/mineo/UserNeed/IMPACTS.pdf>.

- Moreno, C. E. & Halffter, G. (2001). Spatial and temporal analysis of the alpha, beta and gamma diversities of bats in a fragmented landscape. *Biodiversity and Conservation*, 10: 367-382.
- Moreno, C.; Barragán, F.; Pineda, E. y Pavón, N. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82: 1249-1261.
- Navarro, A. E.; Maldonado, H. J.; Campos, K. y Ramos, K. P. (2006). Elucidación del efecto del pH en la adsorción de metales pesados mediante biopolímeros naturales: cationes divalentes y superficies activas. *Revista Iberoamericana de polímeros*, 7(2), 113-126.
- Nieminen, T. M.; Ukonmaanaho, L.; Rausch, N. y Shotyky, W. 2007. Biogeochemistry of Nickel and Its Release into the Environment. En: Sigel A.; Sigel H.; Sigel R. K.O.(Eds.). *Metal Ions in Life Sciences Nickel and Its Surprising Impact in Nature*. John Wiley & Sons Ltd. West Sussex, England. 2:1-21.
- Norma, C. (2016). Relevancia del PH en la adsorción de iones metálicos mediante algas pardas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 76(2).
- Oeding, S. y Taffs, K. (2015). Are diatoms a reliable and valuable bio-indicator to assess sub-tropical river ecosystem health? *Hydrobiologia*, 758(1): 151-169.
- Olofsson, J. (1980). The role of microlayers in controlling phytoplankton productivity. In: J. Barica y L.R. Mur (eds.): *Hypertrophic ecosystems*. W. Junk, Publ., La Haya, p. 83-93.
- Parra, O. E. (2014). Wild birds as bioindicators of environmental pollution and heavy metals. *Revista CES Salud Pública Vol 5, Núm. 1*. pp. 59-69.
- Peet, R. (1974). The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 5 285–307.
- Peinador, M. (1999). Las cianobacterias como indicadores de contaminación orgánica. *Revista de Biología Tropical*, 47(3).
- Pielou, E. (1975). *Ecological Diversity*. Jhon Wiley, New York. 165 pp.
- Pielou, E. (1984). *The interpretation of ecological data. A primer on classification and ordination*. John Wiley, New York. 263 pp.
- Ramírez, A. y Plata-Díaz, Y. (2008). Diatomeas perifíticas en diferentes tramos de dos sistemas lóticos de alta montaña (Páramo de Santurbán, Norte de Santander, Colombia) y su relación con las variables ambientales. *Acta Biológica Colombiana* 13(1): 199-216.
- Reynolds, C.; Huszar, V.; Kruk, C.; Naselli, L. y Melo, S. (2002). Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24: 417-428.
- Roldan G. (2003). *Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col*. Colección Ciencia y Tecnología. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia. 170 pp.

- Rousch, J. y Sommerfeld, M. (1999) Effect of manganese and nickel on growth of selected algae in pH buffered medium. *Water Research*, 33: 2448–2454.
- Ruiz, J.; Molina, J.; Saavedra, G.; Contreras, M. y Mojica, J. (1984). Incidencia de la precipitación, eutroficación y calidad bacteriológica en la composición planctónica del lago La Tota. Bogotá (Colombia): HIMAT, División de Hidrobiología.
- Shapiro, J. (1990). Current belief regarding dominance by blue-greens: the case for the importance of CO₂ and pH. *Verhandlungen internationale Vereinigung Limnologie*, 24:38-54.
- Sierra, C. (2011). *Calidad del Agua – Evaluación y Diagnóstico*. Universidad de Medellín. Colombia. pp. 460.
- Silva-Benavides, M. (1994). Algal periphyton in two rivers in Costa Rica with especial reference to diatoms organic pollution and altitudinal differences. Tesis Ph. D., Universidad Innsbruck, Austria.
- Silva-Benavides, M. (1996). The use of water chemistry and benthic diatom communities for qualification of a polluted river in Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44: 395-416.
- Simate, G. S., & Ndlovu, S. (2014). Acid mine drainage: challenges and opportunities. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2(3), 1785-1803.
- Sokal, R. y Michener, C. (1958). A statistical method for evaluating systematic relationships. *University of Kansas Science Bulletin*, 38: 1409-1438.
- Sokal, R. y Sneath, P. (1963). *Principles of numerical taxonomy*. W. H. Freeman, San Francisco.
- Suárez, A. C. (2011). Concentración Total y biodisponible de metales pesados en sedimentos de la región Mojana. Universidad de Córdoba, Colombia. pp. 13-64.
- Tarbuck, E. (2010). *Ciencias de la Tierra, una introducción a la geología física*. Volumen II. Editorial Pearson, Madrid 2010. pp. 428-438 y 482-484.
- Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) - Museo de Historia Natural (MHN) (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. LIMA, PERU. / Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología, Lima: Ministerio del Ambiente. 75 p.
- Van Dam, H.; Mertens, A. y Sinkeldam, J. (1994). A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28: 117-133.
- Vázquez, G.; Castro, G.; González, I.; Pérez, R. y Castro, T. (2006). Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. *Contactos*, 60: 41-48.
- Washington, H. (1984). Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research*, 18 (6), 653–694.



4.
7
e
f