



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

INFORME N° 093 -2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA



A : FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN
Director de Evaluación
SONIA BEATRÍZ ARANÍBAR TAPIA
Subdirectora de Evaluación de la Calidad Ambiental

DE : PABEL DALMIRO DEL SOLAR PALOMINO
Coordinador de Monitoreo y Vigilancia Ambiental
LLOJAN CHUQUISENGO PICON
Especialista en Monitoreo y Vigilancia Ambiental



HUGO TRUJILLO VILLAVICENCIO
Especialista en Monitoreo y Vigilancia Ambiental

FELICITA LISET MORENO SANDOVAL
Tercera evaluadora

HEBER OCAS RUMAY
Tercero evaluador

SAÚL SAULO ALDAVE AGÜERO
Tercero evaluador

LISVETH MADELEINE VALENZUELA MENDOZA
Tercera evaluadora

ASUNTO : Informe de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia proyecto minero El Galeno, en los distritos de Sorochocho (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), departamento de Cajamarca, durante el año 2017.

REFERENCIA: Planefa 2017

FECHA : 21 DIC. 2017 2017-101-39205

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 del monitoreo ambiental:

a.	Ubicación general	Distritos de Sorochocho (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), departamento de Cajamarca.
b.	Ámbito de influencia	Área de influencia del proyecto minero El Galeno, enfocadas principalmente a la ubicación proyectada de los componentes mineros, los cuales involucran a las microcuencas del río Grande y la quebrada Chanche (Milpo).

MONITOREO Y VIGILANCIA AMBIENTAL
VOTO
DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN
[Signature]



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

c.	Problemática	Posible alteración de las condiciones ambientales, producto de las futuras actividades de explotación del proyecto minero El Galeno, propiedad de la minera Lumina Copper S.A.C.	
d.	Motivo por el cual se realiza la actividad	Actividad establecida en el Planefa 2017 del OEFA.	
e.	Tipo de Evaluación Ambiental	Participativo	[X]
		No Participativo	
		Vigilancia Ambiental	
f.	Periodo de ejecución	<ul style="list-style-type: none"> Visita de reconocimiento: del 2 al 7 de octubre de 2017. Coordinación previa: del 2 al 7 de octubre de 2017. Taller de inducción y presentación de la propuesta del plan de evaluación ambiental temprana: del 24 al 26 de octubre de 2017. Ejecución de la evaluación ambiental temprana: del 25 al 31 de octubre de 2017. 	

2. Equipo profesional:

Tabla 2-1. Profesionales encargados de la evaluación ambiental temprana

Ítem	Evaluidor	Profesión	Actividad	Colegiatura
1	Chuquisengo Picon, Llojan (*)	Químico	Evaluación de agua y sedimento	CQP 906
2	Ocas Rumay, Heber	Ing. Ambiental		---
3	Trujillo Villavicencio, Hugo	Ing. Químico		CIP 152821
4	Saúl Aldave Agüero	Biólogo pesquero		CBP 11160
5	Moreno Sandoval, Felicita Liset	Ing. Química	Evaluación de comunidades hidrobiológicas	CIP 129518
6	Valenzuela Mendoza, Lisveth Madeleine	Bach, en Biología		---

(*) Líder de equipo

3. Resumen

Tabla 3-1. Componentes ambientales evaluados y resumen de los resultados obtenidos

Componentes evaluados	N° de puntos	¿Incumplió los ECA u otras normas de referencia?			¿Qué parámetros?	¿En qué puntos?
		Sí	X	No		
Agua (a)	68	Sí	X	No	pH	Zona I. Quebradas: <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Milpo: QMilp1, QMilp2 y QMilp4 Quebrada Quinuacocha: QQuin1 Quebrada Punre: QPunr2 Manantiales (*): <ul style="list-style-type: none"> Manantial de los caseríos Santa Rosa de Milpo y El Punre: FNat7, FNatu13 y FNatu14 Lagunas: <ul style="list-style-type: none"> Laguna Rinconada: LRinc1, LRinc2 y LRinc3





"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Componentes evaluados	Nº de puntos	¿Incumplió los ECA u otras normas de referencia?	¿Qué parámetros?	¿En qué puntos?
				<ul style="list-style-type: none"> Laguna Dos Colores: LDCol1, LDCol2 y LDCol3 Laguna Milpo: LMilp1, LMilp2 y LMilp3 <p>Zona II.</p> <p>Quebradas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Papacuay: QPapa1 <p>Lagunas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Laguna Lipiac: LLipi1, LLipi2 y LLipi3 <p>Zona III.</p> <p>Quebradas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Lipiac: QLipi1A <p>Manantiales (*):</p> <ul style="list-style-type: none"> Manantial La Cortadera: MLCor1 Manantial Yanacochoa: MYana1 <p>Lagunas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Laguna Yanacochoa: LYana1 <p>Zona IV.</p> <p>Quebradas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Kerosene: QKero1 Quebrada Chupicarío: QChup-01 <p>Manantiales (*):</p> <ul style="list-style-type: none"> Manantial del caserío de Chamcas: MCham3 <p>Lagunas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Laguna Kerosene: LKero-01, LKero2 y LKero3
			Oxígeno disuelto (O.D.)	<p>Zona I.</p> <p>Manantiales (*):</p> <ul style="list-style-type: none"> Manantial de los caseríos Santa Rosa de Milpo y El Punre: FNatu6 y MInge-01 <p>Zona IV.</p> <p>Manantiales (*):</p> <ul style="list-style-type: none"> Manantial del caserío de Chamcas: MCham5
			Manganeso (Mn)	<p>Zona I.</p> <p>Manantiales (*):</p> <ul style="list-style-type: none"> Manantial del caserío de Santa Rosa de Milpo: FNat7



[Handwritten signature]

Componentes evaluados	N° de puntos	¿Incumplió los ECA u otras normas de referencia?				¿Qué parámetros?	¿En qué puntos?
		Sí	-	No	-		
						Plomo (Pb) Fósforo (P) Cobre (Cu)	Zona I. Manantiales (*): • Manantial del caserío de Santa Rosa de Milpo: FNat7 Zona II. Lagunas: • Laguna Lipiac: LLipi1, LLipi2 y LLipi3 Zona I. Lagunas: Laguna Muyoc: LMuy1, LMuy2, LMuy3 y LMuy4 Zona I. Lagunas: • Laguna Dos Colores: LDCol1 y LDCol2
Sedimento	12	Sí	-	No	-	-	-
Comunidades hidrobiológicas	28	Sí	-	No	-	-	-

(*) Comparación referencial

(a) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

(-) No aplica.



[Handwritten signature]

II. OBJETIVO

- Presentar los resultados de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia proyecto minero El Galeno, en los distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), departamento de Cajamarca, realizada del 25 al 31 de octubre de 2017.

III. ANTECEDENTES

- La actividad que es materia del presente informe fue planificada en cumplimiento a la función del OEFA establecida en la Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, Sinefa), cuyo ejercicio permite establecer el diagnóstico de la calidad ambiental en forma puntual, 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.
- Como parte de las actividades de ejecución del Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental 2017 (en adelante, Planefa 2017) aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 004-2017-OEFA/CD y en base a los criterios de priorización establecidos en dicho plan para la realización de evaluaciones ambientales, la Dirección de Evaluación planificó una evaluación ambiental temprana en el área de influencia proyecto minero El Galeno, en los distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), departamento de Cajamarca, realizada del 25 al 31 de octubre de 2017.



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

7. Las evaluaciones ambientales tempranas se realizan en zonas de influencia de proyectos mineros o energéticos que actualmente se encuentran en etapa exploratoria, de construcción o de reciente inicio de explotación, y permiten obtener información de los principales componentes ambientales (agua, sedimento, hidrobiología, aire, suelo, flora y fauna silvestre) a través un diagnóstico ambiental en el que el OEFA fomenta la participación ciudadana.
8. Los objetivos específicos de las evaluaciones ambientales tempranas son: (i) contribuir a la prevención de los potenciales conflictos socioambientales, (ii) brindar soporte técnico a las acciones de supervisión y fiscalización ambiental que realiza el OEFA, (iii) proporcionar información a otras instituciones públicas y/o privadas para que actúen en el marco de sus competencias y (iv) constituir la etapa inicial de un sistema de vigilancia ambiental periódico. Estos objetivos buscan contribuir con el desarrollo sostenible de las actividades extractivas desarrolladas en cada zona.
9. Para ello, parte del equipo profesional encargado de desarrollar la evaluación ambiental temprana realizó una visita de reconocimiento al área de influencia proyecto minero El Galeno, en los distritos de Sorochnuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), departamento de Cajamarca, del 2 al 7 de octubre de 2017, para la ejecución de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero El Galeno.
10. Finalmente, el presente informe corresponde al desarrollo de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia proyecto minero El Galeno, en los distritos de Sorochnuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), departamento de Cajamarca, durante el año 2017.

IV. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

11. El análisis de la información se encuentra desarrollado en el Anexo N° 1, denominado Informe de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia proyecto minero El Galeno, en los distritos de Sorochnuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), departamento de Cajamarca, durante el año 2017, que se adjunta y forma parte del presente informe.

V. CONCLUSIÓN

- (i) El presente informe contiene los resultados generales de la evaluación ambiental temprana realizada en el área de influencia proyecto minero El Galeno, en los distritos de Sorochnuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), departamento de Cajamarca, durante el año 2017, y además anexa el detalle metodológico y el sustento técnico que conllevó a dichos resultados por cada componente ambiental evaluado.

VI. RECOMENDACIÓN

- (i) Los suscritos recomiendan elevar el presente informe a la Subdirección de Evaluación de la Calidad Ambiental, a efectos de que se proponga su aprobación ante la Dirección de Evaluación.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

VII. ANEXO

- **Anexo N° 1:** Informe de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia proyecto minero El Galeno, en los distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), departamento de Cajamarca, durante el año 2017.

Atentamente,

LLOJAN CHUQUISENGO PICON
Especialista en Monitoreo y Vigilancia Ambiental
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

FELICITA LISET MORENO SANDOVAL
Tercera Evaluadora
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

HUGO TRUJILLO VILLAVICENCIO
Especialista en Monitoreo y Vigilancia Ambiental
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

LISVETH MADELEINE VALENZUELA MENDOZA
Tercera Evaluadora
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

HEBER OCAS RUMAY
Tercero Evaluador
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

SAÚL SAÚL ALDAVE AGÜERO
Tercero Evaluador
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

PABEL DALMIRO DEL SOLAR PALOMINO
Coordinador de Monitoreo y Vigilancia Ambiental
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Lima, 21 DIC. 2017

Visto el Informe N° 093 -2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA y habiéndose verificado que su contenido se encuentra enmarcado en el ejercicio de la función evaluadora, así como su coherencia normativa; la Subdirectora de Evaluación de la Calidad Ambiental recomienda su APROBACIÓN a la Dirección de Evaluación, razón por la cual se TRASLADA el presente Informe.

Atentamente,

SONIA BEATRIZ ARANÍBAR TAPIA

Subdirectora de Evaluación de la Calidad Ambiental
Dirección de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

Visto el Informe N° 093 -2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA y en atención a la recomendación de la Coordinación de Monitoreo y Vigilancia Ambiental, así como de la Subdirección de Evaluación de la Calidad Ambiental, la Dirección de Evaluación ha dispuesto aprobar el presente Informe.

Atentamente,

FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN

Director de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Anexo N° 1



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]



Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental

INFORME N° 093 - 2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA

**EVALUACIÓN AMBIENTAL TEMPRANA EN EL
ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO
MINERO EL GALENO, EN LOS DISTRITOS DE
SOROCHUCO (PROVINCIA DE CELENDÍN) Y
LA ENCAÑADA (PROVINCIA DE
CAJAMARCA), DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA, DURANTE EL AÑO 2017**

COORDINACIÓN DE MONITOREO Y VIGILANCIA AMBIENTAL

DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN

Diciembre de 2017



[Handwritten signature]
[Handwritten initials]



ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN 1
- 2. MARCO LEGAL 2
- 3. ANTECEDENTES 3
- 4. JUSTIFICACIÓN 7
- 5. OBJETIVOS 8
 - 5.1. Objetivo general 8
 - 5.2. Objetivos específicos 8
- 6. UBICACIÓN GEOGRÁFICA 8
- 7. CONTEXTO SOCIAL 15
 - 7.1. Etapas del monitoreo 15
 - 7.2. Ejecución de la evaluación ambiental temprana. 17
 - 7.3. Actores involucrados 17
- 8. MARCO CONCEPTUAL 18
 - 8.1. Agua superficial 18
 - 8.1.1. Parámetros fisicoquímicos 18
 - 8.1.2. Principales características químicas del agua 19
 - 8.1.3. Evaluación hidroquímica 23
 - 8.2. Comunidades hidrobiológicas 28
- 9. METODOLOGÍA 30
 - 9.1. Calidad de agua superficial 30
 - 9.1.1. Ubicación de los puntos de muestreo 30
 - 9.1.2. Protocolos, equipos y técnicas de análisis 36
 - 9.1.3. Estándares de comparación y análisis de datos 38
 - 9.2. Comunidades hidrobiológicas 39
 - 9.3.1. Ubicación de los puntos de muestreo 40
 - 9.3.2. Protocolos, equipos y técnicas de análisis 43
 - 9.3.3. Estándares de comparación y análisis de datos 46
- 10. RESULTADOS Y ANÁLISIS 48
 - 10.1. Calidad de agua 48
 - 10.1.1. Comparación con el ECA para agua 2017 48
 - 10.1.2. Evaluación del comportamiento de los metales disueltos y suspendidos 63
 - 10.1.3. Evaluación Hidroquímica 73
 - 10.2. Comunidades Hidrobiológicas 105
- 11. DISCUSIONES 146
 - 11.1. Calidad de agua 146
 - 11.2. Comunidades hidrobiológicas 153
- 12. CONCLUSIONES 155
 - 12.1. Calidad de agua 155
 - 12.1. Comunidades hidrobiológicas 156
- 13. RECOMENDACIONES 157
- 14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 157
- 15. ANEXOS 165



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin.



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Información documentaria asociada al proyecto minero El Galeno..... 3

Tabla 3-2. Cuerpos de agua de interés de acuerdo a los IGA asociados al proyecto minero El Galeno 4

Tabla 3-3. Componentes mineros de interés respecto al proyecto minero El Galeno ... 4

Tabla 3-4. Parámetros que excedieron la normativa de calidad de agua en IGAs anteriores..... 5

Tabla 3-5. Procedimiento administrativo sancionador de la Dirección de Fiscalización del OEFA en relación al proyecto minero El Galeno 7

Tabla 6-1. Agrupación de los cuerpos de agua por zonas evaluadas 9

Tabla 7-1. Actores sociales involucrados para el desarrollo del MAP 17

Tabla 9-1. Ubicación de los puntos de muestreo de calidad ambiental de agua superficial 31

Tabla 9-2. Ubicación de los puntos de muestreo para calidad de agua de manantiales 32

Tabla 9-3. Ubicación de los puntos de muestreo para calidad de agua de lagunas 34

Tabla 9-4. Equipos y accesorios utilizados para el muestreo de calidad ambiental de agua 37

Tabla 9-5. Métodos de ensayo utilizados por los laboratorios para el análisis de calidad de agua..... 38

Tabla 9-6. Estándares de comparación de la calidad de agua..... 39

Tabla 9-7. Ubicación de los puntos de muestreo para comunidades hidrobiológicas . 40

Tabla 9-8. Equipos y materiales utilizados para el muestreo de las comunidades hidrobiológicas..... 43

Tabla 9-9. Métodos de ensayo utilizados para los análisis hidrobiológicos 45

Tabla 9-10. Comunidades hidrobiológicas evaluadas por punto de monitoreo 45

Tabla 10-1. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en las quebradas evaluadas en las zonas I 64

Tabla 10-2. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en las quebradas evaluadas en las zonas II, III y IV 65

Tabla 10-3. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en los manantiales evaluados en la zona I 67

Tabla 10-4. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en los manantiales evaluados en la zona II 68

Tabla 10-5. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en los manantiales evaluados en la zona III 68



Handwritten signatures and initials in blue ink.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 10-6. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en los manantiales evaluados en la zona IV..... 69

Tabla 10-7. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en las lagunas evaluadas en la zona I..... 71

Tabla 10-8. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en las lagunas evaluadas en las zonas II, III y IV 72

Tabla 10-9. Clasificación química del agua (lagunas y quebradas) de las zonas I y II 92

Tabla 10-10. Clasificación química del agua (manantiales) de las zonas I y II..... 93

Tabla 10-11. Clasificación química del agua (lagunas y quebradas) de las zonas III y IV 95

Tabla 10-12. Clasificación química del agua (manantiales) de las zonas III y IV 97



l
S
2
e
A
Y



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 6-1. Mapa de ubicación del área de influencia del proyecto minero El Galeno.. 9

Figura 6-2. Diagrama de las zonas evaluadas en el área de influencia del proyecto minero El Galeno 10

Figura 6-3. Diagrama de la zona I en el área de influencia del proyecto minero El Galeno 11

Figura 6-4. Diagrama de la zona II en el área de influencia del proyecto minero El Galeno 12

Figura 6-5. Diagrama de la zona III en el área de influencia del proyecto minero El Galeno 13

Figura 6-6. Diagrama de la zona IV en el área de influencia del proyecto minero El Galeno 14

Figura 8-1. Diagrama de Piper 24

Figura 8-2. Ejemplos de tipos de agua 25

Figura 8-3. Diagrama de Stiff 26

Figura 8-4. Diagrama de Stiff en relación a la mineralización 26

Figura 8-5. Casos de relaciones iónicas 27

Figura 10-1. Valores de pH en las quebradas evaluadas del proyecto minero El Galeno 50

Figura 10-2. Valores de pH en los manantiales evaluados del proyecto minero El Galeno 53

Figura 10-3. Concentraciones de oxígeno disuelto en los manantiales evaluados del proyecto minero El Galeno 53

Figura 10-4. Concentraciones de manganeso total en los manantiales evaluados del proyecto minero El Galeno 56

Figura 10-5. Concentraciones de plomo total en los manantiales evaluados del proyecto minero El Galeno 56

Figura 10-6. Valores de pH en las lagunas evaluadas del proyecto minero El Galeno 59

Figura 10-7. Concentraciones de fósforo total en las lagunas evaluadas del proyecto minero El Galeno 59

Figura 10-8. Concentraciones de cobre total en las lagunas evaluadas del proyecto minero El Galeno 62

Figura 10-9. Concentraciones de plomo total en las lagunas evaluadas del proyecto minero El Galeno 62

Figura 10-10. Relación Ca^{2+}/Mg^{2+} en los puntos de muestreo de la zona I 74

Figura 10-11. Relación Ca^{2+}/Mg^{2+} en los puntos de muestreo de la zona II 75



Vertical handwritten signature in blue ink



Figura 10-12. Relación Ca^{2+}/Mg^{2+} en Ips puntos de muestreo de la zona III..... 76

Figura 10-13. Relación Ca^{2+}/Mg^{2+} en los puntos de muestreo de la zona IV 77

Figura 10-14. Relación Ca^{2+}/Na^+ en los puntos de muestreo de la zona I 78

Figura 10-15. Relación Ca^{2+}/Na^+ en los puntos de muestreo de la zona II 79

Figura 10-16. Relación Ca^{2+}/Na^+ en los puntos de muestreo de la zona III 80

Figura 10-17. Relación Ca^{2+}/Na^+ en los puntos de muestreo de la zona IV 80

Figura 10-18. Relación K^+/Na^+ en los puntos de muestreo de la zona I..... 82

Figura 10-19. Relación K^+/Na^+ en los puntos de muestreo de la zona II..... 83

Figura 10-20. Relación K^+/Na^+ en los puntos de muestreo de la zona III..... 84

Figura 10-21. Relación K^+/Na^+ en los puntos de muestreo de la zona IV 84

Figura 10-22. Concentración relativa (%meq/l) de los principales cationes presentes en la zona I 85

Figura 10-23. Concentración relativa (%meq/l) de los principales aniones presentes en la zona I 86

Figura 10-24. Concentración relativa (%meq/l) de los principales cationes presentes en la zona II 86

Figura 10-25. Concentración relativa (%meq/l) de los principales aniones presentes en la zona II 87

Figura 10-26. Concentración relativa (%meq/l) de los principales cationes presentes en la zona III 87

Figura 10-27. Concentración relativa (%meq/l) de los principales aniones presentes en la zona III 88

Figura 10-28. Concentración relativa (%meq/l) de los principales aniones y cationes presentes en las zonas I y II. 88

Figura 10-29. Concentración relativa (%meq/l) de los principales aniones y cationes presentes en las zonas III y IV. 89

Figura 10-30. Concentración relativa (%meq/l) de los principales cationes presentes en la zona IV..... 90

Figura 10-31. Concentración relativa (%meq/l) de los principales aniones presentes en la zona IV..... 90

Figura 10-32. Diagrama de Piper en los puntos de muestreo (lagunas y quebradas), pertenecientes a las zonas I y II..... 91

Figura 10-33. Diagrama de Piper en los puntos de muestreo (manantiales), pertenecientes a las zonas I y II..... 93

Figura 10-34. Diagrama de Piper en los puntos de muestreo (lagunas y quebradas), pertenecientes a las zonas III y IV 95



1
2
3
4
5



Figura 10-35. Diagrama de Piper en los puntos de muestreo (manantiales), pertenecientes a las zonas III y IV 96

Figura 10-36. Diagramas de Stiff de: a) Manantiales y b) lagunas y quebradas de las zonas I y II 99

Figura 10-37. Diagramas de Stiff de: a) Manantiales y b) lagunas y quebradas de las zonas III y IV 102

Figura 10-38. Mapa hidroquímico de las lagunas y quebradas de las zonas I y II 100

Figura 10-39. Mapa hidroquímico de los manantiales de las zonas I y II 101

Figura 10-40. Mapa hidroquímico de las lagunas y quebradas de las zonas III y IV. 103

Figura 10-41. Mapa hidroquímico de los manantiales de las zonas III y IV 104

Figura 10-42. Composición y riqueza del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I 105

Figura 10-43. Abundancia del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I 106

Figura 10-44. Índices de diversidad alfa del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I 107

Figura 10-45. Dendrograma de similitud del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I 108

Figura 10-46. Composición y riqueza del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I 109

Figura 10-47. Abundancia del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I 109

Figura 10-48. Índices de diversidad alfa del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I 110

Figura 10-49. Dendrograma de similitud del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I 111

Figura 10-50. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I 112

Figura 10-51. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I 112

Figura 10-52. Índices de diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I 113

Figura 10-53. Dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I 114

Figura 10-54. Composición y riqueza de ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona II 115



Handwritten blue notes: l, f, z, o, a, f, y



Figura 10-55. Abundancia de ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona II 115

Figura 10-56. Índices de diversidad alfa de ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona II 116

Figura 10-57. Dendrograma de similitud de ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona II 116

Figura 10-58. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona II 117

Figura 10-59. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona II 118

Figura 10-60. Índices de diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona II 118

Figura 10-61. Dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona II 119

Figura 10-62. Composición y riqueza del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I 120

Figura 10-63. Abundancia del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I 121

Figura 10-64. Índices de diversidad alfa del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I 122

Figura 10-65. Dendrograma de similitud del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I 123

Figura 10-66. Composición y riqueza del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I 123

Figura 10-67. Abundancia del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I 124

Figura 10-68. Índices de diversidad alfa del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I 125

Figura 10-69. Dendrograma de similitud del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I 126

Figura 10-70. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I 127

Figura 10-71. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I 127

Figura 10-72. Índices de diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I 128

Figura 10-73. Dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I 129



Handwritten blue vertical text: l, g, 2, o, A, Y



Figura 10-74. Composición y riqueza del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II 130

Figura 10-75. Abundancia del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II..... 130

Figura 10-76. Índices de diversidad alfa del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II 131

Figura 10-77. Dendrograma de similitud del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II 132

Figura 10-78. Composición y riqueza del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II 132

Figura 10-79. Abundancia del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II..... 133

Figura 10-80. Índices de diversidad alfa del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II 134

Figura 10-81. Dendrograma de similitud del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II 134

Figura 10-82. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II 135

Figura 10-83. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II..... 136

Figura 10-84. Índices de diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II 136

Figura 10-85. Dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II 137

Figura 10-86. Composición y riqueza del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV..... 138

Figura 10-87. Abundancia del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV 139

Figura 10-88. Índices de diversidad alfa del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV..... 140

Figura 10-89. Dendrograma de similitud del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV..... 140

Figura 10-90. Composición y riqueza del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV..... 141

Figura 10-91. Abundancia del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV 142

Figura 10-92. Índices de diversidad alfa del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV..... 142



Handwritten blue vertical text: l, L, Z, e, AY



Figura 10-93. Dendrograma de similitud del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV 143

Figura 10-94. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV 144

Figura 10-95. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV 144

Figura 10-96. Índices de diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV 145

Figura 10-97. Dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV 145

Figura 11-1 Diagrama de parámetros que exceden el ECA para agua en la zona I – Área de influencia del proyecto El Galeno 149

Figura 11-2 Diagrama de parámetros que exceden el ECA para agua en la zona II – Área de influencia del proyecto El Galeno 150

Figura 11-3 Diagrama de parámetros que exceden el ECA para agua en la zona III – Área de influencia del proyecto El Galeno 151

Figura 11-4 Diagrama de parámetros que exceden el ECA para agua en la zona IV – Área de influencia del proyecto El Galeno 152



Handwritten blue ink notes: l, H, 2, 0, 57, Y

1. INTRODUCCIÓN

1. El proyecto de exploración minera El Galeno, desarrollado actualmente por la empresa Lumina Copper S.A.C., se ubica en el departamento de Cajamarca, en los distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), correspondiente a la unidad hidrográfica del río Marañón; el cual se encuentra a aproximadamente entre los 3800 y 4200 m s.n.m. El referido proyecto pretende explotar cobre, oro y molibdeno a tajo abierto¹ y actualmente se encuentra en etapa de exploración minera.
2. Los cuerpos de agua próximos al proyecto minero El Galeno son las lagunas Rinconada, Dos Colores, Milpo y Kerosene, las mismas que se encuentran ubicadas en las microcuencas del río Grande, quebrada Chanche, quebrada Chirimayo. Estas microcuencas pertenecen a las subcuencas de los ríos Chonta y Sendamal, afluentes del río Marañón².
3. El proyecto de exploración minera El Galeno no ha presentado conflictos socioambientales en su ejecución, pero en el año 2011 pararon sus actividades por un tema de seguridad, debido a la coyuntura político social de protesta contra el proyecto Conga³.
4. Mediante Resolución de Consejo Directivo N° 004-2017-OEFA/CD, publicada el 1 de febrero de 2017 en el "Diario Oficial El Peruano", se aprobó el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, Planefa 2017), el cual indica que la función evaluadora del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, OEFA), a diferencia de la función supervisora, permite establecer el diagnóstico de la calidad ambiental en forma integrada y continua, con énfasis en aquellas actividades fiscalizadas por el OEFA, con la finalidad de brindar información o soporte técnico para la supervisión directa.
5. En consecuencia, como parte de esta función se desarrollan las evaluaciones ambientales tempranas, para determinar el estado de la calidad del ambiente en el ámbito de influencia del universo de administrados, conformado por el total de empresas pertenecientes a los sectores supervisados por el OEFA.
6. En ese sentido, la Coordinación de Monitoreo y Vigilancia Ambiental (en adelante, CMVA) proyectó realizar una evaluación ambiental temprana (en adelante, EAT), para determinar las condiciones ambientales actuales en el área de influencia del Proyecto de exploración minera El Galeno, en los distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca) en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017. Para ello se desarrolló un plan de ejecución de evaluación ambiental temprana, que estableció la planificación general de las actividades de campo y gabinete para la determinación del estado de los componentes ambientales agua y comunidades hidrobiológicas.
7. El referido plan de ejecución se constituyó sobre una revisión exhaustiva de la información existente acerca del estado ambiental en los distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca) en el

¹ Cuarta Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración Minera El Galeno. Aprobado por Resolución Directoral N° 346-2014-NEM-DGAAM el 7 de julio de 2014.

² Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración Minera El Galeno. Aprobado por Resolución Directoral N° 365-2011-MEM/AAM el 13 de diciembre de 2011.

³ <http://www.horizonteminero.com/2016/03/16/el-galeno-planifica-reinicio-de-actividades/>



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

departamento de Cajamarca, proveniente de fuentes oficiales de diversas instituciones, tales como instrumentos de gestión ambiental del administrado, informes de supervisión del OEFA e informes de monitoreo ambiental que el propio administrado reporta a las autoridades competentes. Del análisis de la referida información se identificó a los actores sociales involucrados, la problemática socioambiental, los objetivos y el área de estudio y de esta manera se identificó preliminarmente la metodología de trabajo a utilizar, identificando los componentes ambientales a evaluar, la red de muestreo ambiental, los parámetros de muestreo y las herramientas de análisis necesarias para realizar una evaluación temprana de las condiciones ambientales en la zona de interés.

8. Finalmente, el presente informe corresponde principalmente al desarrollo del plan de ejecución de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero El Galeno, en los distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca) en el departamento de Cajamarca, correspondiendo dicha ejecución a una primera evaluación de este tipo, realizada del 25 al 31 de octubre de 2017 (época de transición).

2. MARCO LEGAL

9. Ley N° 28611, Ley General del Ambiente y sus modificatorias.
10. Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental y sus modificatorias.
11. Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental y sus modificatorias, así como su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 008-2005-PCM.
12. Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental y su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, así como sus modificatorias
13. Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente.
14. Resolución Ministerial N° 247-2013-MINAM, que aprueba el Régimen Común de Fiscalización Ambiental.
15. Decreto Supremo N° 022-2009-MINAM, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
16. Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, que aprueba la Política Nacional del Ambiente.
17. Decreto Supremo N° 033-2007-PCM, que aprueba el Procedimiento para la aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) de Contaminación Ambiental.
18. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias.



[Handwritten signature]



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

19. Resolución de Consejo Directivo N° 004-2017-OEFA/CD, que aprueba el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental del OEFA, correspondiente al año 2017.
20. Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD, "Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental" y su modificatoria aprobada mediante la Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA/CD.
21. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. "Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales" publicado el 11 de enero de 2016.

3. ANTECEDENTES

22. En primera instancia, se realizó la revisión de los Instrumentos de Gestión Ambiental (en adelante, IGA), informes emitidos por otras instituciones, y denuncias ambientales realizadas; la información en mención, se detalla brevemente en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1. Información documentaria asociada al proyecto minero El Galeno

N°	Administrado	Título del IGA	Número de Resolución	Fecha de aprobación	Organismo que aprobó
1	Lumina Copper S.A.C.	Evaluación ambiental-categoría C del proyecto de exploración El Galeno	R.D. N° 049-2005-MEM/AAM	08/02/2005	Ministerio de Energía y Minas
		Evaluación ambiental-categoría C del proyecto de exploración El Galeno	R.D. N° 170-2007-MEM/AAM	23/04/2007	Ministerio de Energía y Minas
3		Modificación del estudio de Impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración minera El Galeno	R.D. N° 214-2009-MEM/AAM	16/07/2009	Ministerio de Energía y Minas
4		Segunda modificación del estudio de Impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración minera El Galeno	R.D. N° 054-2010-MEM/AAM	12/02/2011	Ministerio de Energía y Minas
5		Tercera modificación del estudio de Impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración minera El Galeno	R.D. N° 365-2011-MEM/AAM	13/12/2011	Ministerio de Energía y Minas
6		Informe técnico sustentatorio para la ampliación del cronograma de la tercera modificación del estudio de Impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración minera El Galeno	R.D. N° 493-2013-MEM/AAM	16/12/2013	Ministerio de Energía y Minas
7		Cuarta modificación del estudio de Impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración minera El Galeno	R.D. N° 346-2014-MEM-DGAAM	7/07/2014	Ministerio de Energía y Minas

Fuente: Ministerio de Energía y Minas – MINEM

23. De la revisión, análisis y sistematización de la información relevante de los IGA aprobados por el Ministerio de Energía y Minas (en adelante, MINEM), se describe en la Tabla 3-2 un breve resumen de los resultados recopilados en la línea base de los componentes ambientales evaluados, cuyos resultados servirían como



l
g
z
e
s
y

fuentes de referencia para la determinación de zonas críticas de cuerpos de agua de interés para la EAT.

Tabla 3-2. Cuerpos de agua de interés de acuerdo a los IGA asociados al proyecto minero El Galeno

N°	Ubicación	Titular	Proyecto	R.D. N° 346-2014-MEM-DGAAM	Zonas de Posible Influencia
1	Microcuenca de la quebrada Chanche (Milpo) microcuenca del Río Grande	Lumina Copper S.A.C.	El Galeno	Cuarta modificación del Estudio de Impacto Ambiental semidetallado 7/07/2014	Quebradas Rinconada y Milpo Lagunas Rinconada, Dos Colores y Milpo

Fuente: Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) aprobados por el Ministerio de Energía y Minas – MINEM.

24. Por otro lado, de la revisión de los IGA, se presentan los componentes propuestos para el desarrollo del proyecto minero El Galeno; dicha información fue tomada en cuenta como un criterio más en la determinación de la red de puntos de muestreo de la evaluación ambiental temprana (ver Tabla 3-3).

Tabla 3-3. Componentes mineros de interés respecto al proyecto minero El Galeno

N°	Unidad Hidrográfica	Titular	Proyecto minero	IGA Revisado	Componentes Mineros
1	Microcuenca de la quebrada Chanche (Milpo) microcuenca del Río Grande	Lumina Copper S.A.C.	El Galeno	Cuarta Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración Minera El Galeno (2014) R.D. N° 346-2014-MEM-DGAAM	Trinchera sanitaria
					Poza de lixiviados de la trinchera sanitaria
					Celda de trinchera sanitaria (Residuos orgánicos)
					Trinchera sanitaria cerrada al lado del área de disposición intermedia de residuos sólidos
					Almacén de segregación residuos sólidos
					Planta de agua potable
					Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas
					Plataformas de perforación (518)
					Pozas de lodos
					Lecho de secado de lodos
Área de grupos electrógenos					
Barrel Test					

Fuente: Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) aprobados por el Ministerio de Energía y Minas – MINEM.

25. De la revisión y análisis de la información relevante de los IGA asociados al proyecto El Galeno, se realiza un breve resumen de los aspectos relevantes asociados a los componentes evaluados en el presente informe (ver Tabla 3-4).
26. De acuerdo con la información descrita en los IGA aprobados del proyecto minero El Galeno, los cuerpos de agua ubicados en el área de influencia presentaron algunos parámetros cuyas concentraciones superaron los valores establecidos en los ECA para agua (D.S. N° 002-2008-MINAM) para la categoría 3, normativa ambiental vigente al momento de la evaluación de los IGAs del proyecto. Al respecto, la Tabla 3-4 presenta un resumen de aquellos parámetros caracterizados como parte de la línea base del componente agua en los IGA del



Handwritten signature in blue ink.



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

proyecto minero El Galeno y que excedieron los ECA para agua (normativa vigente hasta el 2015).

Tabla 3-4. Parámetros que excedieron la normativa de calidad de agua en IGA's anteriores

N°	IGA REVISADO	NORMA DE COMPARACIÓN	ZONAS CRITICAS	PARÁMETROS EXCEDIDOS
01	Evaluación ambiental-categoría C del proyecto de exploración minera El Galeno (Resolución Directoral N° 170-2007-MEM/AAM)	Ley general de Aguas del Perú-Clase III (Resolución Jefatural N° 0291-2009-ANA)	Laguna Cama de los Shingos, Quebrada la Rinconada	Cobre (Cu)
02	Modificación del estudio de Impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración minera El Galeno (Resolución Directoral N° 214-2009-MEM/AAM)	Ley general de Aguas del Perú-Clase III (Resolución Jefatural N° 0291-2009-ANA)	Lagunas Cama de los Shingos, Kerosene y Rinconada; quebradas Kerosene, Rinconada y Milpo	Oxígeno disuelto (OD) y Cobre (Cu)
03	Segunda modificación del estudio de Impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración minera El Galeno (Resolución Directoral N° 054-2010-MEM/AAM)	Ley general de Aguas del Perú-Clase III (Resolución Jefatural N° 0291-2009-ANA)	Lagunas Cama de los Shingos, Kerosene y Rinconada; quebradas Kerosene, Rinconada y Milpo	Oxígeno disuelto (OD) y Cobre (Cu)
04	Tercera modificación del estudio de Impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración minera El Galeno (Resolución Directoral N° 365-2011-MEM/AAM)	Estándares de Calidad Ambiental para agua ⁴ Categoría 3 y 4 (Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM)	Laguna Rinconada	Potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (OD), bario (Ba) y hierro (Fe)
			Quebrada Rinconada	Potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (OD), bario (Ba), cobre (Cu), hierro (Fe)
			Quebrada Milpo	Potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (OD) y plomo (Pb)
			Laguna Dos Colores	Potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (OD), cromo (Cr), plomo (Pb), mercurio (Hg) y níquel (Ni)
			Quebrada Kerosene	Potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (OD), bario (Ba), hierro (Fe), mercurio (Hg), plomo (Pb) y níquel (Ni)
Lagunas Cama de los Shingos	Potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (OD), bario (Ba), hierro (Fe), Cobre (Cu) y níquel (Ni)			



2015

**Tabla 3-5.** Procedimiento administrativo sancionador de la Dirección de Fiscalización del OEFA en relación al proyecto minero El Galeno

N°	DOCUMENTO DE APROBACIÓN	N° DE EXPEDIENTE	Infracciones
01	Resolución Directoral N° 252-2016- OEFA/DFSAI	079-2013- OEFA/DFSAI/P AS	Ausencia de chimeneas de desfogue de gases, un sistema de colección y recuperación de lixiviados e impermeabilización de la base y paredes en el relleno sanitario
02			No cumplir con la implementación de medidas correctivas apropiadas en los sondajes culminados a fin de asegurar su estabilidad física y geoquímica, con la adecuada obturación de los sondajes y medidas de cierre complementarias
03			No cumplir con la implementación de estructuras hidráulicas apropiadas en las vías acceso para evitar el arrastre de sedimentos

Fuente: Registro de actos administrativos y registro de infractores ambientales del OEFA
<https://www.oefa.gob.pe/raa-rina>

4. JUSTIFICACIÓN

29. De los 120 conflictos socioambientales activos y latentes registrados durante el mes de octubre de 2017, el 64,2 % (77 casos) corresponde a conflictos relacionados a la actividad minera; le siguen los conflictos por actividades hidrocarburíferas con 13,3 %, (16 casos) y conflictos por otras actividades representan el 22,5 %. Los conflictos activos relacionados a la actividad minera representaron durante este mes el 62,4 % (53 casos), de los cuales el 20,7 % (11 casos) se presentaron en el departamento de Cajamarca⁵.
30. La gran minería en Cajamarca difunde la idea de que el "desarrollo minero y el desarrollo económico y social son inseparables" dentro de este marco conceptual, lo que las sociedades debieran esperar para alcanzar el desarrollo sostenible es la minería⁶. Si bien la contribución del sector minero en los indicadores macroeconómicos es innegable y constituye más del 50 % de los ingresos del país por exportaciones, el impacto que genera en el medio ambiente y en las comunidades en donde se asientan las minas, es motivo de constante preocupación, pues la población espera algún beneficio u obtener mayor empleo en la explotación minera, pero estos no se concretan y por lo común reciben daños y perjuicios⁷.
31. La evaluación de la calidad ambiental con participación ciudadana para el ejercicio 2017, a través de evaluaciones ambientales tempranas, se enfocan en las áreas de influencia de los proyectos que son materia de la función evaluadora, ello de acuerdo con la priorización determinada en el Planefa 2017, con la finalidad de (i) contribuir a la prevención de los potenciales conflictos socioambientales, (ii) brindar soporte técnico a las acciones de supervisión y fiscalización ambiental que realiza el OEFA, (iii) proporcionar información a otras instituciones públicas y/o privadas para que actúen en el marco de sus competencias y (iv) constituir la etapa inicial de un sistema de vigilancia ambiental periódico.

⁵ Defensoría del Pueblo. Conflictos sociales activos por departamento. Disponible en: <http://www.defensoria.gob.pe/conflictos-sociales/conflictosactivos.php?it=6>

⁶ Impactos Ambientales de la Gran Minería en Cajamarca- Perú, Grupo de formación e intervención para el desarrollo sostenible.

⁷ Servicio de información indígena N° 57 - SERVINDI - (2004). La Minería y sus impactos, problemática del sector minero.

32. Por ello, el OEFA determinó que una de las evaluaciones de calidad ambiental a ser ejecutadas a través de una evaluación ambiental temprana por la Dirección de Evaluación para el año 2017, corresponde al área de influencia del proyecto minero El Galeno, en los distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), departamento de Cajamarca, ello mediante actividades de caracterización y monitoreo de los componentes ambientales asociados a las actividades fiscalizables por el OEFA.
33. Para lograr lo anterior, fue necesario realizar un diagnóstico ambiental que comprenda la evaluación de distintos componentes ambientales en consenso con la población del área de influencia del proyecto minero El Galeno, en los distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), departamento de Cajamarca, ello mediante los mecanismos establecidos en la normativa respecto a monitoreos ambientales participativos, aplicados para la realización de evaluaciones ambientales tempranas.
34. El presente informe se realiza dando cumplimiento a la función evaluadora del OEFA establecida en la Ley 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental – Sinefa, donde se establece que la función evaluadora comprende las acciones de vigilancia, monitoreo y otras similares que realiza el OEFA, según sus competencias, para asegurar el cumplimiento de las normas ambientales.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

35. Realizar la evaluación ambiental temprana con participación ciudadana en el área de influencia del proyecto minero El Galeno, en los distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), departamento de Cajamarca, durante el año 2017.

5.2. Objetivos específicos

- Evaluar la calidad ambiental de agua superficial.
- Evaluar las condiciones de las comunidades hidrobiológicas.

6. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

36. El proyecto minero El Galeno se ubica entre los 3800 y 4200 m s.n.m. se encuentra ubicado en los distritos de La Encañada y Sorochuco, provincia de Cajamarca y Celendín, respectivamente, en el departamento de Cajamarca. El acceso al área de estudio puede ser por vía aérea o terrestre desde la ciudad de Lima hasta la ciudad de Cajamarca, luego por carretera afirmada, hasta el pueblo de La Encañada, y finalmente por trocha carrozable hasta el área del proyecto.
37. Los recursos hídricos de interés en el ámbito del proyecto El Galeno son la microcuenca de la quebrada Chanche (Milpo) y la microcuenca del río Grande. El curso principal es la quebrada Rinconada, la cual se inicia en la descarga de la laguna del mismo nombre y fluye uniendo las lagunas Rinconada, Dos Colores y Milpo, para luego tomar el nombre de quebrada Milpo.



Handwritten signature in blue ink.

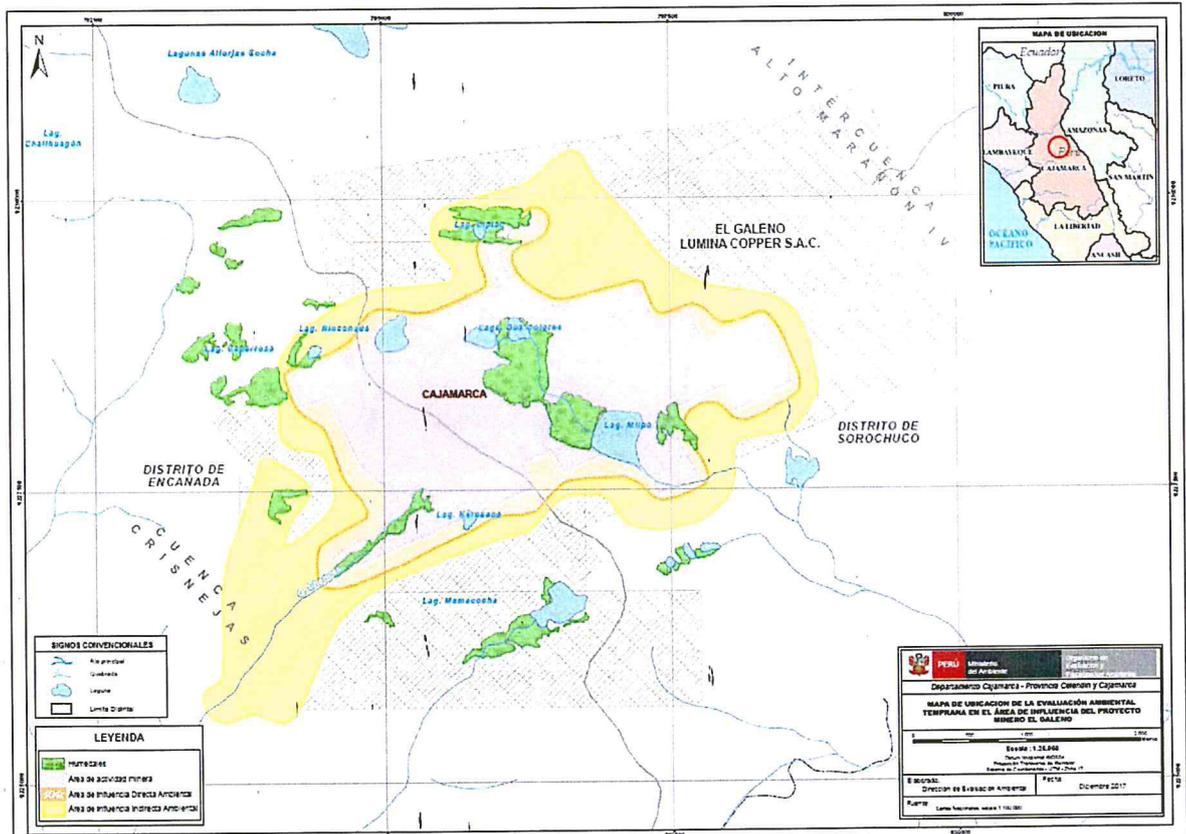


Figura 6-1. Mapa de ubicación del área de influencia del proyecto minero El Galeno

6.1. Área de estudio de calidad de agua y comunidades hidrobiológicas

38. Para fines prácticos, el área de estudio fue agrupada teniendo en cuenta los cuerpos de agua evaluados como son quebradas, manantiales y lagunas, en toda el área de influencia del proyecto minero El Galeno, las cuales se describen a continuación en la Tabla 6 -1 y se presentan de la Figura 6-2 a la Figuras 6-6.

Tabla 6-1. Agrupación de los cuerpos de agua por zonas evaluadas

Cuerpos de agua	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
Quebradas	Milpo, Quinuachuco, Muyoc y Punre	Lipiac (centro poblado La Chorrera) y Papacuay	Lipiac (Caserío Chamcas) y Yanacocha	Kerosene, Chupicario y Chamcas
Manantiales	Caseríos Santa Rosa de Milpo y El Punre	Caserío San Lorenzo de Lipiac y en el centro poblado La Chorrera	Caserío de Chamcas	Caserío de Chamcas
Lagunas	La Rinconada, Dos Colores, Milpo y Muyoc	Lipiac ubicada en el caserío de San Lorenzo de Lipiac	Yanacocha	Kerosene

Handwritten blue notes on the left margin: a vertical line, a large 'S', and the letters 'S', 'T', 'Y' arranged vertically.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

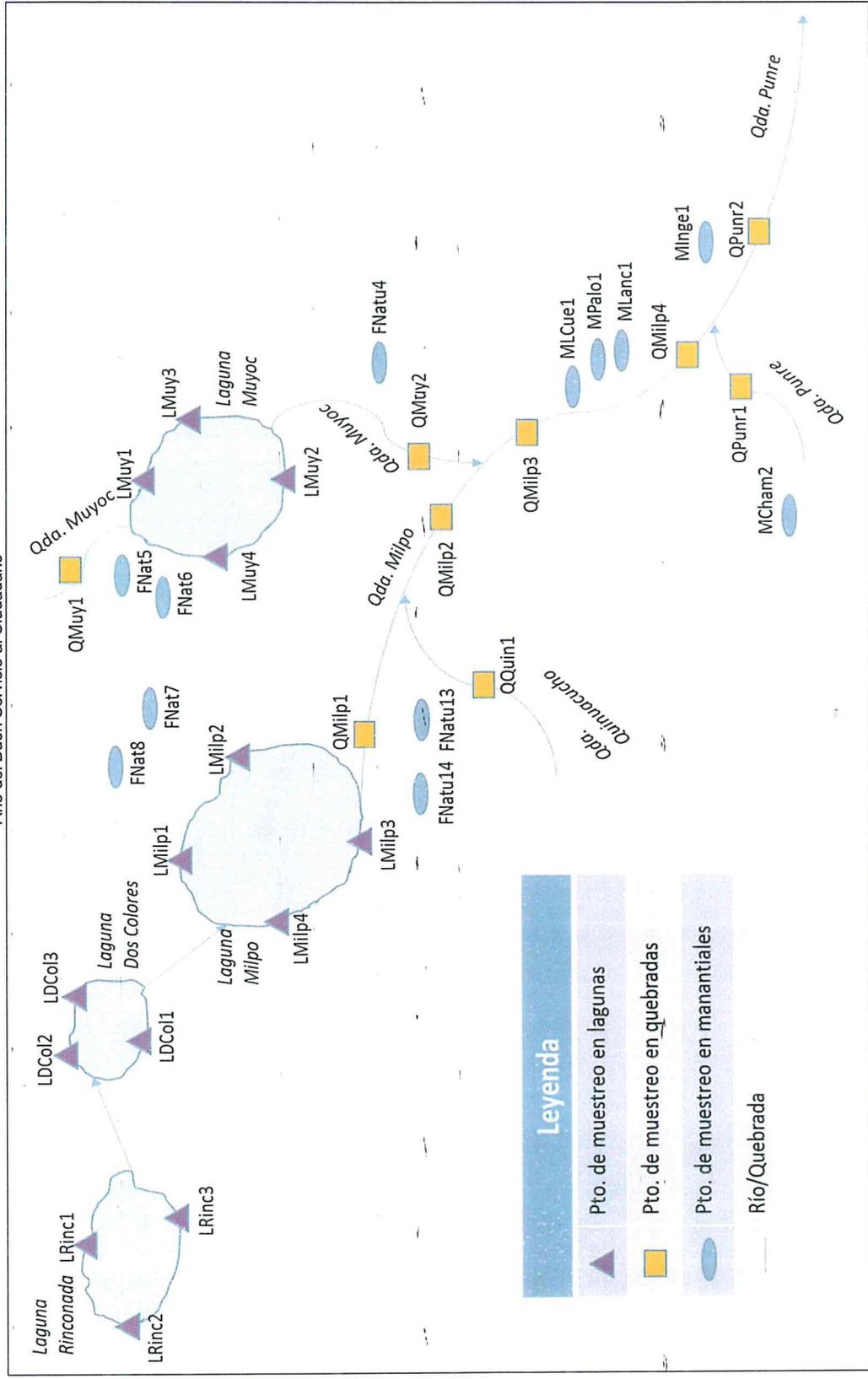


Figura 6-3. Diagrama de la zona I en el área de influencia del proyecto minero El Galeno (Caseríos Santa Rosa de Milpo y El Punre)



Handwritten signature

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

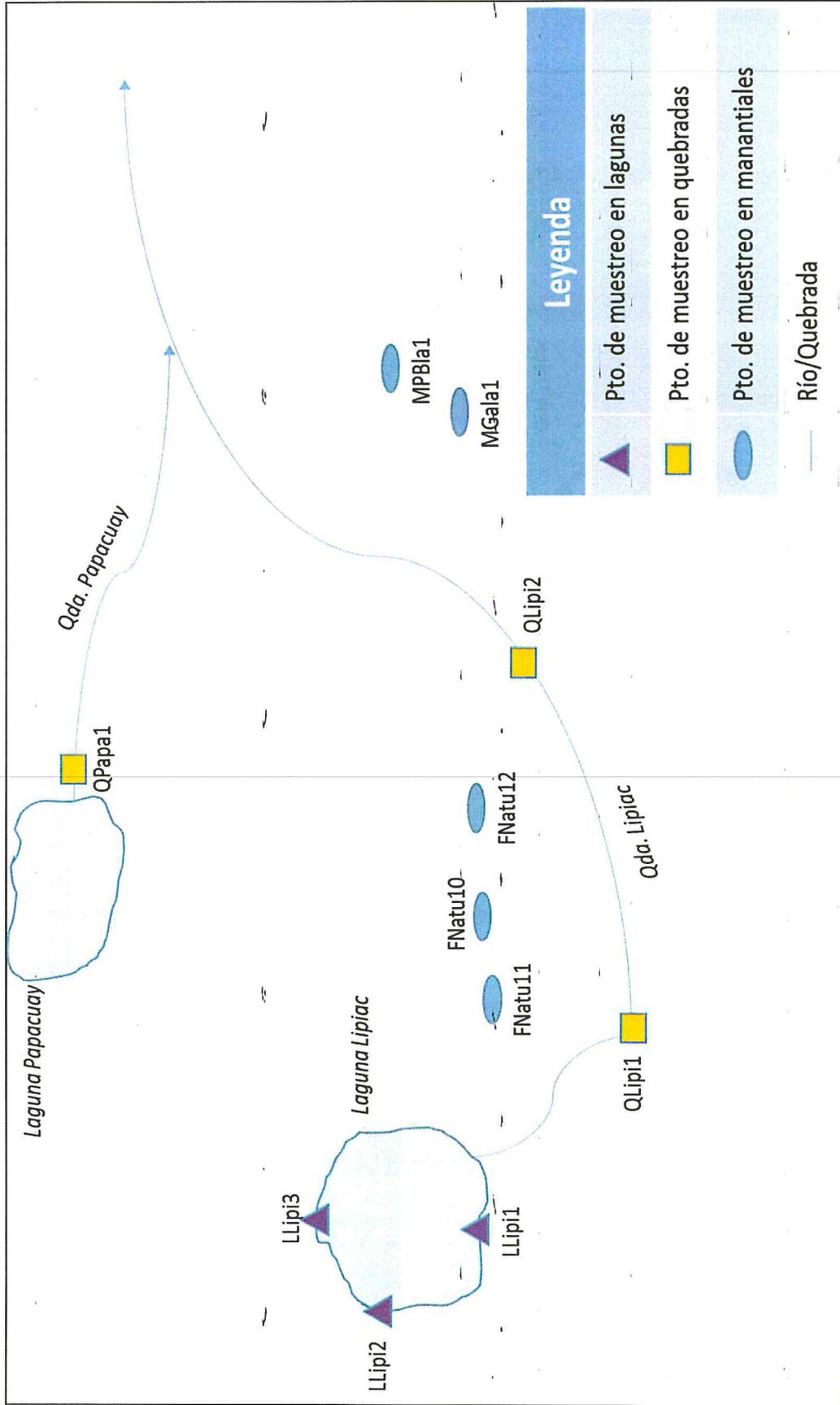


Figura 6-4. Diagrama de la zona II en el área de influencia del proyecto minero El Galeno (Caserío San Lorenzo de Lipiac y Centro Poblado La Chorrera)



182057

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

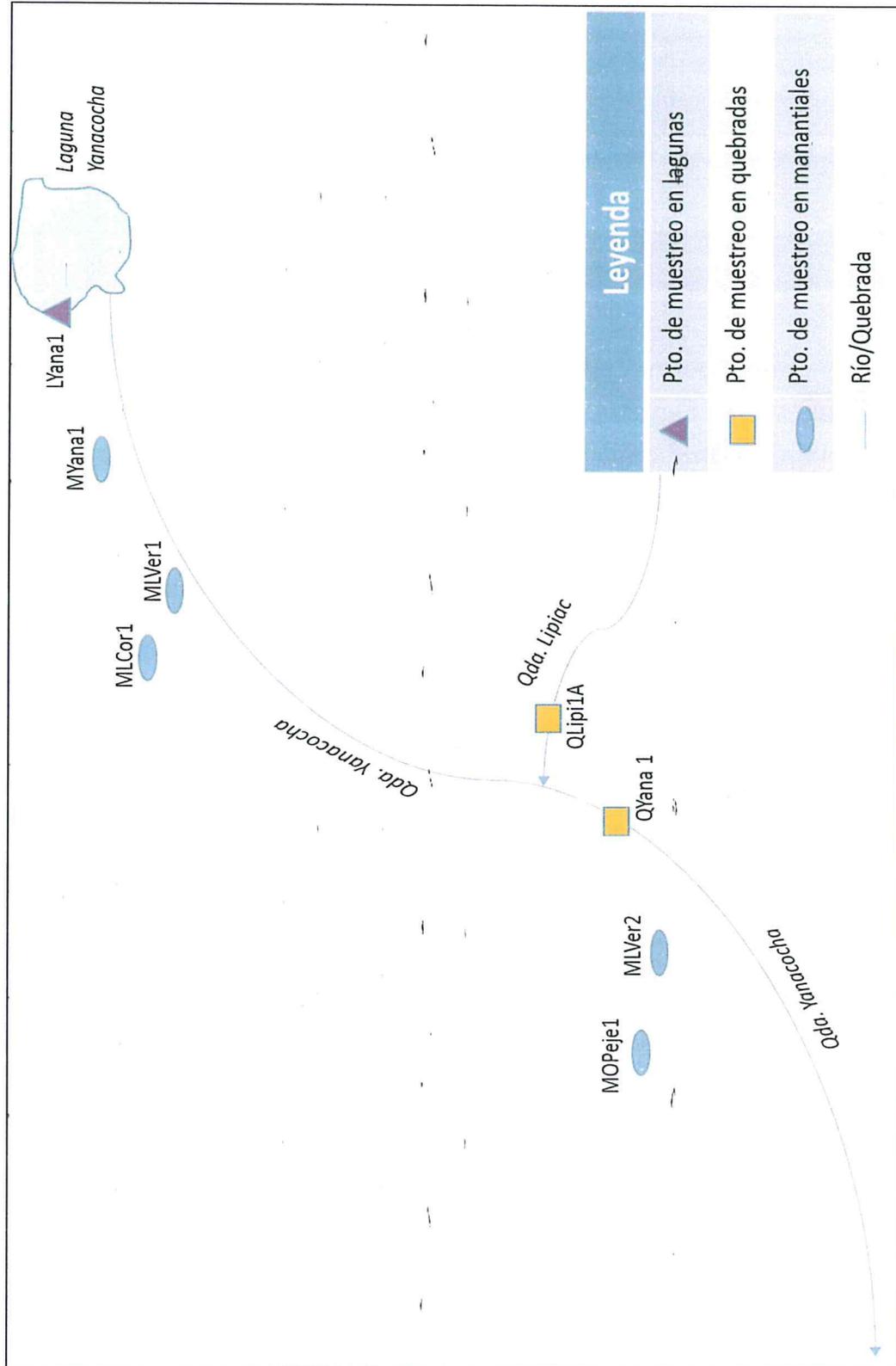


Figura 6-5. Diagrama de la zona III en el área de influencia del proyecto minero El Galeno (Caserío Chamcas)



Handwritten signature in blue ink.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

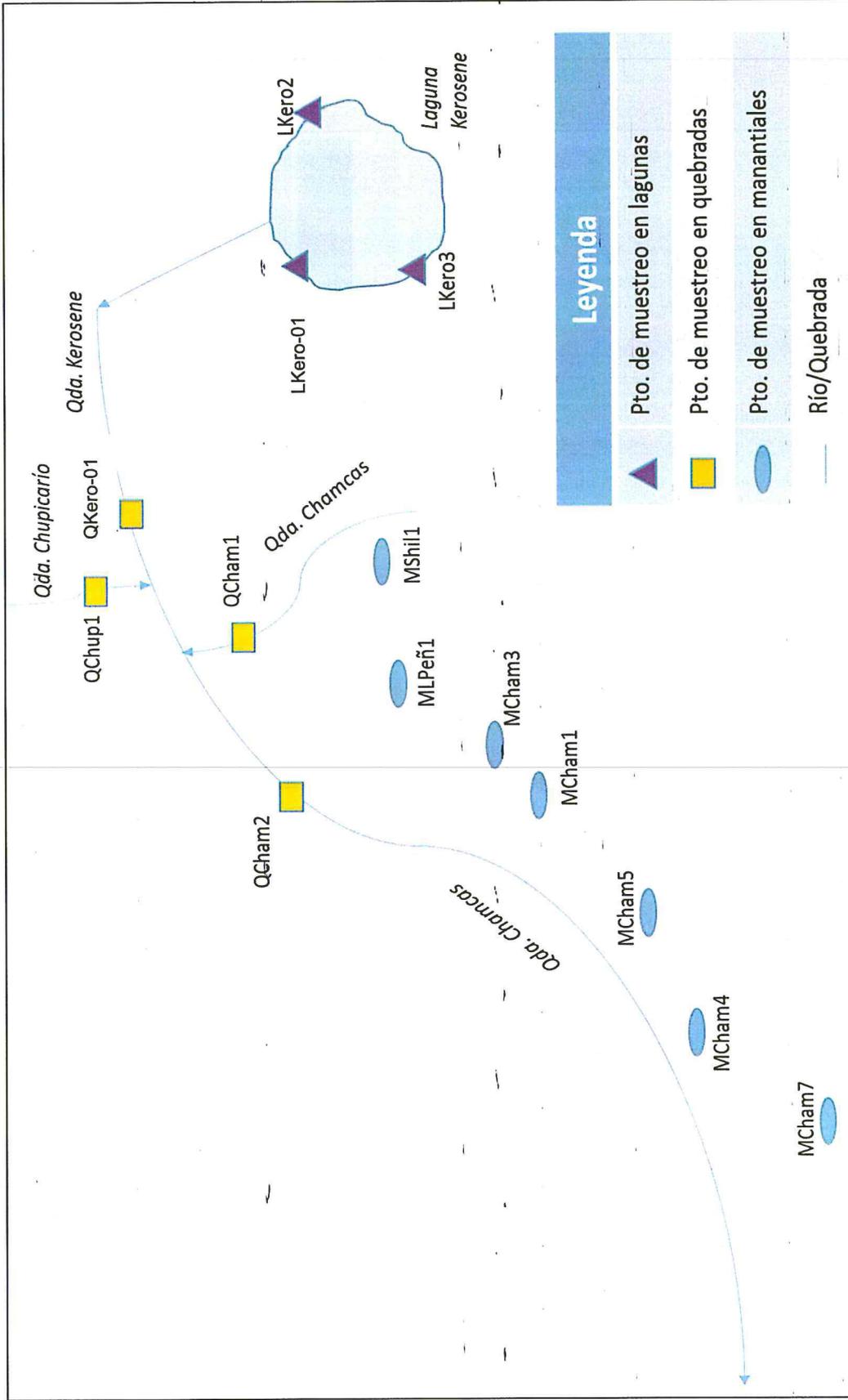


Figura 6-6. Diagrama de la zona IV en el área de influencia del proyecto minero El Galeno (Casero de Chamcas)



Handwritten signature in blue ink.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

7. CONTEXTO SOCIAL

39. El contexto social se refiere a todas aquellas circunstancias que enmarcan la situación en la que se encuentra el área de interés. En este caso, el lugar donde se desarrolló la evaluación ambiental y en el que también están incluidos todos los individuos que forman parte de la población residente en esa área.
40. La información del contexto social fue obtenida mediante la revisión de fuentes bibliográficas, lo que fue complementado con aquella recopilada durante la visita de reconocimiento previa al desarrollo de la evaluación ambiental y durante las etapas previas a la ejecución del mismo.
41. Las etapas tipificadas en el Reglamento de Participación Ciudadana en las Acciones de Monitoreo Ambiental a cargo del OEFA⁸ para la ejecución de la evaluación ambiental temprana son las siguientes:
- Etapa 1. Coordinación previa con los actores involucrados.
 - Etapa 2. Convocatoria.
 - Etapa 3. Inscripción en los programas de inducción.
 - Etapa 4. Realización de la inducción.
 - Etapa 5. Taller para la presentación de la propuesta del Plan del MAP.
 - Etapa 6. Ejecución del MAP.
 - Etapa 7. Taller para la presentación de los resultados del monitoreo realizado.
42. A continuación, se detalla la información sobre el desarrollo de estas etapas, incluyendo el reconocimiento previo y los actores involucrados en la evaluación ambiental.

7.1. Etapas del monitoreo

43. Seguidamente se presentan las etapas previas a la ejecución del monitoreo, indicándose la fecha en la que tuvieron lugar y las actividades principales que se realizaron durante las mismas.
- Visita de Reconocimiento
44. La visita de reconocimiento es una etapa adicional, previa al inicio del MAP, fue realizada del 02 al 07 de octubre de 2017. Su objetivo fue el de establecer un primer contacto con las poblaciones y autoridades de la zona a evaluar, conocer su percepción respecto a la realización del MAP, y reconocer técnica y logísticamente el área de intervención. Toda esta información, junto con el conocimiento de la situación social y ambiental del área de evaluación, la existencia de conflictos, y las principales actividades económicas, entre otras, facilitarían el desarrollo del MAP.
45. Esta visita también sirvió para definir el área y los objetivos del estudio, lo que permitió identificar los componentes ambientales a evaluar, determinar la red y los

⁸ Resolución de Consejo Directivo N° 032-2014-OEFA/CD, "Aprueban el Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA", del 2 de setiembre de 2014, modificada mediante Resolución de Consejo Directivo N° 003-2016-OEFA/CD.



1
2
3
4
5
8

parámetros de muestreo y establecer las herramientas de análisis que ayudarían a diagnosticar las condiciones ambientales de la zona.

- **Coordinación previa con los actores involucrados; convocatoria e inscripción a los programas de inducción**

46. Estas etapas fueron desarrolladas del 02 al 07 de octubre de 2017, periodo durante el cual se realizaron reuniones de coordinación previa con los representantes de los centros poblados y caseríos ubicados en el área de influencia del proyecto minero El Galeno en los distritos de Sorochuco y La Encañada, para informar acerca de las actividades que los evaluadores realizarían en relación a las etapas de coordinación previa, convocatoria, inscripción en los programas de inducción y presentación de la propuesta del plan de monitoreo ambiental participativo en los distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca) en el departamento de Cajamarca.

47. En dichas reuniones, se determinó que el MAP se realizaría en el ámbito del proyecto minero El Galeno en los distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca) en el departamento de Cajamarca. Se concretaron las fechas y lugares para realización de la convocatoria, los talleres de inducción y la presentación de la propuesta del plan del MAP; y definir el lugar en el que se dejarían las listas de inscripción.

48. La difusión fue realizada mediante comunicaciones formales, convocándose a los principales actores sociales involucrados en el desarrollo del MAP.

49. Por último, se reconocieron algunas de las quebradas, lagunas y manantiales propuestas para realizar el monitoreo de calidad de agua e hidrobiología.

- **Realización de la Inducción y taller para la presentación de la propuesta de la evaluación ambiental temprana**

50. Dichas etapas tuvieron lugar del 24 al 26 de octubre 2017, en los locales comunales de los centros poblados La Chorrera y Bella Unión de Jesús María, y locales comunales de los caseríos San Lorenzo de Lipiac, Chamcas y El Punre, durante dicho periodo también se reconocieron los puntos de muestreo en el área de estudio.

51. Durante la inducción, el OEFA informó sobre las competencias de fiscalización ambiental a su cargo, los alcances del reglamento que regula la participación ciudadana en las acciones de monitoreo, los derechos y deberes de los participantes, y los lineamientos y procedimientos para la toma de muestras. Se entregó un certificado a los asistentes que se inscribieron con anticipación

52. Inmediatamente después de la inducción, se continuó con el taller de presentación de la propuesta de ejecución. Durante la misma, se explicó lo siguiente:

- Los objetivos del monitoreo.
- Las acciones de monitoreo que serían impulsadas por el OEFA en campo.
- Los criterios para la elección de los puntos de muestreo.
- La metodología para la recolección de muestras y mediciones en campo.



Handwritten signature in blue ink.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

- La metodología que se aplicará para la evaluación de los resultados obtenidos.
 - Los alcances de la participación ciudadana durante las labores de monitoreo a realizarse.
 - Otros aspectos de interés.
53. Los acuerdos tomados estuvieron relacionados principalmente con las fechas de ejecución del monitoreo y los participantes que acompañarían al OEFA durante la misma. Las actas y listas de participantes, correspondientes a cada una de las etapas del MAP, se presentan en el Anexo A.

7.2. Ejecución de la evaluación ambiental temprana.

54. Esta etapa, se desarrolló del 25 al 31 de octubre de 2017. Durante la misma se realizó la toma de muestras de agua e hidrobiología, teniendo en cuenta los puntos de muestreo que habían sido determinados previamente.
55. Las personas que habían sido seleccionadas previamente acompañaron a los especialistas durante el muestreo de los componentes ambientales mencionados

7.3. Actores involucrados

56. Los actores involucrados en el desarrollo del MAP se consignan en la Tabla 7-1. estos se encuentran especificados en Anexo A.

Tabla 7-1. Actores sociales involucrados para el desarrollo del MAP

Institución	Cargo	Distrito	Provincia	Departamento
Lumina Copper S.A.C	Jefe de Relaciones comunitarias	Sorochuco / La Encañada	Celendín/ Cajamarca	Cajamarca
Autoridad Administrativa del Agua (AAA) – VI Marañón	Sub director de la Autoridad Administrativa del Agua - Cajamarca	Sorochuco / La Encañada	Celendín/ Cajamarca	Cajamarca
Municipalidad del Centro poblado de Bella Unión de Jesús María	Alcalde	Sorochuco / La Encañada	Celendín/ Cajamarca	Cajamarca
Tenencia de gobernación* del caserío de Chamcas	Teniente gobernador	Sorochuco / La Encañada	Celendín/ Cajamarca	Cajamarca
Tenencia de gobernación* del caserío de El Punre	Teniente gobernador	Sorochuco / La Encañada	Celendín/ Cajamarca	Cajamarca
Tenencia de gobernación* del caserío de San Lorenzo de Lipiac	Teniente gobernador	Sorochuco / La Encañada	Celendín/ Cajamarca	Cajamarca
Tenencia de gobernación* del caserío de Santa Rosa de Milpo	Teniente gobernador	Sorochuco / La Encañada	Celendín/ Cajamarca	Cajamarca
Tenencia de gobernación* del caserío de Guagayoc	Teniente gobernador	Sorochuco / La Encañada	Celendín/ Cajamarca	Cajamarca
Municipalidad del Centro poblado La Chorrera	Alcalde	Sorochuco / La Encañada	Celendín/ Cajamarca	Cajamarca

* Tenencia de gobernación: De acuerdo a la Ley 30438, Ley que modifica el Decreto Legislativo 1140, que crea la Oficina Nacional de Gobierno del Interior, "Artículo 17: Tenencias de gobernación"



Handwritten signature in blue ink.

8. MARCO CONCEPTUAL

57. En este apartado se realiza una introducción sobre cada uno de los componentes ambientales que fueron evaluados en la EAT llevado a cabo en los distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), departamento de Cajamarca; además, se presentan conceptos y metodologías que se han tenido en cuenta para realizar el análisis de resultados referentes a cada componente ambiental.

8.1. Agua superficial

58. La creciente presión sobre los cuerpos naturales de agua puede afectar la calidad de los recursos hídricos, impactando en los ecosistemas acuáticos y comprometiendo la disponibilidad de los mismos.

59. Aunque el agua superficial disponible en Perú es relativamente abundante, su calidad es crítica en algunas regiones del país, lo que es uno de los problemas más graves existentes puesto que constituye un impedimento para lograr el uso de dicho recurso de manera eficiente⁹.

60. De manera general, se puede afirmar que el deterioro de la calidad de agua se debe fundamentalmente al aumento de la población (situación que se agrava por las invasiones descontroladas) y a las actividades antropogénicas. Entre otras causas, la calidad del agua puede verse afectada por la falta de tratamiento adecuado de las aguas residuales, la realización de vertimientos procedentes de industrias extractivas (principalmente minería e hidrocarburos) no formalizadas, el uso de pesticidas, la ausencia de vegetación de ribera en los cursos de agua, etc. Toda esta problemática, también tiene un gran impacto sobre el resto de componentes ambientales que van hacer analizados en el presente informe.



8.1.1. Parámetros fisicoquímicos

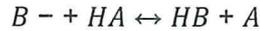
a. Sólidos totales y disueltos

61. Las partículas que se encuentran en los cuerpos de agua tienen una variedad de tamaños, formas y composición química, sin embargo, tienen características similares que facilitan su clasificación en determinadas categorías, una de ellas es la de sólidos disueltos, definida por contener aquellos sólidos que pueden filtrarse por poros de 1,2 μm o de diámetro menor, por lo general estos sólidos se encuentran entre el rango de 0,01 μm a 1,0 μm (Metcalf y Eddy, 2014). Otra categoría de sólidos es la de sólidos totales que incluye tanto a los disueltos como a los suspendidos. Los sólidos totales y los disueltos generan una serie de afectaciones a la salud de los ecosistemas, debido a la formación de turbidez en las aguas naturales, además de que pueden llegar a sedimentarse dañando así el hábitat de algunos organismos bentónicos y fomentar las sobrepoblaciones bacterianas lo que dificulta el tratamiento de las aguas potables, pues estos sólidos sirven como barrera protectora contra la acción desinfectantes en la cloración del líquido (Mackenzie, 2005).

⁹ Autoridad Nacional del Agua (ANA). Plan Nacional de Recursos Hídricos (<http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/plannacionalrecursoshidricos2013.pdf>)

**b. pH**

62. El pH es una escala logarítmica que mide la presencia de concentración de hidronios en una sustancia (Jenkins, 2009), que sufre reacciones químicas basadas en la siguiente ecuación:



Dónde:

B : Base1
HB : Ácido2
HA : Ácido1
A : Base2

63. Por lo general el pH de las aguas superficiales, está entre el rango de 6,5 y 8,5 y es gracias a estos valores que se pueden realizar otra serie de reacciones químicas como la reducción-oxidación, además que permite el desarrollo de la vida acuática y sus procesos biológicos (Alfayate, 2008).
64. Existen diversos factores que modifican la acidez del líquido uno de ellos es la composición geológica del cauce del río, pues este sustrato es erosionado y con ello se da la liberación de sales, lo que aumenta el carácter básico del recurso (Mackenzie, 2005), caso contrario sucede cuando hay altas concentraciones de dióxido de carbono, el cual le da un carácter ácido a las aguas (Alfayate, 2008), es por ello que para garantizar la calidad de un cuerpo de agua es necesario controlar variables como el pH, pues es un parámetro que regula diversidad de procesos en el agua (Metcalf & Eddy, 2014).

c. Conductividad

65. La conductividad es una medida de la capacidad del agua de conducir una corriente eléctrica. Es sensible a las variaciones de sólidos disueltos, principalmente de sales minerales. Para un cuerpo de agua en específico, se relaciona con los sólidos totales disueltos y con los iones mayoritarios (Chapman, 1996). La conductividad de la mayoría de las aguas dulces naturales se encuentra entre los 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a los 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$; aunque, por supuesto depende del tipo de geología. En zonas con influencia marino costera los valores pueden ir desde los 125 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta los 2200 $\mu\text{S}/\text{cm}$; mientras que en lagos y reservorios las conductividades son por lo general más bajas (ANZECC, 2000).

8.1.2. Principales características químicas del agua

66. El agua es una solución /suspensión acuosa en la cual suceden una serie de reacciones químicas de importancia biológica, las cuales entre sus interacciones brindan esas características al agua (Jenkins, 2009).

a. Cloruros (Cl^-)

67. El cloro presente en las aguas naturales, se debe principalmente a la interacción del elemento con sales como el calcio, magnesio y sodio, las cuales provienen de la erosión de las rocas evaporíticas (González, 2011); las concentraciones de cloruros por lo general no son lo suficientemente altas para modificar el sabor y el olor del agua y su rango promedio en aguas superficiales es de entre 1 mgCl/L hasta 100 mgCl/L (Sandí, 2010).



1
J
L
e
S
J

68. La presencia de este ion en concentraciones promedio brinda una serie de beneficios como lo es la desinfección de microorganismos que pueden ser patógenos para el ser humano (Barrio, 2009), además de mantener la presión osmótica en seres vivos y mantener el balance iónico del agua (Sandí, 2010). No obstante, el exceso de este ion puede generar efectos adversos como la disruptura en la presión osmótica, así como generar quemaduras en las hojas de las plantas que entre en contacto con este elemento (Moreno, 2007). Para garantizar una buena calidad del agua es necesario controlar el cloro residual libre, pues es el tratamiento de este ion es muy costoso (Vargas, 2004).

b. Sulfatos

69. Los sulfatos son compuestos que se encuentran diluidos en las aguas superficiales por la acción erosiva que tiene el líquido sobre rocas sedimentarias como la lutita, y por las interacciones bioquímica de las bacterias sulfato-reductoras que están presentes en el medio, quienes modifican las propiedades químicas creando estos compuestos; para garantizar que el sulfato no vaya ocasionar cambios en la calidad del agua es pertinente que las concentraciones no sobrepasen el rango comprendido entre 10 mg SO₄/L y 80 mg SO₄/L (Weiner, 2013).
70. La remoción de sulfatos de las aguas naturales es un tratamiento muy costoso, por ello es recomendable no utilizar aquellos cuerpos de agua que contengan concentraciones mayores a 500 mgSO₄/L pues luego de este umbral el agua empieza a generarse corrosión y se produce un efecto laxante en los consumidores (Weiner, 2013).

c. Plomo

71. El plomo es un elemento que se le puede encontrar en una variedad de medios ya sea en el aire, suelo, plantas, animales y el agua, sin embargo es el suelo quien contiene la mayor cantidad de este metal, el cual es liberado a los cuerpos de agua mediante la acción erosiva que sufre el manto y las rocas contenedoras; la capacidad de dispersión que tiene el recurso hídrico sobre este metal hace que las concentraciones promedio rondan de los 0,001 µgPb/ml hasta los 0,01 µgPb/ml, valores que están muy por debajo de la norma establecida por la Organización Mundial de la Salud, la cual equivale a 0,1 µgPb/ml (Albert, 2012). Los problemas asociados al plomo en cuanto a la calidad de agua de consumo humano están relacionados fundamentalmente con el tiempo de retención y el medio de distribución del líquido, en esencia aquellas tuberías que están elaboradas con plomo (López, 2013), las cuales liberan partículas que pueden elevar las concentraciones hasta los 10.000 µgPb/ml (Vargas, 2004). Para poder reducir la presencia de este metal es recomendable colocar filtros de carbono activado en los sistemas de depuración, ya que estos absorben el plomo y su implementación es de bajo costo (Upadhyayula, 2009).

d. Cobre

72. La presencia de cobre en las aguas es un buen indicador, ya que este elemento unido al cloro, permiten la desinfección de las aguas, pues tiene la capacidad de ingresar por las paredes celulares e inhibir el funcionamiento de los microorganismo (Rajagopal, 2012), la concentración deseable de cobre en las aguas naturales es de 31,85 µmolCu/L, no obstante la Organización Mundial de la





Salud permite concentraciones de hasta 828,03 $\mu\text{molCu/L}$, sin que estas lleguen a afectar la salud humana (Arakeri, 2013), al igual que el plomo la afectación a la calidad de agua de consumo humano, se debe a que las tuberías de plomo también contienen trazas de cobre el cual es liberado al agua y con ello puede ocasionar afectaciones a la salud (Vargas, 2004).

e. Hierro

73. El comportamiento químico del hierro en las aguas naturales es originado principalmente por la reacción oxidación-reducción que se da por medio de la interacción con compuestos orgánicos e inorgánicos del medio; así también es gracias a este tipo de reacciones que se reduce el contenido de este elemento en las aguas naturales (Jenkins, 2009). Es la especie Fe^{+2} , el ion que se encuentra mayoritariamente dentro de los cauces y su concentración promedio es de 700 $\mu\text{gFe/L}$, sin embargo, una acumulación excesiva de este metal puede llegar a ocasionar cambios en la coloración y sabor del agua, haciendo que no sea gusto del consumidor (Postawa, 2013).
74. Para lograr una remoción del hierro de las aguas que van a ser consumidas, simplemente se deben seguir el mismo tratamiento de eliminación de la turbiedad, logrando así reducciones en las concentraciones de 0,3 mgFe/L hasta 10 mgFe/L (Vargas, 2004).

f. Manganeso

75. El manganeso es un elemento que está asociado a la presencia del hierro y de igual forma el Manganeso es un componente de los suelos el cual al ser erosionado por las aguas es incorporado a esta y sufre una serie de reacciones en las cuales se libera la especie Mn^{+2} , ion que puede reducirse hasta formar otros óxidos menos solubles; la concentración de este elemento ronda los 200 $\mu\text{gMn/L}$ y su límite máximo permisible es de 0,5 mg/L para consumo humano (Postawa, 2013).

g. Ion sodio

76. Las concentraciones de ion sodio en aguas naturales superficiales varían de manera considerable dependiendo de las condiciones geológicas locales, descargas de aguas residuales y en algunos países del uso estacional de sal en carreteras.
77. Algunas aguas superficiales, incluyendo aquellas que reciben descargas de aguas residuales tienen valores de concentración debajo de los 50 mg/L . Aunque las aguas subterráneas pueden exceder los 50 $\text{mg Na}^+/\text{L}$. La sodificación de suelos (natural o antropogénica) provoca efectos negativos sobre la producción y la productividad de cultivos porque deteriora sus propiedades físicas. Este deterioro se manifiesta en una drástica disminución en la conductividad hidráulica o en la tasa de infiltración del agua en el suelo y puede ser difícil de corregir porque requiere la utilización conjunta de enmiendas, grandes volúmenes de agua y complicados sistemas de drenaje (Guerrero, 2004).
78. La acumulación del sodio en el suelo tiene dos efectos principales; en primer lugar, si es absorbido como ion, al acumularse es tóxico para las plantas y si es absorbido por las arcillas, sustituye al calcio y al magnesio, lo que provoca



l
d
L
e
S
r

cambios en la estructura que afectan la permeabilidad del suelo y el crecimiento de las plantas. El peligro de sodificación depende de la concentración relativa y absoluta de los cationes en el agua, de los cuales los principales son el calcio, el magnesio y el sodio. Si la proporción de sodio es alta, es mayor el problema, pero si predomina el calcio y magnesio, es menor.

h. Bicarbonato

79. La alcalinidad es una medida de la capacidad de neutralización del agua. Indica la presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos y menos significativamente de boratos, silicatos, fosfatos y sustancias orgánicas. Se expresa como equivalentes de carbonato de calcio (CaCO_3). La composición de las especies de la alcalinidad depende del pH, la composición mineral, la temperatura y la fuerza iónica; sin embargo, normalmente se interpreta como una función de los carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos (McNeely et al., 1979).
80. Su presencia en las aguas naturales es importante ya que contribuye a mantener el balance iónico y a evitar propiedades corrosivas o incrustantes, raramente excede los 500 mg CaCO_3/L . Para proteger la vida acuática, las guías estipulan que la alcalinidad se debe mantener a los niveles naturales propios del área, sin variaciones drásticas.

i. Potasio

81. En aguas naturales las concentraciones de potasio son menores a 10 mg K^+/L , aunque puede aumentar por deposición atmosférica, escorrentía de terrenos agrícolas e influencia de drenajes de irrigación (Wilson, 2010).

j. Calcio

82. El calcio es un metal alcalino térreo y uno de los cationes más abundantes en aguas subterráneas y superficiales. Es fácilmente disuelto de las rocas ricas en minerales que lo contienen como calcita y dolomita, por el agua de escorrentía o de lluvia. Las sales de calcio, junto con las de magnesio, provocan la dureza del agua. La presencia de calcio en aguas naturales varía de acuerdo con la proximidad a la fuente natural. Típicamente se encuentra en concentraciones menores a 15 mg Ca^{2+}/L , mientras que en aguas cercanas a rocas carbonatadas pueden estar en el ámbito de 30 mg Ca^{2+}/L a 100 mg Ca^{2+}/L .
83. Las aguas residuales contribuyen de manera importante a las concentraciones de calcio en las aguas superficiales. La lluvia ácida puede incrementar el lixiviado de los iones calcio del suelo. El calcio es esencial para la nutrición humana. También ayuda a mantener la estructura de las células de las plantas y es deseable en aguas de riego debido a que mejora la estructura del suelo. Las altas concentraciones de calcio en el agua no son dañinas para la mayoría de los organismos acuáticos y puede más bien reducir la toxicidad en peces de algunos compuestos químicos.

k. Magnesio

84. El magnesio está presente en las aguas como ion Mg^{2+} y junto con el calcio, provoca la dureza del agua. Proviene principalmente de los minerales ferromagnésicos y de algunas rocas que contienen carbonatos. Se encuentra



también en la clorofila, en diferentes compuestos organometálicos, en materia orgánica y es un elemento esencial para los seres vivos. Las concentraciones naturales varían entre 1 y 100 mg/L, dependiendo del tipo de roca de que provenga. Aunque, el magnesio es empleado en procesos industriales, el aporte de las aguas residuales en magnesio a las concentraciones totales en aguas superficiales, es relativamente bajo.

8.1.3. Evaluación hidroquímica

85. Para realizar la evaluación hidroquímica se ha tenido en cuenta el diagrama de Piper, diagrama de Stiff y las relaciones iónicas o diagramas binarios.

a. Métodos Gráficos

86. Se utilizaron métodos gráficos simples, como por ejemplo diagramas de Piper y Stiff, para así establecer la distribución de las concentraciones de los parámetros en los diferentes puntos de muestreo (variación espacial), tanto para aguas superficiales como para aguas subterráneas (según componente hidrológico); además de relaciones entre las variables. Los análisis gráficos se realizaron para parámetros individuales, subconjuntos de parámetros y para razones entre ciertas variables seleccionadas. Se consideró el uso de gráficos bivariados y ternarios. Éstos se realizaron usando Excel (Microsoft Office 2007) y el programa Diagrammes 5.4 (Université d'Avignon).

• Diagrama de Piper

87. El concepto de diagrama de Piper fue introducido por Arthur M. Piper en 1944 para el estudio de las propiedades hidrogeológicas (Chong, 2016). Se trata de una herramienta útil para el estudio de la evolución química del agua subterránea y superficial¹⁰ y es usado en los siguientes análisis: i) tipo de agua; ii) precipitación o disolución de minerales; iii) mezcla de aguas; iv) intercambio iónico e v) identificación de las reacciones químicas más comunes, que cambian la composición de los iones principales (relación agua-roca).¹¹

88. Este diagrama trilineal consiste en dos triángulos equiláteros (gráficos ternarios) que muestran los porcentajes de las concentraciones en mili-equivalentes (meq/L) de los principales cationes que son Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$ (triángulo de la izquierda), y los aniones $\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{2-}$, SO_4^{2-} y Cl^{-} (triángulo de la derecha), como se muestra en la Figura 8-1.

¹⁰ El EBI de los cationes y aniones en meq/L del agua a evaluar deben estar en el rango óptimo de $\pm 10\%$.

¹¹ Soto, P. (2013). Diplomado Virtual de Hidrología Subterránea del Centro de Capacitación Minera - CECAMIN. IX. Tratamiento de Datos Químicos I. Lima, Perú.

¹² En el presente estudio se adicionó el anión NO_3^{-} , que tiene menor influencia en el río Tambo, lagunas del SNLM y los canales de riego, y mayor influencia en la quebrada Rosa María y Manantial Santo Domingo.

• Diagrama de Stiff

93. El diagrama de Stiff consiste de tres líneas horizontales¹⁴ y muestra los iones mayoritarios en el agua. En el mismo los cationes están ubicados en el lado izquierdo (Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$), y los aniones en el lado derecho ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$, $\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-$ y Cl^-), tal como se muestra en la Figura 8-3.

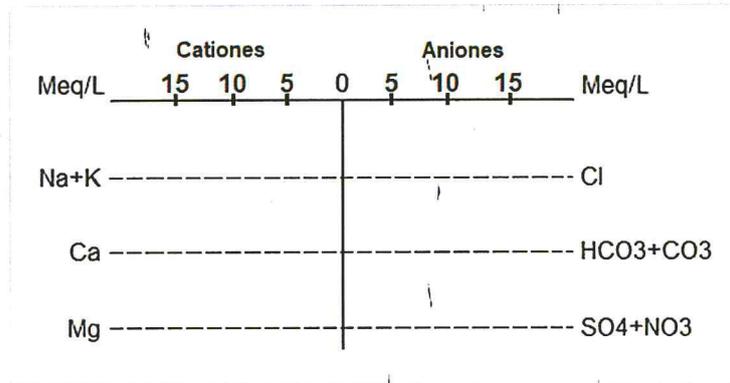


Figura 8-3. Diagrama de Stiff
Fuente: Simler, 2017

94. En la primera se ubican los iones $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ (izquierda) y Cl^- (derecha), reflejando la influencia de NaCl , que se encuentra principalmente en el agua de mar o el agua subterránea. En la segunda línea se encuentran el Ca^{2+} (izquierda) y $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ (derecha), lo que está destinado a mostrar la disolución de CaCO_3 . La tercera línea muestra el Mg^{2+} (izquierda) y $\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-$ (derecha) presentando el resto de mayores componentes en la mayoría de las aguas.
95. Cuando los valores de cada eje son conectados por líneas, emerge una figura geométrica para cada composición específica de agua. Cuando mayor el área del polígono, mayor la concentración del ion (ver Figura 8-4).



Handwritten signature in blue ink.

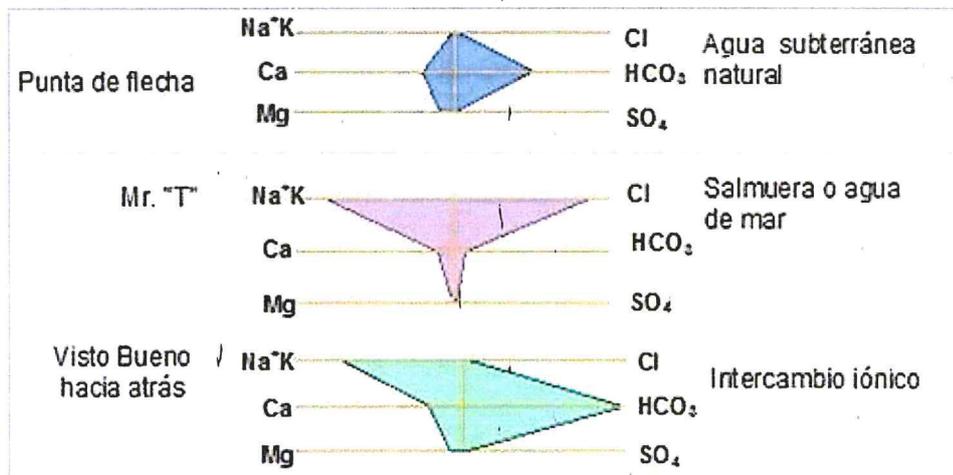


Figura 8-4. Diagrama de Stiff en relación a la mineralización
Fuente: Villegas, 2011

¹⁴ Una cuarta línea es opcional que pueden cambiar dependiendo del estudio (Appelo C.A.L., Postma D., 2005). Esta línea comúnmente está formada por hierro (Fe) y nitratos (NO_3) separado de sulfatos (SO_4).

96. Los diagramas de Stiff pueden presentarse como numerosos polígonos pequeños distribuidos por coordenadas sobre un mapa conocido como "mapa hidroquímico", para dar una idea visual sobre la distribución de los diferentes tipos de agua.

b. Relaciones iónicas o diagramas binarios

97. Las relaciones iónicas completan la caracterización hidrogeoquímica, pudiéndose representar en una gráfica de dos ejes que permite la visualización de la variación de un catión o anión con respecto a otro catión o anión.

98. Las relaciones principales se realizan entre los iones Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Sr^{2+} , B^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} y Cl^- , cuyas concentraciones son expresadas en meq/L o mg/L. Asimismo, las relaciones también pueden darse entre la suma o división de iones como por ejemplo $Cl^-+SO_4^{2-}$ vs Na^++K^+ , o en otras unidades como se da para el diagrama de Wilcox, que representa la conductividad ($\mu S/cm$ o mS/cm) vs porcentaje (%) de Na^+ .

99. En conjunto, estos gráficos permiten visualizar los efectos de interacción agua roca, mezcla de diferentes tipos de agua (agua dulce - agua de mar), los efectos de interacción agua - roca que dominan la composición química de las aguas subterráneas más que las superficiales (ver Figura 8-5).



Handwritten signature in blue ink.

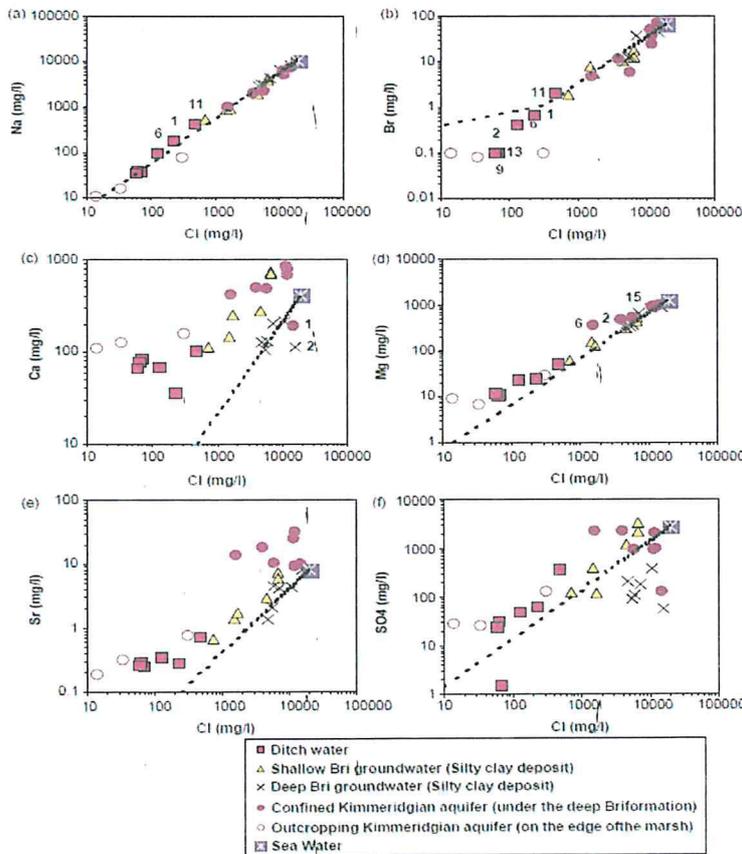


Figura 8-5. Casos de relaciones iónicas
Fuente: Ladouche B., 2005

100. Por otro lado, los diagramas binarios también analizan la relación de las concentraciones de otros parámetros ambientales, entre los cuales se menciona la relación de los cationes metálicos o aniones con los sólidos disueltos totales (SDT) como los diagramas de variación de Gibbs, los metales suspendidos con los sólidos suspendidos totales (SST), sólidos disueltos totales (SDT) con la conductividad, entre otros.

8.2. Comunidades hidrobiológicas

101. Para fines del presente informe, se define como comunidades hidrobiológicas a los diferentes grupos de organismos que viven en los ecosistemas de agua dulce, los cuales pueden ser empleados en monitoreos biológicos de calidad de agua. Estos organismos se encuentran tanto en ambientes lénticos (lagos, lagunas, embalses, estanques, entre otros) como lóticos (ríos, quebradas, arroyos, entre otros) y ocupan diferentes niveles en la red trófica acuática.
102. Todas las comunidades hidrobiológicas se caracterizan por su compleja composición, organización biótica y estrecha relación con el medio físico acuático del cual son dependientes. Estas comunidades, según sus roles en el ecosistema, son clasificados como productores primarios (microalgas y algas filamentosas), consumidores primarios, secundarios y terciarios (zooplancton, zoobentos y peces) y los descomponedores (bacterias, hongos y algunos organismos del zoobentos) (UNMSM-MHN & MINAM, 2014).

Las comunidades hidrobiológicas empleadas con mayor frecuencia en monitoreos de calidad de agua en ambientes lóticos y lénticos, son: i) plancton; ii) perifiton; iii) macroinvertebrados bentónicos; y iv) peces. En los siguientes párrafos se procederá a definir las comunidades acuáticas objeto de la presente evaluación, lo cual facilitará la comprensión de las próximas partes del presente documento.

• Plancton

103. Esta comunidad hidrobiológica está constituida por plantas y animales de tamaño pequeño (<3 cm) adaptados a la suspensión en el mar o en aguas dulces y que están sometidos a movimientos pasivos por el viento (Roldán, 2003). Se distinguen principalmente dos componentes: el fitoplancton, que incluye organismos que obtienen energía a través de la luz solar y los nutrientes mediante el proceso de fotosíntesis (microalgas) y el zooplancton que son los organismos que obtienen su energía ingiriendo otros organismos (componente heterotrófico).

• Perifiton

104. Esta comunidad acuática se caracteriza por crecer sobre piedras, ramas y otras superficies sumergidas. Estos organismos pueden ser bacterias (filamentosas o films), protozoos, rotíferos, algas y otros microorganismos de vida libre que nadan, se deslizan o se fijan entre las superficies sumergidas (Wetzel, 2001). En los análisis de esta comunidad se consideran los grupos de microalgas y microorganismos de vida libre. Debido a que esta comunidad se adhiere al sustrato, se puede integrar de forma física y química a las perturbaciones de la corriente y de los nutrientes, por ello es considerada en las evaluaciones de ambientes lóticos. Roldán y Ramírez (2008; citados por Montoya-Moreno y Aguirre 2013) separan al perifiton en sus componentes vegetal y animal, denominándolos respectivamente ficoperifiton y zooperifiton.



- **Macroinvertebrados bentónicos**

105. Esta comunidad acuática está constituida por organismos que viven en el fondo de los ríos y lagos adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas (Roldán, 2016). Sus poblaciones están conformadas por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos, principalmente. Se les denomina macroinvertebrados, porque su tamaño varía desde 0,5 mm hasta alrededor de 5,0 mm, por lo que se les puede observar a simple vista. Durante sus ciclos de vida, estos organismos pueden construir casas, tubos o redes adjuntos en los cuales viven; también deambulan o se esconden libremente bajo rocas, desechos orgánicos y otros sustratos (APHA, 2012).

8.2.1. Composición, riqueza y abundancia

106. Entiéndase por composición al conjunto particular de especies en una comunidad; riqueza, al número de taxa o especies diferentes en una comunidad; y abundancia, al número de organismos de cada taxa o especie en una comunidad.

8.2.2. Diversidad alfa

107. 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 (Moreno & Halffter, 2000).

- Números de Hill (diversidad verdadera)

108. 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. 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). De ese modo, los datos obtenidos de las comunidades hidrobiológicas se analizan con números efectivos de especies (Hill, 1973; Jost, 2006).

8.2.3. Diversidad beta

109. 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 & Halffter, 2000).

- Índice de similitud de Bray Curtis

110. El índice de Bray-Curtis (Bray & 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), 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) lo que ha demostrado ser más útil para recoger información sobre la estructura de las comunidades que los métodos univariados (Warwick & Clarke, 1995).



S
H
L
E
ST
Y



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

8.2.4. Bioindicadores de la calidad de agua

111. Zúñiga (2009) define a un bioindicador como una "especie, población o comunidad indicadora, que tiene requerimientos específicos con relación a un conjunto de variables físicas o químicas conocidas, cuyos cambios en la presencia o ausencia, número de individuos, morfología, fisiología o comportamiento de estas especies, indican que las variables fisicoquímicas dadas están fuera de sus límites preferidos". En ese mismo sentido, Roldán (2003) complementa el concepto anterior al afirmar que un organismo es un indicador de calidad de agua cuando éste se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior o ligeramente similar al resto de los organismos con los que comparte un hábitat.

9. METODOLOGÍA

112. En esta sección, se proporciona la información referente a la metodología utilizada para cada componente evaluado, durante el desarrollo de la evaluación ambiental temprana en los distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), departamento de Cajamarca. Dicha metodología fue desarrollada para cada componente evaluado.

9.1. Calidad de agua superficial

113. La metodología desarrollada para evaluar la calidad del componente agua, comprende el procedimiento para la toma de muestras, la ubicación de los puntos de muestreo, los protocolos, equipos y técnicas de análisis, estándares de comparación y la forma de análisis de datos que se emplearon para este componente.

9.1.1. Ubicación de los puntos de muestreo

114. Los recursos hídricos a ser evaluados comprenden: las quebradas Milpo, Quinuachuco, Muyoc, Punre, Lipiac, Papacuay, Yanacocha Kerosene, Chupicario y Chamcas, así también, las lagunas La Rinconada, Dos Colores, Milpo, Muyoc, Lipiac, Yanacocha y Kerosene, los cuales forman parte de la cuenca del río Marañón.

115. Además, se realizó la evaluación ambiental de manantiales encontrados en el área de influencia del proyecto minero El Galeno, entre ellos: La Cueva, Palos, Lanche, Ingenio, Yanacocha, La Cortadera, Los Berros, Ojo de Peje y la Peña.

116. La ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial, se establecieron de acuerdo a los siguientes criterios:

- Aguas arriba y aguas abajo de los afluentes y vertimientos existentes.
- Aguas arriba y aguas abajo de los componentes mineros proyectados con características de potencial fuente de alteración como tajos, labores subterráneas, presas de relaves, depósitos de desmonte, etc.
- Aguas arriba de centros poblados y comunidades que podrían ser afectados por influencia de actividades antropogénicas en cuerpos de agua aledaños a su ubicación.



[Handwritten signature]
[Handwritten signature]
[Handwritten signature]
[Handwritten signature]
[Handwritten signature]
[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

- Manantiales usados por las comunidades, para el consumo humano y riego.
- Entrevistas y observaciones recopiladas durante la visita de reconocimiento al área de estudio y demás etapas del monitoreo ambiental participativo para la evaluación ambiental temprana.

117. De esta manera se establecieron 68 puntos de muestreo para evaluar la calidad ambiental del agua de los cuales, 18 puntos de muestreo corresponden a agua superficial en quebradas, 29 puntos son aguas provenientes de manantiales del área de estudio y 21 puntos corresponden a lagunas ubicadas en el área de influencia del proyecto minero El Galeno. Las ubicación y descripción de los puntos de muestreo se presentan por zonas de estudio en las Tablas 9-1, 9-2 y 9-3.

118. Así también, la distribución de los puntos se puede observar en el mapa de ubicación del Anexo B1. En relación a las observaciones y parámetros de campo obtenidos en los puntos de muestreo evaluados se detallan en el Anexo B6.

Tabla 9-1. Ubicación de los puntos de muestreo de calidad ambiental de agua superficial

N°	Zonas	Cuerpo de agua		Código	Coordenadas UTM WGS 84, Zona 19L			Descripción
		Tipo	Nombre		Este (m)	Norte (m)	Altura m s.n.m.	
1		Quebradas	Milpo	QMilp1	797 279	9 227 639	3766	Quebrada Milpo, a 60 m aproximadamente de la salida de la laguna Milpo, y a 120 m aproximadamente al sureste de la caseta de control "Bravo 3" del proyecto minero El Galeno.
2		Quebradas	Quinuachuco	QQuin1	798 091	9 227 038	3745	Quebrada Quinuachuco, a 50 m aproximadamente aguas arriba de la carretera que une el Punre con el proyecto minero El Galeno.
3		Quebradas	Milpo	QMilp2	798 458	9 227 229	3656	Quebrada Milpo, a 130 m aproximadamente antes de la confluencia con la quebrada Muyoc.
4		Quebradas	Muyoc	QMuy1	798 469	9 228 024	3688	Quebrada Muyoc, aproximadamente a 220 m al norte, antes de la confluencia con la laguna del mismo nombre.
5		Quebradas	Muyoc	QMuy2	798 577	9 227 242	3657	Quebrada Muyoc a 110 m aproximadamente antes de la confluencia con la quebrada Milpo
6		Quebradas	Milpo	QMilp3	798 894	9 226 821	3635	Quebrada Milpo, a 475 m aproximadamente después de la confluencia de las quebradas Milpo y Muyoc.
7		Quebradas	Milpo	QMilp4	800 183	9 225 889	3378	Quebrada Milpo, a 100 m aproximadamente aguas arriba de la confluencia con la quebrada Punre en el caserío del mismo nombre.
8		Quebradas	Punre	QPunr1	800 083	9 225 813	3393	Quebrada Punre, a 200 m aproximadamente aguas arriba de la confluencia con la quebrada Milpo en el caserío del Punre.





"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

N°	Zonas	Cuerpo de agua		Código	Coordenadas UTM WGS 84, Zona 19L			Descripción
		Tipo	Nombre		Este (m)	Norte (m)	Altura m s.n.m.	
9		Quebradas	Punre	QPunr2	800 379	9 225 795	3344	Quebrada el Punre, a 120 m aproximadamente aguas abajo de la confluencia de las quebradas el Punre y Milpo
10		Quebradas	Lipiac	QLipi1	796 316	9 229 931	3771	Ubicada en la quebrada Lipiac, a 450 m aproximadamente al este de la laguna del mismo nombre en el caserío de San Lorenzo de Lipiac.
11	Zona II	Quebradas	Lipiac	QLipi2	796 547	9 230 871	3686	Quebrada Lipiac, a 50 m aproximadamente al oeste del centro de enfriamiento de lácteos en el centro poblado La Chorrera
12		Quebradas	Papacuay	QPapa1	793 528	9 230 916	3909	Quebrada Papacuay, a 10 m aproximadamente de la salida de la laguna Papacuay y del centro poblado de La Chorrera
13	Zona III	Quebradas	Lipiac	QLipi1A	795 141	9 225 093	3637	Quebrada Lipiac, a 100 m aproximadamente antes de la confluencia con la quebrada Yanacocha en el caserío de Chamcas.
14		Quebradas	Yanacocha	QYana1	795 101	9 225 078	3622	Quebrada Yanacocha, a 80 m aproximadamente aguas abajo de la confluencia con la quebrada Lipiac.
15		Quebradas	Kerosene	QKero1	794 429	9 226 690	3761	Quebrada Kerosene, a 170 m aproximadamente aguas abajo de la captación de agua para riego del caserío Guagayoc
16	Zona IV	Quebradas	Chupicario	QChup-01	794 040	9 226 418	3723	Quebrada Chupicario, aguas abajo de la captación de agua para riego del caserío de Guagayoc
17		Quebradas	Chamcas	QCham1	794 327	9 226 237	3750	Quebrada Chamcas, a 200 m aproximadamente, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Kerosene en el caserío Chamcas.
18		Quebradas	Chamcas	QCham2	793 719	9 225 856	3577	Quebrada Chamcas, a 200 m aproximadamente aguas abajo de la confluencia con la quebrada Kerosene en el caserío Chamcas.

119. Se establecieron los puntos de monitoreo en manantiales tomando en cuenta aquellos de los cuales las poblaciones captan agua, la ubicación de los puntos de monitoreo se presenta en la Tabla 9-2.

Tabla 9-2. Ubicación de los puntos de muestreo para calidad de agua de manantiales

N°	Zonas	Cuerpo de agua		Código	Coordenadas UTM WGS 84, Zona 19L			Descripción
		Tipo	Caserío		Este (m)	Norte (m)	Altura m s.n.m.	
1	Zona I	Manantial	Caserío Santa Rosa de Milpo	FNat8	797 454	9 228 855	3828	Manantial del caserío Santa Rosa de Milpo, a 280 m aproximadamente al noroeste de la institución educativa del mismo caserío.



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

N°	Zonas	Cuerpo de agua		Código	Coordenadas UTM WGS 84, Zona 19L			Descripción
		Tipo	Caserío		Este (m)	Norte (m)	Altura m s.n.m.	
2		Manantial	Caserío Santa Rosa de Milpo	FNat7	797 461	9 228 681	3826	Manantial del caserío Santa Rosa de Milpo, a 210 m aproximadamente al oeste de la institución educativa del mismo caserío.
3		Manantial	Caserío Santa Rosa de Milpo	FNatu13	797 263	9 227 620	3772	Manantial ubicado a la margen derecha de la quebrada Milpo, a 100 m aproximadamente en sentido sureste de la caseta de control "Bravo 3" del proyecto minero Galeno.
4		Manantial	Caserío Santa Rosa de Milpo	FNatu14	797 259	9 227 635	3761	Manantial ubicado en el margen derecho de la quebrada Milpo, a 100 m aproximadamente en sentido sureste de la caseta de control "Bravo 3" del proyecto minero Galeno.
5		Manantial	Caserío Santa Rosa de Milpo	FNatu5	798 440	9 227 842	3697	Manantial ubicado a 70 m aproximadamente al noroeste de la quebrada Muyoc y laguna del mismo nombre
6		Manantial	Caserío Santa Rosa de Milpo	FNatu6	798 418	9 227 605	3700	Manantial ubicado a 120 m aproximadamente al noroeste de la laguna Muyoc.
7		Manantial	Caserío Santa Rosa de Milpo	FNatu4	798 633	9 22 7235	3662	Manantial ubicado a 280 m aproximadamente al sur de la salida de la laguna Muyoc.
8		Manantial	Caserío El Punre	MLCue-01	799 693	9 226 374	3512	Manantial La Cueva, ubicado en el caserío el Punre y margen izquierdo de la quebrada Milpo
9		Manantial	Caserío El Punre	MPalo-01	800 016	9 226 360	3512	Manantial Palos, ubicado en el caserío el Punre margen izquierdo de la quebrada Milpo
10		Manantial	Caserío El Punre	MLanc-01	800 153	9 226 113	3434	Manantial Lanche, ubicado en el caserío el Punre margen izquierdo de la quebrada del mismo nombre
11		Manantial	Caserío El Punre	MInge-01	800 366	9 225 840	3372	Manantial del Ingenio, ubicado en el caserío el Punre margen izquierdo de la quebrada del mismo nombre
12	zona II	Manantial	Caserío San Lorenzo de Lipiac.	FNatu11	796 002	9 230 158	3798	Manantial del caserío San Lorenzo de Lipiac.
13		Manantial	Caserío San Lorenzo de Lipiac.	FNatu10	796 039	9 230 257	3780	Manantial del caserío San Lorenzo de Lipiac.
14		Manantial	Caserío San Lorenzo de Lipiac.	FNatu12	796 328	9 230 323	3740	Manantial del caserío San Lorenzo de Lipiac, ubicada a 450 m aproximadamente al noroeste de la casa comunal.
15		Manantial	Centro poblado La Chorrera	MGala1	796 853	9 231 297	3691	Manantial ubicado a 250 m aproximadamente al este de la institución educativa del centro poblado La Chorrera
16		Manantial	Centro poblado La Chorrera	MPBla1	796 870	9 231 492	3698	Manantial Palo Blanco, a 250 m aproximadamente al noreste de la institución educativa del centro poblado La Chorrera.



[Handwritten signature]

N°	Zonas	Cuerpo de agua		Código	Coordenadas UTM WGS 84, Zona 19L			Descripción
		Tipo	Caserío		Esté (m)	Norte (m)	Altura m s.n.m.	
17	Zona III	Manantial	Caserío Chamcas	MYana1	795 907	9 226 286	3755	Manantial Yanacochoa, ubicado a 380 m aproximadamente al oeste de la laguna del mismo nombre en el caserío de Chamcas.
18		Manantial	Caserío Chamcas	MLCor1	795 497	9 226 015	3754	Manantial La Cortadera, a 860 m aproximadamente al suroeste de la laguna Yanacochoa en el caserío la Chamcas
19		Manantial	Caserío Chamcas	MLVer1	795 619	9 225 943	3720	Manantial Los Berros, ubicado a 760 m aproximadamente de la Laguna Yanacochoa en el caserío Chamcas.
20		Manantial	Caserío Chamcas	MLVer2	794 900	9 224 841	3603	Manantial Los Berros, ubicado a 70 m aproximadamente de la margen derecha de la quebrada Yanacochoa, después de la confluencia con la quebrada Lipiac.
21		Manantial	Caserío Chamcas	MOPej1	794 774	9 224 771	3621	Manantial Ojo de Peje, ubicado en el Caserío de Chamcas
22	Zona IV	Manantial	Caserío Chamcas	MShil-01	794 698	9 226 098	3834	Manantial ubicado en la parte baja con referencia del caserío de Chamcas.
23		Manantial	Caserío Chamcas	MLPeñ-01	794 444	9 225 726	3808	Manantial La Peña del caserío Chamcas
24		Manantial	Caserío Chamcas	MCham1	793 726	9 225 025	3625	Manantial en el caserío de Chamcas, propiedad de la Sra. Tomasa Huamán
25		Manantial	Caserío Chamcas	MCham2	793 766	9 224 962	3647	Manantial en el caserío de Chamcas, propiedad del Sr. Edirberto Cabrera
26		Manantial	Caserío Chamcas	MCham3	793 985	9 225 041	3693	Manantial en el caserío de Chamcas, propiedad del Sr. Edirberto Cabrera
27		Manantial	Caserío Chamcas	MCham4	793 130	9 224 765	3499	Manantial en el caserío de Chamcas, propiedad de la Sra. Margarita Chávez
28		Manantial	Caserío Chamcas	MCham5	793 354	9 224 892	3536	Manantial en el caserío de Chamcas, propiedad de la Sra. Agustina Chávez De Ocas
29	Manantial	Caserío Chamcas	MCham7	793 043	9 224 414	3539	Manantial en el caserío de Chamcas, propiedad del Sr. Alcibiades Cabrera Salazar	

120. Finalmente, se consideraron muestrear 21 lagunas ubicadas en el área de influencia del proyecto minero El Galeno, cuya ubicación se detalla en la Tabla 9-3.

Tabla 9-3. Ubicación de los puntos de muestreo para calidad de agua de lagunas

N°	Zonas	Cuerpo de agua		Código	Coordenadas UTM WGS 84, Zona 19L			Descripción
		Tipo	Nombre		Este (m)	Norte (m)	Altura m s.n.m.	
1	Zona I	Laguna	La Rinconada	LRinc1	795 211	9 228 901	3909	Laguna La Rinconada, a 550 m aproximadamente al noroeste del campamento del proyecto minero El Galeno
2		Laguna	La Rinconada	LRinc2	794 966	9 228 705	3998	Laguna La Rinconada, a 650 m aproximadamente al noroeste



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

N°	Zonas	Cuerpo de agua		Código	Coordenadas UTM WGS 84, Zona 19L			Descripción
		Tipo	Nombre		Este (m)	Norte (m)	Altura m s.n.m.	
								del campamento del proyecto minero El Galeno
3		Laguna	La Rinconada	LRinc3	795 177	9 228 738	3876	Laguna La Rinconada, ubicada a la salida del punto de control M6, a 570 m aproximadamente en dirección noroeste del campamento del proyecto minero El Galeno.
4		Laguna	Dos colores	LDCol1	795 763	9 228 742	3806	Laguna Dos Colores, a 200 m aproximadamente al este del vertimiento de agua residual doméstica del campamento del proyecto minero El Galeno.
5		Laguna	Dos colores	LDCol2	795 944	9 228 798	3806	Laguna Dos Colores, a la salida de la laguna, a 2 m aproximadamente del área del proyecto minero El Galeno.
6		Laguna	Dos colores	LDCol3	796 046	9 228 942	3795	Laguna Dos Colores cercano al área del proyecto minero El Galeno
7		Laguna	Milpo	LMilp1	796 967	9 228 179	3774	Laguna Milpo, a 530 m aproximadamente al noroeste de la caseta de control "Bravo 3" del proyecto minero El Galeno.
8		Laguna	Milpo	LMilp2	797 251	9 228 055	3776	Laguna Milpo, a 390 m aproximadamente al norte de la caseta de control "Bravo 3" del proyecto minero El Galeno.
9		Laguna	Milpo	LMilp3	797 187	9 227 708	3776	Laguna Milpo, a 5 m aproximadamente al norte de la caseta de control "Bravo 3" del proyecto minero El Galeno.
10		Laguna	Milpo	LMilp4	796 838	9 227 834	3778	Laguna Milpo, a 380 m aproximadamente al oeste de la caseta de control "Bravo 3" del proyecto minero El Galeno.
11		Laguna	Muyoc	LMuy1	798 501	9 227 760	3685	Laguna Muyoc a 65 m aproximadamente del margen derecho de la unión con la quebrada Muyoc.
12		Laguna	Muyoc	LMuy2	798 625	9 227 492	3683	Laguna Muyoc, a 110 m aproximadamente al este de la salida de la laguna Muyoc
13		Laguna	Muyoc	LMuy3	798 792	9 227 728	3681	Laguna Muyoc, a 350 m aproximadamente al noreste de la salida de la laguna Muyoc
14		Laguna	Muyoc	LMuy4	798 499	9 227 584	3686	Laguna Muyoc a 20 m aproximadamente al norte de la salida de la laguna.
15		Laguna	Lipiac	LLipi1	795 884	9 229 666	3796	Ubicado a 100 m aproximadamente al sur de la salida de la laguna Lipiac en el caserío de San Lorenzo de Lipiac
16	Zona II	Laguna	Lipiac	LLipi2	795 798	9 229 722	3784	Ubicado a 100 m aproximadamente al oeste de la salida de la laguna Lipiac en el caserío de San Lorenzo de Lipiac.
17		Laguna	Lipiac	LLipi3	795 853	9 229 785	3786	Ubicado a 50 m aproximadamente al noroeste de la salida de la laguna Lipiac en el caserío de San Lorenzo de Lipiac
18	Zona III	Laguna	Yanacocho	LYana1	796 284	9 226 304	3734	Ubicada a la salida de la laguna Yanacocho en el caserío de Chamcas



N°	Zonas	Cuerpo de agua		Código	Coordenadas UTM WGS 84, Zona 19L			Descripción
		Tipo	Nombre		Este (m)	Norte (m)	Altura m s.n.m.	
19	Zona IV	Laguna	Kerosene	LKero-01	795 616	9 227 323	3897	Ubicada a la salida de la laguna Kerosene, a 510 m aproximadamente de la caseta de control "Bravo 4" del proyecto minero El Galeno.
20		Laguna	Kerosene	LKero2	795 807	9 227 281	3886	Laguna Kerosene, a 180 m aproximadamente al este de la salida de la laguna del caserío Chamcas.
21		Laguna	Kerosene	LKero3	795 694	9 227 212	3891	Laguna Kerosene, a 120 m aproximadamente al sureste de la salida de la laguna del caserío Chamcas.

9.1.2. Protocolos, equipos y técnicas de análisis

121. La metodología aplicada para la evaluación de agua superficial y agua de manantiales, se enmarcó en el Capítulo 6: "Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales" del "Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales"¹⁵. En el mencionado capítulo se establecen los criterios técnicos y lineamientos generales a aplicarse en las actividades de monitoreo de la calidad de agua, como la logística mínima necesaria, el establecimiento de las redes de los puntos de muestreo, preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección, seguridad en el trabajo de campo, procedimiento para la toma de muestras, preservación, almacenamiento, conservación y transporte de muestras, así como el aseguramiento de la calidad, llenado de la cadena de custodia, entre otros.
122. Para la selección de los parámetros de campo y los que requieren ser determinados en laboratorio, se consideró los Estándares de Calidad Ambiental (en adelante, ECA) para agua, establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM¹⁶.
123. Referente a la categoría del cuerpo de agua, esta fue asignada siguiendo los lineamientos establecidos por la ANA. Sobre esta base se priorizó los parámetros relacionados con la actividad minera. Asimismo, se consideraron parámetros adicionales que permitieron una mejor interpretación de los resultados.
124. Los parámetros considerados para evaluar la calidad del agua superficial fueron seleccionados en función de las actividades productivas del área de estudio del proyecto minero El Galeno, se tomaron en cuenta los parámetros relacionados a las características más representativas de los cuerpos de agua.
125. De lo anterior, los parámetros evaluados en campo (*in situ*) fueron: potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD) y temperatura (T°); y los parámetros evaluados en el laboratorio fueron: sólidos suspendidos totales (SST), sólidos totales disueltos (STD), cianuro total, cianuro libre, cianuro wad, bicarbonatos, carbonatos, cloruros, cromo hexavalente, demanda química

¹⁵ Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. "Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales". Aprobado el 11 de enero de 2016.

¹⁶ Decreto que aprueba Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones complementarias, aprobado el 6 de junio de 2017.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

de oxígeno (DQO), fósforo total, nitratos, N-Amónico, amoníaco, N-total, sulfatos, metales totales y disueltos (incluyendo mercurio).

126. Por otra parte, los equipos, accesorios y otros materiales utilizados durante la evaluación en campo se muestran en la Tabla 9-4. Asimismo, los detalles de la calibración y verificación de equipos, se muestran en el Anexo B6.

Tabla 9-4. Equipos y accesorios utilizados para el muestreo de calidad ambiental de agua

Equipos	Marca	Modelo	Serie	Observaciones
Multiparámetro	HACH	HQ40d	15050000935	Incluye sonda de pH, O.D., conductividad y buffer de ajuste y verificación
			15050000789	
			15050000655	
Brazo extensor	-	-	S/S	-
Correntómetro	Global Water	FP111	1044005871	Con estuche, hélice y cabezal
			1345005958	
Bomba de filtrado	FOLEE	H003-A	14050574277	Con matraz, vaso magnético, manguera y cable DC
			14050574266	
			14050574273	
GPS	GARMIN	MONTANA 680	4HU005019	-
			4HU005015	-
			4HU005020	-
			4HU005024	-
Cámara fotográfica	CANON	D30	62051000997	-
			62051000998	-
			62051000999	-
			62051001000	-

127. Previo al muestreo y al registro de los parámetros de campo se realizó el ajuste y verificación de los parámetros de pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, utilizando soluciones buffer de pH (4, 7 y 10 unidades de pH), conductividad eléctrica (1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para rango bajo y 12 850 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para rango alto). Las muestras fueron puntuales, todos los puntos de muestreo evaluados fueron accesibles, por lo que las mediciones se realizaron directamente en el cuerpo de agua.

128. 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. El muestreo contó con el aseguramiento de la calidad de blanco viajero únicamente para el parámetro metales totales.

129. Es preciso mencionar que los análisis de las muestras fueron realizados por los laboratorios AGQ Perú S.A.C., Inspectorate Services Perú S.A.C. y NSF Envirolab S.A.C., los cuales proporcionaron los materiales (frascos y preservantes), según los parámetros evaluados. A continuación, se describen los métodos para el análisis de las muestras, según el parámetro a determinar, utilizados por los laboratorios correspondientes (ver Tabla 9-5).



[Handwritten signature]

Tabla 9-5. Métodos de ensayo utilizados por los laboratorios para el análisis de calidad de agua

Parámetro	Método de ensayo de referencia	Técnica empleada	Laboratorio de ensayo acreditado
Sólidos suspendidos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2540D, 22nd Ed.2012	Pesaje de filtro mediante secado en 103 - 105 °C	Inspectorate Services Perú S.A.C
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	
Carbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF part. 4500-CO2, 22nd Ed. 2012.	Volumetría	
Bicarbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF parte 4500 CO2, 22nd Ed. 2012.	Volumetría	
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	
Cianuro Wad	SMEWW-APHA-AWWA parte 4500-CN I, 22nd Ed. 2012.	Electrometría	Consortio AGQ Perú S.A.C
Cianuro libre	Analysis Chemistry-CN Revisión, junio 2008 (VALIDADO)	Electrometría	
Cianuro total	SMEWW-APHA-AWWA parte 4500-CN-C,F; 22nd Ed. 2012.	Electrometría	
Sólidos totales disueltos	SM 2540 C Ed. 22.	Gravimetría	

9.1.3. Estándares de comparación y análisis de datos

130. Para evaluar la calidad de los recursos hídricos, los resultados de los análisis serán comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua aprobados por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

131. Los cuerpos de agua que se encuentran en el área de influencia del proyecto minero El Galeno no se encuentran clasificados en la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, norma que aprueba la clasificación de los cuerpos de aguas continentales y marino costeros en el ámbito nacional. Sin embargo, debido a que las quebradas del área de influencia pertenecen a la red hídrica de la cuenca del río Marañón y microcuenca del río Grande, los cuales están clasificados de acuerdo a la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA como categoría 3.

132. Asimismo, de acuerdo a la tercera disposición complementaria transitoria de los Estándares de calidad ambiental para agua (en adelante, ECA para agua)¹⁷, se menciona 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", los cuerpos de agua del presente estudio pertenecen a la microcuenca del río Grande y a la cuenca del río Marañón (aguas debajo de la ALA Alto Marañón), los cuales se encuentran clasificados dentro de la Categoría 3 "Riego de vegetales y bebida de animales". Los cuerpos de agua ubicados en la microcuenca del río Grande y la cuenca del río Marañón, pertenecientes a las citadas cuencas, se considerarán en dicha categoría.

¹⁷ Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Publicado el 07 de junio de 2017.



133. Sobre la base de lo mencionado, a aquellos cuerpos de agua sin categoría contemplados en el presente estudio, se les asignó la categoría 3. Por lo tanto, los resultados de los parámetros obtenidos en campo y los determinados por el laboratorio fueron comparados con los valores de los ECA para agua, categoría 3: "Riego de vegetales y bebida de animales", subcategoría D1: "Riego de vegetales" y D2: "Bebida de animales", (en adelante, Cat3D1 y Cat3D2, respectivamente).
134. Con respecto a los resultados de los manantiales, éstos fueron comparados referencialmente con la categoría 3: "Riego de vegetales y bebida de animales", subcategoría D1: "Riego de vegetales" y D2: "Bebida de animales", ya que constituyen afloramientos de agua que se mezclan en el curso de las quebradas, las mismas que son utilizadas con fines agrarios.
135. Por otro lado, las lagunas serán comparadas con la Categoría 4 "Conservación del ambiente acuático", E1: Lagunas y lagos (en adelante, Cat4E1), la misma que se confirma, según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, el cual detallan en el artículo 3.4 inciso a) la Categoría 4 comprende cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.
136. En la Tabla 9-6, se detallan los estándares de comparación de la calidad de agua que se emplearon para cada cuerpo de agua, conforme a lo que se ha mencionado previamente.

Tabla 9-6. Estándares de comparación de la calidad de agua

Ubicación	Unidad Hidrográfica	Cuerpos de agua	ECA para agua Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM	
			Categoría de comparación	Subcategoría de comparación
Distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), departamento de Cajamarca	Marañón (aguas debajo del ALA Alto Marañón) y río Grande	Grupo 1: Ambientes lénticos		
		Las quebradas Milpo, Quinuachuco, Muyoc, Punre, Lipiac, Papacuay, Yanacocho Kerosene, Chupicario y Chamcas.	Categoría 3 "Riego de vegetales y bebida de animales"	D1 "Riego de cultivos de tallo alto y bajo"
				D2 "Bebida de animales"
		Manantiales en los caseríos El Punre, Santa Rosa de Milpo, San Lorenzo de Lipiac, Chamcas y centro poblado La Chorrera	Categoría 3 "Riego de vegetales y bebida de animales" (*)	D1 "Riego de cultivos de tallo alto y bajo"
				D2 "Bebida de animales"
Grupo 1: Ambientes lénticos				
La Rinconada, Dos Colores, Milpo, Muyoc, Lipiac, Yanacocho y Kerosene.	Categoría 4 "Conservación del ambiente acuático"	E1: Lagunas y lagos		

(*) Comparación referencial

137. Finalmente, la sistematización con la comparación normativa, cadenas de custodia y los informes de ensayo se detalla en el Anexo B4.

9.2. Comunidades hidrobiológicas

138. En los apartados siguientes se muestra información acerca del monitoreo para evaluar las comunidades hidrobiológicas de perifiton y macroinvertebrados



[Handwritten signature]

bentónicos en ambientes lóticos (quebradas), y de las comunidades de plancton y macroinvertebrados bentónicos en ambientes lénticos (lagunas), en los distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), departamento de Cajamarca. Se describe la ubicación de los puntos de muestreo; protocolos, equipos y técnicas de análisis; y estándares de comparación y análisis de datos.

9.3.1. Ubicación de los puntos de muestreo

139. Los puntos de muestreo fueron establecidos en los mismos cuerpos de agua donde se tomaron muestras de agua superficial. Cabe señalar que no se consideró la misma cantidad de puntos de muestreo, pero si la distribución de puntos que abarca las principales quebradas y lagunas ubicados en el área de influencia del proyecto minero El Galeno, se muestrearon 28 puntos en total.

140. De acuerdo con los criterios señalados, la ubicación de los puntos de muestreo se presenta en la Tabla 9-7; así mismo, su distribución se puede observar en el mapa de ubicación del Anexo C1. Las observaciones obtenidas en los puntos de muestreo se detallan en el Anexo C2. Finalmente, el registro fotográfico se detalla en el Anexo C3.

Tabla 9-7. Ubicación de los puntos de muestreo para comunidades hidrobiológicas

N°	Zonas	Cuerpo de agua		Código	Coordenadas UTM WGS 84, Zona 19L			Descripción
		Tipo	Nombre		Este (m)	Norte (m)	Altura m s.n.m.	
1		Quebrada	Milpo	HID-QMilp1	797 279	9 227 639	3766	Quebrada Milpo, a 60 m aproximadamente de la salida de la laguna Milpo, y a 120 m aproximadamente al sureste de la caseta de control "Bravo 3" del proyecto minero Galeno.
2		Quebrada	Quinuachuco	HID-QQuin1	798 091	9 227 038	3745	Quebrada Quinuachuco, a 50 m aproximadamente aguas arriba de la carretera que une el Punre con el proyecto minero Galeno.
3		Quebrada	Milpo	HID-QMilp2	798 458	9 227 229	3656	Quebrada Milpo, a 130 m aproximadamente antes de la confluencia con la quebrada Muyoc.
4		Quebrada	Muyoc	HID-QMuy1	798 469	9 228 024	3688	Quebrada Muyoc, aproximadamente a 220 m al norte, antes de la confluencia con la laguna del mismo nombre.
5		Quebrada	Muyoc	HID-QMuy2	798,577	9 227 242	3657	Quebrada Muyoc a 110 m aproximadamente antes de la confluencia con la quebrada Milpo
6		Laguna	La Rinconada	HID-LRinc1	795 211	9 228 901	3909	Laguna La Rinconada, a 550 m aproximadamente al noroeste del campamento del proyecto minero Galeno



[Handwritten signature in blue ink]



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

N°	Zonas	Cuerpo de agua		Código	Coordenadas UTM WGS 84, Zona 19L			Descripción
		Tipo	Nombre		Este (m)	Norte (m)	Altura m s.n.m.	
7		Laguna	La Rinconada	HID- LRinc2	794 966	9 228 705	3998	Laguna La Rinconada, a 650 m aproximadamente al noroeste del campamento del proyecto minero Galeno
8		Laguna	La Rinconada	HID- LRinc3	795 177	9 228 738	3876	Laguna La Rinconada, ubicada a la salida del punto de control M6, a 570 m aproximadamente en dirección noroeste del campamento del proyecto minero Galeno.
9		Laguna	Dos Colores	HID- LDCol1	795 763	9 228 742	3806	Laguna Dos Colores, a 200 m aproximadamente al este del vertimiento de agua residual doméstica del campamento del proyecto minero Galeno.
10		Laguna	Dos Colores	HID- LDCol2	795 944	9 228 798	3806	Quebrada Dos Colores a la salida de la laguna, a 2 m aproximadamente del área del proyecto minero Galeno.
11		Laguna	Dos Colores	HID- LDCol3	796 046	9 228 942	3795	Laguna Dos Colores cercano al área del proyecto minero Galeno
12		Laguna	Milpo	HID- LMilp1	796 967	9 228 179	3774	Laguna Milpo, a 530 m aproximadamente al noroeste de la caseta de control "Bravo 3" del proyecto minero Galeno.
13		Laguna	Milpo	HID- LMilp2	797 251	9 228 055	3776	Laguna Milpo, a 390 m aproximadamente al norte de la caseta de control "Bravo 3" del proyecto minero Galeno.
14		Laguna	Milpo	HID- LMilp3	797 187	9 227 708	3776	Laguna Milpo, a 5 m aproximadamente al norte de la caseta de control "Bravo 3" del proyecto minero Galeno.
15		Laguna	Milpo	HID- LMilp4	796 838	9 227 834	3778	Laguna Milpo, a 380 m aproximadamente al oeste de la caseta de control "Bravo 3" del proyecto minero Galeno.
16		Laguna	Muyoc	HID- LMuy1	798 501	9 227 760	3685	Laguna Muyoc a 65 m aproximadamente del margen derecho de la unión con la quebrada Muyoc.
17		Laguna	Muyoc	HID- LMuy2	798 625	9 227 492	3683	Laguna Muyoc, a 110 m aproximadamente al este de la salida de la laguna Muyoc



[Handwritten signature]



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

N°	Zonas	Cuerpo de agua		Código	Cordenadas UTM WGS 84, Zona 19L			Descripción
		Tipo	Nombre		Este (m)	Norte (m)	Altura m s.n.m.	
18		Laguna	Muyoc	HID- LMuy3	798 792	9 227 728	3681	Laguna Muyoc, a 350 m aproximadamente al noreste de la salida de la laguna Muyoc
19		Laguna	Muyoc	HID- LMuy4	798 499	9 227 584	3686	Laguna Muyoc a 20 m aproximadamente al norte de la salida de la laguna.
20	Zona II	Quebrada	Lipiac	HID- QLip1	796 316	9 229,931	3771	Ubicada en la quebrada Lipiac, a 450 m aproximadamente al este de la laguna del mismo nombre en el caserío de San Lorenzo de Lipiac.
21		Quebrada	Lipiac	HID- QLip2	796 547	9 230 871	3686	Quebrada Lipiac, a 50 m aproximadamente al oeste del centro de enfriamiento de lácteos en el centro poblado La Chorrera
22		Laguna	Lipiac	HID- LLip1	795 884	9 229 666	3796	Ubicado a 100 m aproximadamente al sur de la salida de la laguna Lipiac en el caserío de San Lorenzo de Lipiac
23		Laguna	Lipiac	HID- LLip2	795 798	9 229 722	3784	Ubicado a 100 m aproximadamente al oeste de la salida de la laguna Lipiac en el caserío de San Lorenzo de Lipiac.
24		Laguna	Lipiac	HID- LLip3	795 853	9 229 785	3786	Ubicado a 50 m aproximadamente al noroeste de la salida de la laguna Lipiac en el caserío de San Lorenzo de Lipiac
25	Zona III	Quebrada	Yanacocha	HID- QYana1	795 101	9 225 078	3622	Quebrada Yanacocha, a 80 m aproximadamente aguas abajo de la confluencia con la quebrada Lipiac.
26		Laguna	Yanacocha	HID- LYana1	796 284	9 226 304	3734	Ubicada a la salida de la laguna Yanacocha en el caserío de Chamcas
27	Zona IV	Laguna	kerosene	HID- LKero2	795 807	9 227 281	3886	Laguna Kerosene, a 180 m aproximadamente al este de la salida de la laguna del caserío Chamcas.
28		Laguna	kerosene	HID- LKero3	795 694	9 227 212	3891	Laguna Kerosene, a 120 m aproximadamente al sureste de la salida de la laguna del caserío Chamcas.

MONITOREO Y VIGILANCIA
VBC
DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN

**9.3.2. Protocolos, equipos y técnicas de análisis**

141. El protocolo empleado para el monitoreo de las comunidades hidrobiológicas de perifiton y macroinvertebrados bentónicos tuvo como base metodológica las técnicas de monitoreo descritas en el manual "Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú" (UNMSM-MHN 2014).
142. Por otro lado, para la colecta de muestras del fitoplancton y zooplancton se siguió el protocolo del laboratorio NSF ENVIROLAB S.A.C.
143. Los equipos y materiales empleados para llevar el monitoreo de comunidades hidrobiológicas, específicamente fitoplancton, zooplancton, perifiton y macroinvertebrados bentónicos, son presentados a continuación (Tabla 9-8).

Tabla 9-8. Equipos y materiales utilizados para el muestreo de las comunidades hidrobiológicas

EQUIPOS Y MATERIALES	MARCA	MODELO	UTILIDAD	CARACTERÍSTICAS
GPS	GARMIN	OREGON 650	Medición de coordenadas UTM	--
Cámara fotográfica	CANON	D30	Registro fotográfico	Memoria externa de 4GB, baterías recargables, cargador, cables USB y mosquetón de aluminio.
Red Surber	--	--	Colecta de muestras de macroinvertebrados bentónicos en ambientes lóticos	Área de muestreo de 0,09 m ² y abertura de malla de 500 µm
Red Dnet	--	--	Colecta de muestras de macroinvertebrados bentónicos en ambientes lénticos	Área de muestreo de 0,09 m ² y abertura de malla de 500 µm
Red estándar de plancton	--	--	Red para el muestreo de zooplancton	Abertura de malla de 20 micras

(--) No corresponde

144. También fueron utilizados otros materiales complementarios como guantes de látex y PVC, pisetas de 500 ml, cepillos, jeringas de 10 ml, frascos de polietileno de boca ancha de 250 ml y 1000 ml, formol y etanol como preservante, cuyo uso será descrito en los siguientes párrafos. Estos materiales se utilizaron de forma complementaria para la manipulación, colecta y preservación de las diferentes muestras.

- Método de muestreo

145. Antes de iniciar el muestreo es necesario observar y describir la zona de trabajo, esto es de gran importancia para identificar los sitios más propicios para obtener muestras representativas de las comunidades que deseamos evaluar. Para este fin, se contó con fichas de campo que permitieron describir la vegetación ribereña, el lecho del río o laguna, los sustratos elegidos para la colecta, tamaño de muestra, entre otras observaciones requeridas por el especialista. Finalizado el llenado de las fichas de campo, se continuó con la colecta de muestras de fitoplancton, zooplancton, perifiton y macroinvertebrados bentónicos, teniendo en cuenta lo siguiente:

- i. Fitoplancton. Para obtener la muestra se filtró 40 litros de agua superficial en una red estándar de 20 micras de poro, luego la muestra (un concentrado de 250 ml aproximadamente) se trasvasó en un frasco de 1000 ml de capacidad y se preservó con formalina al 5 %. El pote o frasco fue etiquetado para su posterior análisis en el laboratorio NSF ENVIROLAB S.A.C.
 - ii. Zooplancton. Para obtener la muestra se filtró 40 litros de agua superficial en una red estándar de 20 micras de poro, luego la muestra (un concentrado de 250 ml aproximadamente) se trasvasó en un frasco de 1000 ml de capacidad y se preservó con formalina al 5 %. El pote o frasco fue etiquetado para su posterior análisis en el laboratorio NSF ENVIROLAB S.A.C.
 - iii. Perifiton. Para la colecta de muestras de perifiton se obtuvieron raspados superficiales de piedras u otros sustratos sumergidos en un área de 25 cm² (5 x 5 cm). Para tal fin, del lado más regular de una piedra u otro sustrato duro se delimitó un área de 5 x 5 cm y, ayudados con un cepillo y una piseta con agua destilada, se obtuvo un raspado (muestra) en un pote de 250 ml. El procedimiento anterior se realizó por triplicado obteniéndose una muestra compuesta de 75 cm². La muestra final fue etiquetada y preservada con formol al 4% (4 ml de formol por 100 ml de muestra) con la ayuda de una jeringa para su posterior análisis cualitativo y cuantitativo por el laboratorio NSF ENVIROLAB S.A.C.
 - iv. Macroinvertebrados bentónicos. Para la colecta de muestras de macroinvertebrados bentónicos en las quebradas se utilizó una red Surber de 500 µm de luz de malla y 0,09 m² (30 x 30 cm) de área. Para tal fin, se colocó el marco cuadrado de la red en el fondo del ambiente a evaluar, en sentido contrario a la corriente, luego se removi6 con fuerza el sustrato con las manos para facilitar el desprendimiento de los organismos y estos queden atrapados en la red. El procedimiento anterior se realizó por triplicado obteniéndose una muestra compuesta de 0,27 m². En el caso de las muestras colectadas en las lagunas se realizó un barrido a lo largo de la orilla con la red Dnet y el material recolectado se tamizó. En ambos casos, la muestra final fue vertida en potes de 500 ml, etiquetada y preservada con etanol al 70% para su posterior análisis cualitativo y cuantitativo por el laboratorio NSF ENVIROLAB S.A.C.
- Métodos de análisis de muestras
146. Las muestras de fitoplancton, zooplancton, perifiton y macroinvertebrados bentónicos fueron analizadas por el laboratorio NSF ENVIROLAB S.A.C., obedeciendo las directrices del *Standard methods for examination of water and wastewater 22 nd* (APHA 2012). En la Tabla 9-9 se describen los métodos empleados para el análisis de las muestras; según el parámetro a determinar. Los informes de ensayo de las comunidades hidrobiológicas, así como sus cadenas de custodia se encuentran en el Anexo C4!





PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 9-9. Métodos de ensayo utilizados para los análisis hidrobiológicos

Parámetro	Método de ensayo de referencia	Unidad de conteo (*)	Técnica empleada
Fitoplancton	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 200 F, 22nd Ed. 2012	Org/L	Identificación taxonómica y análisis cuantitativo
Zooplancton	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 200 F, 22nd Ed. 2012	Org/L	
Perifiton	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 300 C, 22nd Ed. 2012	Org/cm ²	
Macroinvertebrados bentónicos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 500 C, 22nd Ed. 2012	Org/m ²	

(*) org: organismos

147. En la Tabla 9-10 se detallan las comunidades hidrobiológicas evaluadas en cada cuerpo de agua.

Tabla 9-10. Comunidades hidrobiológicas evaluadas por punto de monitoreo

N°	ZONA	NOMBRE DEL CUERPO DE AGUA	CÓDIGO DEL PUNTO	Muestreo de comunidades hidrobiológicas		
				Plancton	Perifiton	MIB
1	Zona I	Quebrada Dos Colores	HID-LDCol2	--	X	X
2		Quebrada Muyoc	HID-QMuy1	--	X	X
3		Quebrada Muyoc	HID-QMuy2	--	X	X
4		Quebrada Milpo	HID-QMilp1	--	X	X
4		Quebrada Milpo	HID-QMilp2	--	X	X
5		Quebrada Quinuacucho	HID-QQuin1	--	X	X
6		Laguna Muyoc	HID-LMuy1	X	--	X
7		Laguna Muyoc	HID-LMuy2	X	--	X
8		Laguna Muyoc	HID-LMuy3	X	--	X
9		Laguna Muyoc	HID-LMuy4	X	--	X
10		Laguna Rinconada	HID-LRinc1	X	--	X
11		Laguna Rinconada	HID-LRinc2	X	--	X
12		Laguna Rinconada	HID-LRinc3	X	--	X
13		Laguna Dos Colores	HID-LDCol1	X	--	X
14		Laguna Dos Colores	HID-LDCol3	X	--	X
15		Laguna Milpo	HID-LMilp1	X	--	X
16		Laguna Milpo	HID-LMilp2	X	--	X
17		Laguna Milpo	HID-LMilp3	X	--	X
18	Laguna Milpo	HID-LMilp4	X	--	X	
19	Zona II	Quebrada Lipiac	HID-QLipi1	--	X	X
20		Quebrada Lipiac	HID-QLipi2	--	X	X
21		Laguna Lipiac	HID-LLipi1	X	--	X
22		Laguna Lipiac	HID-LLipi2	X	--	X
23		Laguna Lipiac	HID-LLipi3	X	--	X
24	Zona III	Quebrada Yanacocha	HID-QYana1	--	X	X
25		Laguna Yanacocha	HID-LYana1	X	--	X
27	Zona IV	Laguna Kerosene	HID-LKero2	X	--	X
28		Laguna Kerosene	HID-LKero3	X	--	X
Total de puntos muestreados				19	9	28

MIB = Macroinvertebrados bentónicos



9.3.3. Estándares de comparación y análisis de datos

9.3.3.1. Estándares de comparación

148. En lo que respecta a la identificación taxonómica y análisis cuantitativo de muestras de las comunidades hidrobiológicas no existen estándares de comparación nacionales. A nivel de la Comunidad Económica Europea existe la Directiva Marco del Agua (DOCE 2000), norma que contempla la estimación de del estado ecológico de los ecosistemas mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos; sin embargo, esta no sería aplicable al Perú por necesitarse una adaptación que incluya una comparación con condiciones de referencia locales.

9.3.3.2. Análisis de datos

149. Para el análisis de los resultados obtenidos de la evaluación hidrobiológica, se procederá a caracterizar las comunidades de fitoplancton, zooplancton, perifiton y macroinvertebrados bentónicos teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

a. Composición, riqueza y abundancia

150. Se representó la clasificación taxonómica (phylum, clase, orden, familia y especie) del plancton, perifiton y macroinvertebrados bentónicos en el área de influencia del proyecto minero El Galeno. Esta clasificación taxonómica se encuentra en el Anexo C5 del presente informe.

151. La evaluación de la riqueza y la abundancia del plancton y perifiton se desarrolló en base a la categoría taxonómica phylum mientras que la comunidad de macroinvertebrados bentónicos se desarrolló en base a la categoría taxonómica orden.

152. Se sistematizaron los valores de riqueza y abundancia por la categoría taxonómica elegida y punto de muestreo a partir de los resultados de análisis de muestras proporcionado por el laboratorio NSF ENVIROLAB S.A.C. Finalmente, se hicieron las correspondientes representaciones mediante gráficas acumuladas.

153. Es preciso indicar que la abundancia de los taxa se analizó en base a la densidad de la muestra; sin embargo, los resultados de cada comunidad hidrobiológica se presentaran en número de organismos para mejorar el entendimiento de la distribución de la abundancia en cada punto de muestreo.

b. Diversidad alfa

154. 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 muestreo para cada comunidad hidrobiológica. Para ello, se usó la variable $N1$ como la modificación del índice Shannon (H') (Jost, 2006) que tiene como fórmula:

$$N1 = \exp(H') \quad (9.1)$$

Donde:

H : Es el índice de Shannon

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

155. Por otro lado, se usó la variable $N2$ como la modificación del índice de Simpson (D) (Jost, 2006) que tiene como fórmula:

$$N2 = \frac{1}{\text{Índice de Simpson}} \quad (9.2)$$

156. 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).

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \quad (9.3)$$

Donde:

J' : Índice de equidad de Pielou
 H' : Índice de diversidad de Shannon-Wiener

$$H'_{max} = \ln(S) \quad (9.4)$$

Donde:

S : Número de especies

c. Diversidad beta

157. 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 muestreo para cada comunidad hidrobiológica. Para determinar el índice de Bray Curtis se empleó la fórmula:

$$IBC = 1 - \frac{(\sum x_i - y_i)}{(\sum x_i + y_i)} \quad (9.5)$$

Donde:

IBC : Índice de Bray Curtis
 x_i : Abundancia o densidad de especies i en un conjunto 1
 y_i : Abundancia de las especies en el otro

158. 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) mediante el software Paleontological Data Analysis PAST v3.15 (Hammer et al., 2001). Esta gráfica resume la similitud de las especies entre dos puntos de muestreo.

10. RESULTADOS Y ANÁLISIS

159. Los resultados y el análisis de los componentes agua y comunidades hidrobiológicas, son descritos a continuación.

10.1. Calidad de agua

160. En esta sección del informe, se presentan los resultados y análisis de calidad de agua, teniendo en cuenta las zonas de evaluación.

161. Para realizar el análisis de resultados, los puntos de muestreo de calidad de agua en quebradas, manantiales y lagunas, se han dividido en cuatro zonas de acuerdo a las ubicaciones de cada punto según se detalla en el ítem 6.1:

a) Zona I

162. Esta zona abarca las quebradas Milpo, Quinuachuco, Muyoc y Punre, los manantiales ubicados en los caseríos El Punre y Santa Rosa de Milpo; asimismo, las lagunas La Rinconada, Dos Colores, Milpo y Muyoc.

b) Zona II

163. Esta zona abarca las quebradas Lipiac (centro poblado La Chorrera) y Papacuay, los manantiales ubicados en el caserío San Lorenzo de Lipiac y en el centro poblado La Chorrera; asimismo, la laguna Lipiac ubicada en el caserío San Lorenzo de Lipiac.

c) Zona III

164. En esta zona se han considerado a las quebradas Lipiac (Caserío de Chamcas) y Yanacochoa, los manantiales ubicados en el caserío Chamcas; asimismo, la laguna Yanacochoa.

d) Zona IV

165. Finalmente, en esta zona se han considerado a las quebradas Kerosene, Chupicario y Chamcas, abarca los manantiales ubicados en el caserío de Chamcas, así como también a la laguna Kerosene.

166. Los resultados completos de campo y laboratorio del componente agua se muestran en el Anexo B4, asimismo, las vistas fotográficas se presentan en el Anexo B5.

10.1.1. Comparación con el ECA para agua 2017

167. La evaluación se realizará a través de la comparación de las concentraciones obtenidas de los parámetros analizados con los valores establecidos en los ECA para Agua 2017 (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM) los cuales serán divididas en tres partes: 10.1.1.1. Evaluación en quebradas, 10.1.1.2 Evaluación en manantiales y 10.1.1.3. Evaluación en lagunas.



10.1.1.1. Evaluación en quebradas

168. Para realizar la evaluación de calidad de agua superficial en quebradas, se comparará los resultados con los valores establecidos en los ECA para agua, categoría 3, subcategorías D1 "Riego de vegetales" (para riego restringido y no restringido) y D2, "Bebida de animales" (Cat3D1 y Cat3D2, respectivamente).
169. Las concentraciones de otros parámetros evaluados y no indicados en esta sección, como son: oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, bicarbonato, cianuro Wad, cloruros, DQO, nitratos, sulfatos y metales totales incluido mercurio, no excedieron los valores establecidos en los ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2, Ver anexo B4. Cadenas de custodia, sistematización e informes de ensayo.

a. Potencial de hidrógeno (pH)

170. En la Figura 10-1, se muestran los resultados de los valores de pH que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en el área de influencia del proyecto minero El Galeno.

- **Zona I**

171. En esta zona se puede apreciar que los valores de pH en los puntos QMilp1 y QQuin1, son 4,39 y 4,92 respectivamente, los cuales se encuentran fuera del rango establecido en el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, presentando características ácidas, asimismo, los puntos QMilp2, QMilp4 y QPunr2, presentan valores de pH entre 8,42 a 8,5; incumpliendo con las Cat3D1 y Cat3D2 de la referida norma, presentando características básicas.

- **Zona II**

172. El valor de pH en el punto QPapa1 fue 9,05; el cual se encuentra fuera del rango establecido en el ECA agua Cat3D1 y Cat3D2, presentando características básicas. Sin embargo, los puntos establecidos en la quebrada Lipiac, QLipi1 y QLipi2, se encuentran dentro del rango establecido en la referida norma.

- **Zona III**

173. En la zona III, se observa que el punto QLipi1A presenta un valor de pH de 4,9; el cual se encuentra en el rango ácido, incumpliendo lo establecido en el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, sin embargo, el valor de pH en el punto QYana1, se encuentra dentro del rango de la referida norma.

- **Zona IV**

174. Finalmente, en la zona IV, se observa que los puntos QKero1 y QChup-01 presentan un valor de pH de 5,58 y 6,38 respectivamente; los cuales se encuentran ligeramente ácido, incumpliendo lo establecido en el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, sin embargo, el valor de pH en los puntos QCham1 y QCham2, se encuentran dentro del rango de la referida norma.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

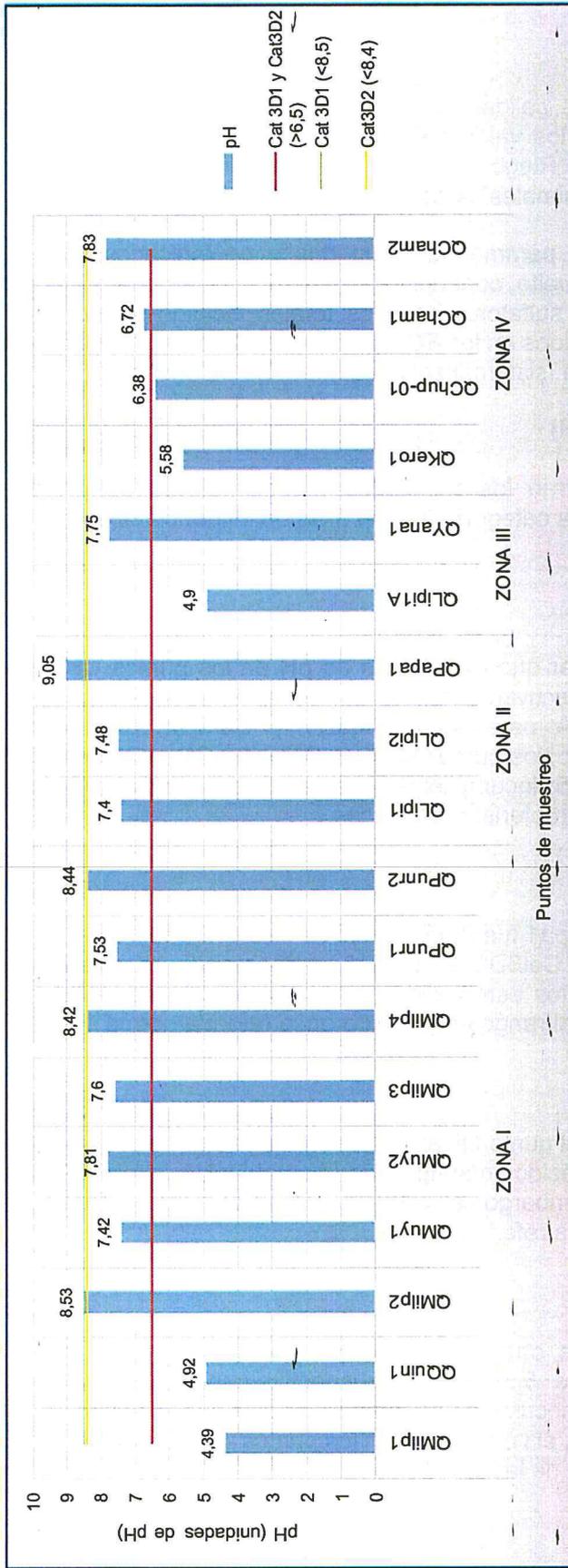


Figura 10-1. Valores de pH en las quebradas evaluadas del proyecto minero El Galeno





6.1.1.1. Evaluación en manantiales

175. Para la evaluación en manantiales del ámbito de influencia del proyecto minero El Galeno, se realizará una comparación referencial de los resultados con los valores establecidos en los ECA para agua, categoría 3, subcategorías D1 "Riego de vegetales" (para riego restringido y no restringido) y D2, "Bebida de animales" (Cat3D1 y Cat3D2, respectivamente).
176. Las concentraciones de otros parámetros evaluados y no indicados en esta sección, como son: conductividad, bicarbonato, cianuro Wad, cloruros, DQO, nitratos, sulfatos y metales totales incluido mercurio a excepción de manganeso y plomo, no excedieron los valores establecidos en los ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2, ver anexo B4. Cadenas de custodia, sistematización e informes de ensayo.

a) Potencial de hidrógeno (pH)

177. En la Figura 10-2, se muestran los resultados de los valores de pH que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en el área de influencia del proyecto minero El Galeno.

- **Zona I**

178. Respecto a la zona I, se observa que, 3 de los 11 puntos de muestreo evaluados, presentan valores de pH que se encuentran fuera del rango establecido para el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, estos puntos son FNat7, FNatu13 y FNatu14, cuyos valores de pH fueron 3,73; 4,49; y 4,49 respectivamente, los cuales presentan características ácidas. Cabe señalar que los puntos mencionados se ubican en el caserío Santa Rosa de Milpo.

- **Zona II**

179. En la zona II se han evaluado cinco manantiales, cuyos valores de pH se encuentran dentro del rango establecido en el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, según se observa en la Figura 10-2.

- **Zona III**

180. En la zona III, se observa que, dos de los cinco puntos de muestreo evaluados, presentan valores de pH que se encuentran fuera del rango establecido en el ECA para agua, los referidos puntos son MYana1 cuyo valor de pH fue 8,84; el cual incumple la Cat3D1 y Cat3D2, y el punto MLCor1 con un pH de 8,5 el cual cumple la Cat3D1, pero incumple la Cat3D2, presentando características básicas. Cabe señalar que los puntos mencionados se ubican en el caserío de Chamcas.

- **Zona IV**

181. Finalmente, en la zona IV, se observa que el punto MCham3, de los ocho puntos de muestreo evaluados se encuentra en el rango ácido, con un valor de pH de 6,38; incumpliendo lo establecido en el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2.



[Handwritten signature]

b. Oxígeno disuelto (O.D.)

182. En la Figura 10-3, se muestran los resultados de las concentraciones de oxígeno disuelto que incumplieron los ECA para agua categoría 3 en el área de influencia del proyecto minero El Galeno.

- **Zona I**

183. Respecto a la zona I, se observa que, los puntos FNatu6 y MInge-01 presentan concentraciones de oxígeno disuelto de 4,08 y 4,65 mg/l respectivamente, los cuales cumplen con el ECA para agua Cat3D1 (≥ 4 mg/l), sin embargo, incumplen con la Cat3D2 (≥ 5 mg/l).

- **Zona II**

184. En la zona II se observa que las concentraciones de oxígeno disuelto en los cinco puntos de muestreo evaluados cumplen con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2.

- **Zona III**

185. En la zona III, se observa que, las concentraciones de oxígeno disuelto en los cinco puntos de muestreo evaluados cumplen con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2.

- **Zona IV**

186. Finalmente, en la zona IV, se observa que el punto MCham5, presenta una concentración de oxígeno disuelto de 2,81 mg/l; incumpliendo lo establecido en el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2. Los demás puntos de muestreo ubicados en esta zona, cumplen con la referida norma.



[Handwritten signature in blue ink]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

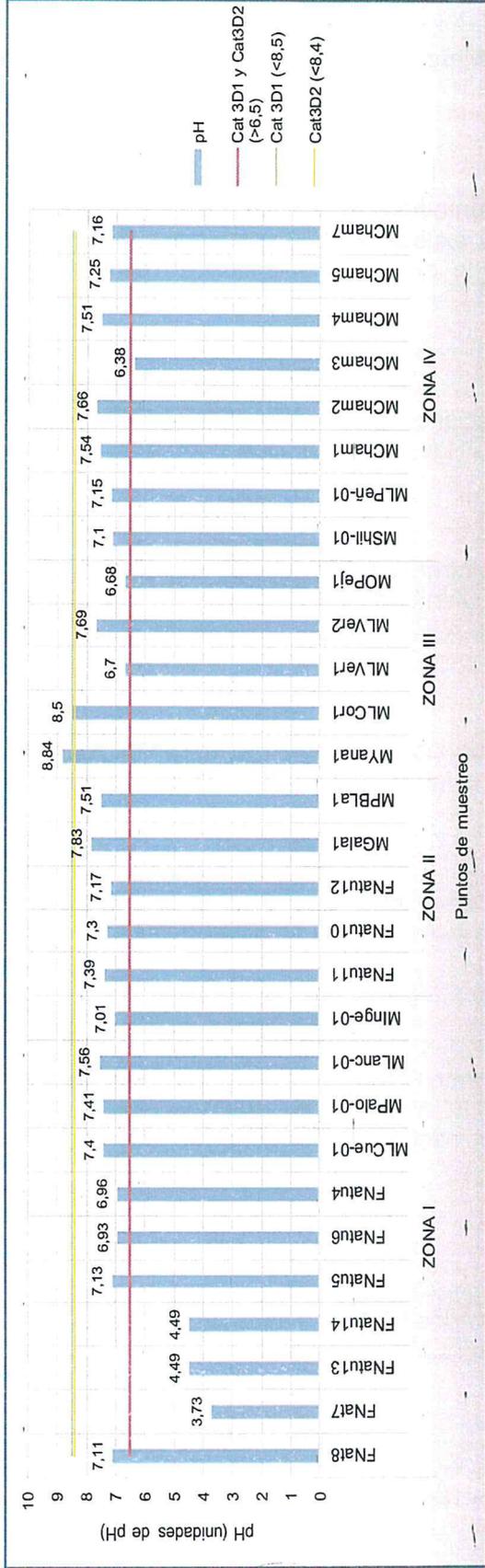


Figura 10-2. Valores de pH en los manantiales evaluados del proyecto minero El Galeno

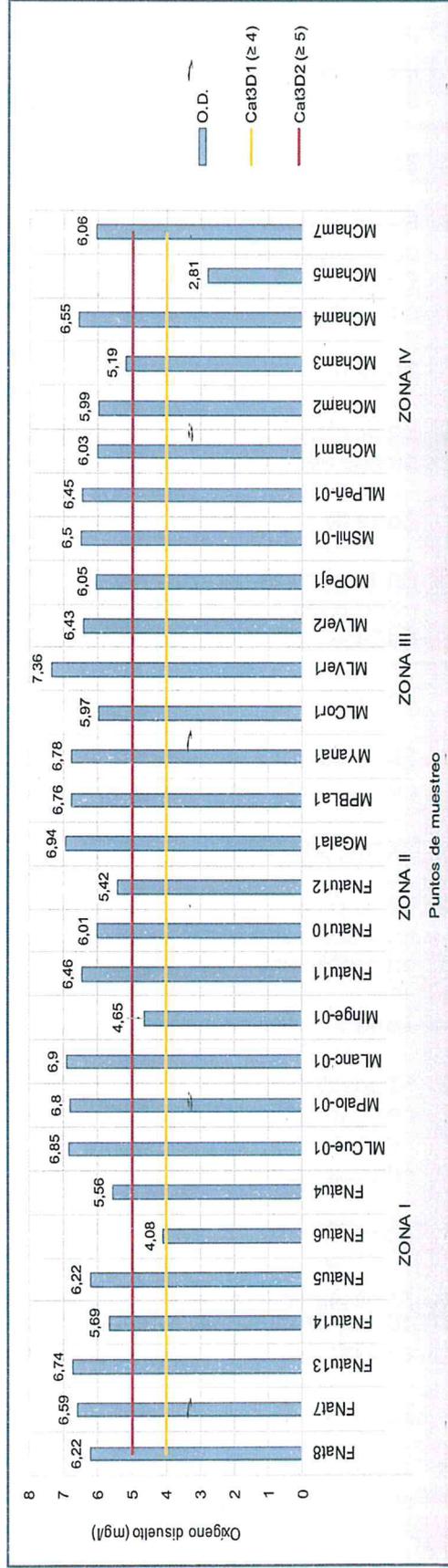


Figura 10-3. Concentraciones de oxígeno disuelto en los manantiales evaluados del proyecto minero El Galeno



c. Manganeso total (Mn)

187. En la Figura 10-4, se muestran los resultados de las concentraciones de manganeso total que excedieron los ECA para Agua categoría 3 en el área de influencia del proyecto minero El Galeno.

- **Zona I**

188. Respecto a la zona I, se observa que el punto FNat7 presenta una concentración de manganeso de 0,36712 mg/l, el cual excede el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (0,2 mg/l). Los demás puntos de muestreo ubicados en esta zona, cumplen con la referida norma.

- **Zona II**

189. En la zona II se observa que las concentraciones de manganeso total en los cinco puntos de muestreo evaluados cumplen con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2.

- **Zona III**

190. En la zona III, se observa que, las concentraciones de manganeso total en los cinco puntos de muestreo evaluados cumplen con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2.

- **Zona IV**

191. En la zona IV, se observa las concentraciones de manganeso total en los ocho puntos de muestreo evaluados cumplen con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2.

d. Plomo total (Pb)

192. En la Figura 10-5, se muestran los resultados de las concentraciones de plomo total que excedieron los ECA para agua categoría 3 en el área de influencia del proyecto minero El Galeno.

- **Zona I**

193. Respecto a la zona I, se observa que el punto FNat7 presenta una concentración de plomo de 0,1554 mg/l, el cual excede el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (0,05 mg/l). Los demás puntos de muestreo ubicados en esta zona, cumplen con la referida norma.

- **Zona II**

194. En la zona II se observa que las concentraciones de plomo total en los cinco puntos de muestreo evaluados cumplen con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, encontrándose por debajo del límite de detección analítico (< 0,0002 mg/l).

- **Zona III**

195. En la zona III, se observa que, las concentraciones de plomo total en los cinco puntos de muestreo evaluados cumplen con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2,





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

presentando valores menores al límite de detección analítico ($< 0,0002$ mg/l), hasta concentraciones de $0,0014$ mg/l.

- **Zona IV**

196. En la zona IV, se observa las concentraciones de plomo total en los ocho puntos de muestreo evaluados cumplen con los ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2, presentando valores menores al límite de detección analítico ($< 0,0002$ mg/l), hasta concentraciones de $0,0039$ mg/l.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

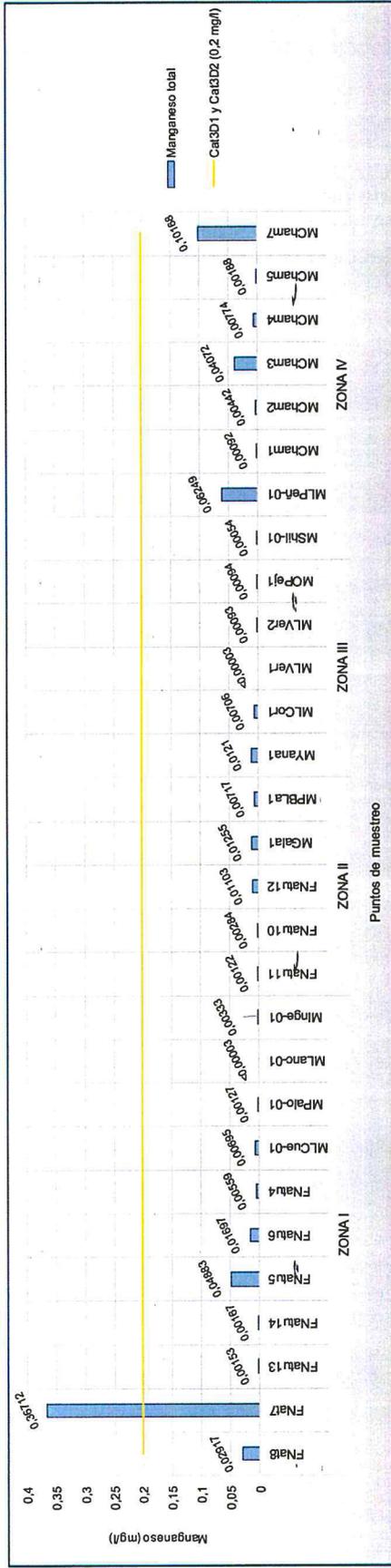


Figura 10-4. Concentraciones de manganeso total en los manantiales evaluados del proyecto minero El Galeno

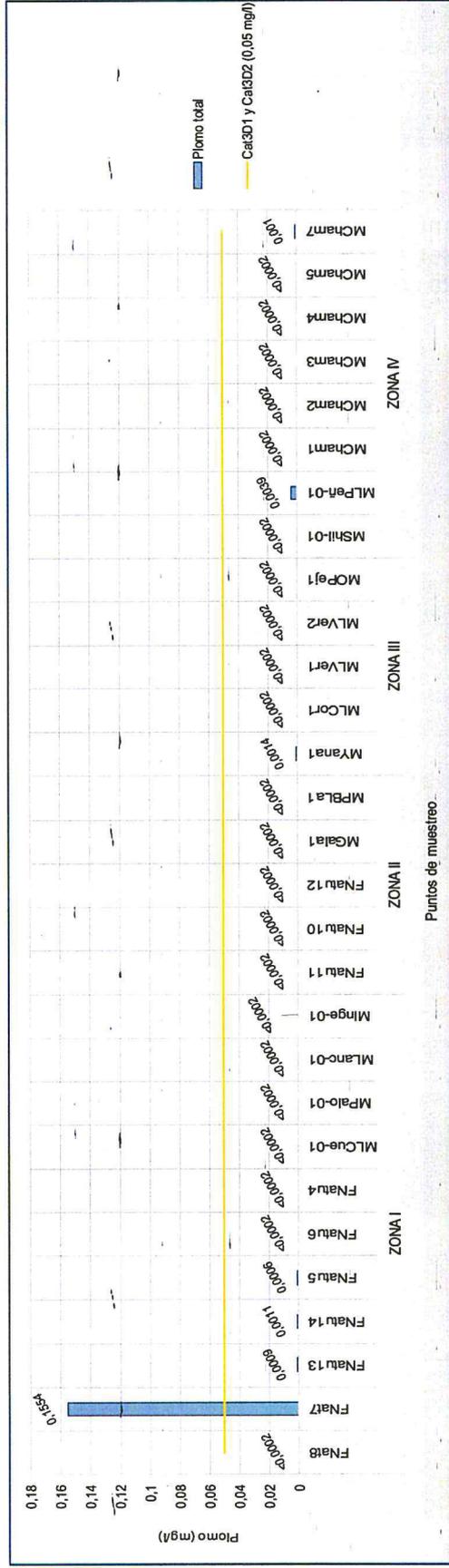


Figura 10-5. Concentraciones de plomo total en los manantiales evaluados del proyecto minero El Galeno



[Handwritten signature]



6.1.1.2. Evaluación en lagunas

197. Para la evaluación en lagunas del ámbito de influencia del proyecto minero El Galeno, se realizará una comparación de los resultados obtenidos, con los valores establecidos en los ECA para agua, categoría 4, subcategorías E1 "Lagos y lagunas" (Cat4E1).

198. Las concentraciones de los parámetros evaluados y no indicados en esta sección, como son: oxígeno disuelto, conductividad, cianuro libre, cromo hexavalente, nitratos, amoníaco, nitrógeno total, SST, sulfuros, cadmio disuelto y metales totales incluido mercurio a excepción de fósforo, cobre y plomo, no excedieron los valores establecidos en los ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2, ver anexo B4. Cadenas de custodia, sistematización e informes de ensayo.

a) Potencial de hidrógeno (pH)

199. En la Figura 10-6, se muestran los resultados de los valores de pH que incumplieron el ECA para Agua categoría 4 en el área de influencia del proyecto minero El Galeno.

- **Zona I**

200. Respecto a la zona I, se observa que, 9 de los 14 puntos de muestreo evaluados, presentan valores de pH que se encuentran fuera del rango establecido en el ECA para agua Cat4E1, estos puntos son LRinc1, LRinc2, LRinc3 (laguna Rinconada), LDCol1, LDCol2, LDCol3 (laguna Dos Colores), LMilp1, LMilp2 y LMilp3 (laguna Milpo), cuyos valores de pH variaron entre 4,13 y 5,9 unidades de pH; presentando características ácidas.

- **Zona II**

201. En la zona II se observa que los tres puntos evaluados LLipi1, LLipi2 y LLipi3 ubicados en la laguna Lipiac, presentan valores de pH fuera del rango establecido en el ECA para agua Cat4E1, según se observa en la Figura 10-6, presentando características ácidas.

- **Zona III**

202. En la zona III, se ha establecido un punto de muestreo LYana1 ubicado en la laguna Yanacocha, el cual presenta un pH de 5,89; que se encuentra fuera del rango establecido en el ECA para agua Cat4E1, presentando características ácidas.

- **Zona IV**

203. Finalmente, en la zona IV, se han establecido tres puntos de muestreo LKero-01, LKero2 y LKero3 ubicados en la laguna Kerosene, los cuales presentan valores de pH de 4,47; 6,45 y 6,00 respectivamente, encontrándose fuera del rango establecido en el ECA para agua Cat4E1, presentando características ácidas.

b. Fósforo total (P)

204. En la Figura 10-7, se muestran los resultados de las concentraciones de fósforo total que excedieron los ECA para agua categoría 4 en el área de influencia del proyecto minero El Galeno.

- **Zona I**

205. En la zona I, se observa que los puntos de muestreo LMuy1, LMuy2, LMuy3 y LMuy4 ubicados en la laguna Muyoc, presentan concentraciones de fósforo entre 0,063 y 0,104 mg/l, los cuales exceden lo establecido en el ECA para agua Cat4E1. Los demás puntos presentan valores por debajo del límite de detención analítico (< 0,007 mg/l).

- **Zona II**

206. En la zona II, las concentraciones de fósforo obtenida en los tres puntos de muestreo, se encuentran por debajo del límite de detención analítico (< 0,007 mg/l), cumpliendo con lo establecido en el ECA para agua Cat4E1, según se observa en la Figura 10-7.

- **Zona III**

207. En la zona III, la concentración de fósforo en el punto de muestreo LYana1 ubicado en la laguna Yanacocha, se encuentra por debajo del límite de detención analítico (< 0,007 mg/l), cumpliendo con lo establecido en el ECA para agua Cat4E1, según se observa en la Figura 10-7.

- **Zona IV**

208. Finalmente, en la zona IV, se observa que las concentraciones de fósforo en los puntos de muestreo LKero-01, LKero2 y LKero3 ubicados en la laguna Kerosene, cumplieron lo establecido en el ECA para agua Cat4E1, según se observa en la Figura 10-7.



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

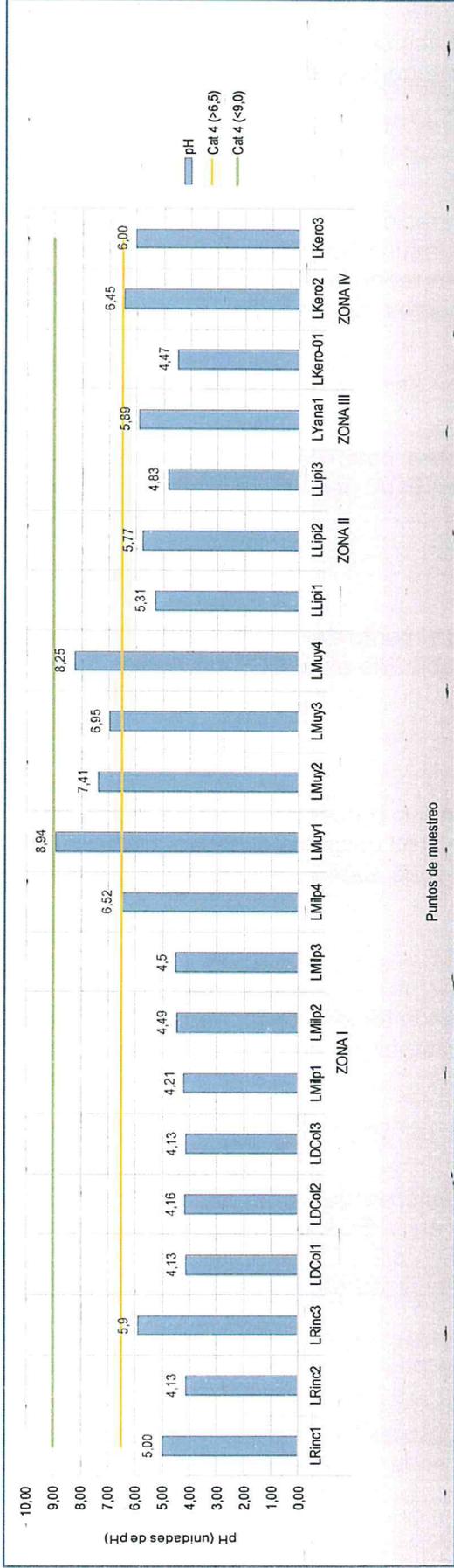


Figura 10-6. Valores de pH en las lagunas evaluadas del proyecto minero El Galeno

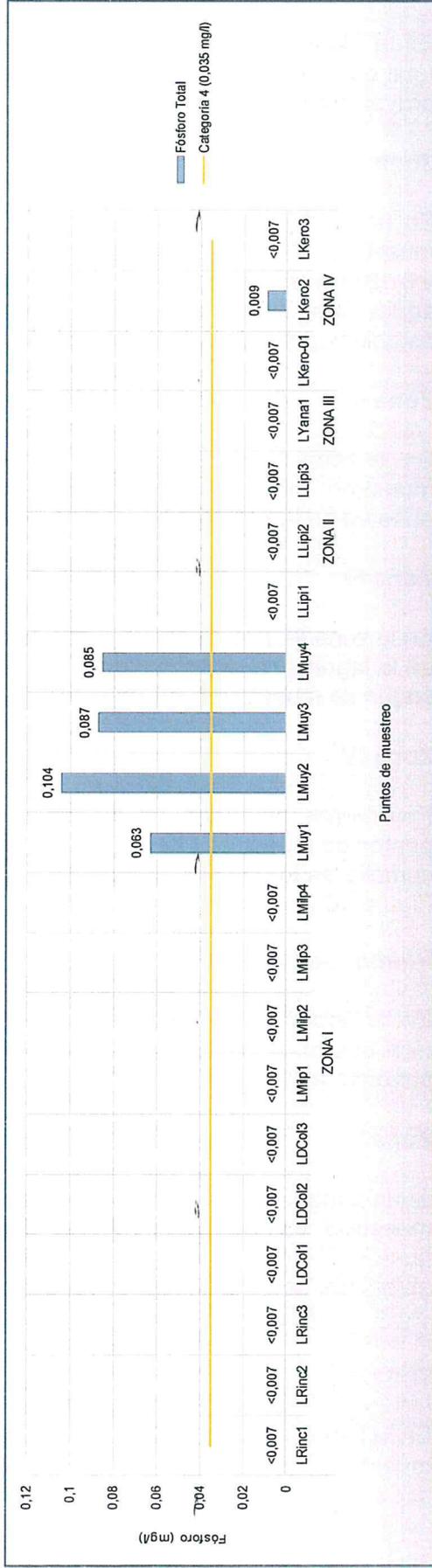


Figura 10-7. Concentraciones de fósforo total en las lagunas evaluadas del proyecto minero El Galeno



[Handwritten signature]

c. Cobre total (Cu)

209. En la Figura 10-8, se muestran los resultados de las concentraciones de cobre total que excedieron los ECA para agua categoría 4 en el área de influencia del proyecto minero El Galeno.

• Zona I

210. En la zona I, se observa que las concentraciones de cobre en los puntos de muestreo LDCol1 y LDCol2 ubicados en la laguna Dos Colores, fueron de 0,1213 y 0,1254 mg/l respectivamente, los cuales exceden lo establecido en el ECA para agua Cat4E1 (0,1 mg/l). Los demás puntos no exceden la concentración establecida en la referida norma.

• Zona II

211. En la zona II, las concentraciones de cobre obtenidas en los tres puntos de muestreo, cumplieron lo establecido en el ECA para agua Cat4E1, según se observa en la Figura 10-8.

• Zona III

212. En la zona III, la concentración de cobre en el punto de muestreo LYana1 ubicado en la laguna Yanacocha, no excede lo establecido en el ECA para agua Cat4E1, según se muestra en la Figura 10-8.

• Zona IV

213. Finalmente, en la zona IV, se observa que las concentraciones de cobre en los puntos de muestreo LKero-01, LKero2 y LKero3 ubicados en la laguna Kerosene, cumplieron lo establecido en el ECA para agua Cat4E1, según se observa en la Figura 10-8.

d. Plomo total (Pb)

214. En la Figura 10-9, se muestran los resultados de las concentraciones de plomo total que excedieron los ECA para Agua categoría 4 en el área de influencia del proyecto minero El Galeno.

• Zona I

215. En la zona I, se observa que las concentraciones de plomo en los 14 puntos de muestreo, cumplieron el valor establecido en el ECA para agua Cat4E1. En los puntos LRinc1, LRinc2, LRinc3, LDCol1, LDCol2 y LDCol3, las concentraciones obtenidas se encuentran por debajo del límite de detección analítico (< 0,0002 mg/l), cumpliendo con la referida norma.

• Zona II

216. En la zona II, se observa que las concentraciones de plomo en los tres puntos de muestreo LLipi1, LLipi2 y LLipi3 ubicados en la laguna Lipiac, fueron de 0,0038;



af
j
b
ST
r



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

0,0029 y 0,0064 mg/l, las cuales exceden lo establecido en el ECA para agua Cat4E1 (0,0025 mg/l).

- **Zona III**

217. En la zona III, la concentración de plomo en el punto de muestreo LYana1 ubicado en la laguna Yanacocha, se encuentra por debajo del límite de detección analítico ($< 0,0002$ mg/l), cumpliendo con lo establecido en el ECA para agua Cat4E1, según se observa en la Figura 10-9.

- **Zona IV**

218. Finalmente, en la zona IV, se observa que las concentraciones de plomo en los puntos de muestreo LKero-01, LKero2 y LKero3 ubicados en la laguna Kerosene, cumplieron lo establecido en el ECA para agua Cat4E1, según se observa en la Figura 10-9.





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

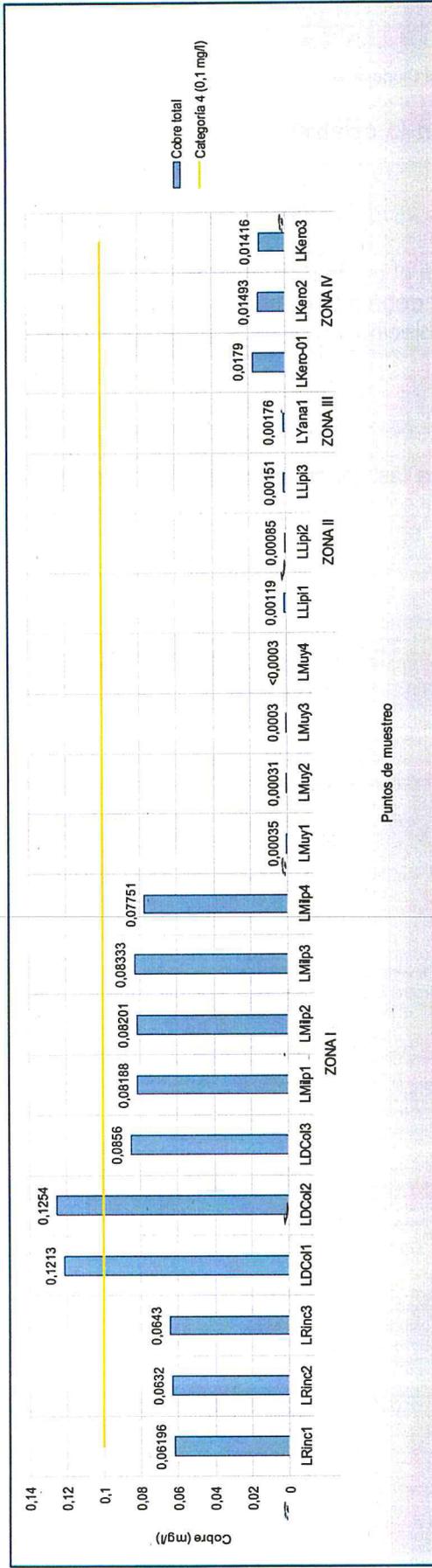


Figura 10-8. Concentraciones de cobre total en las lagunas evaluadas del proyecto minero El Galeno

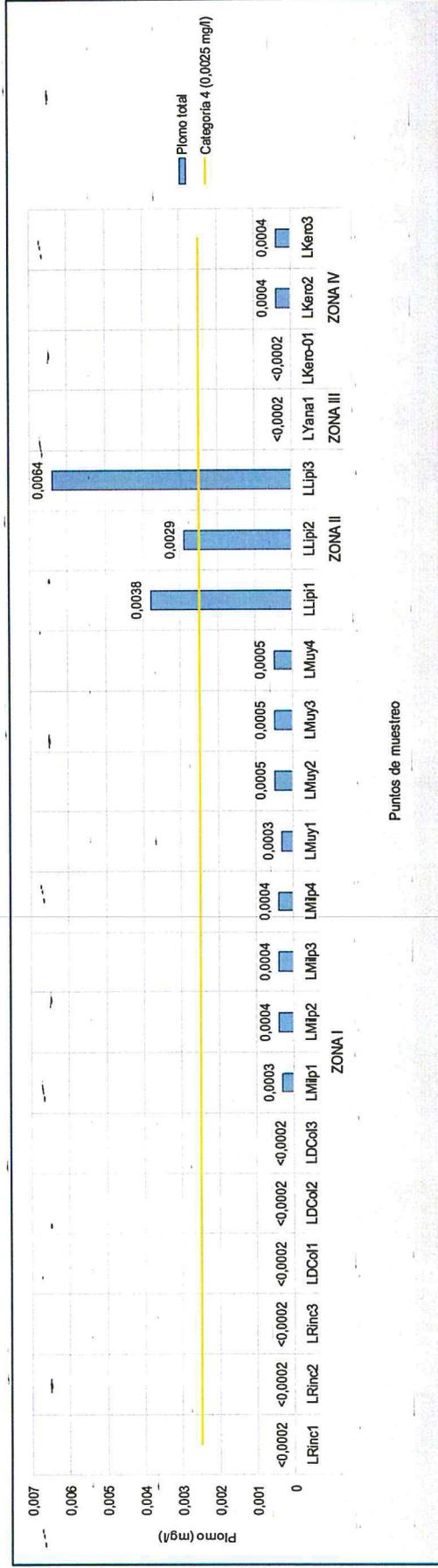


Figura 10-9. Concentraciones de plomo total en las lagunas evaluadas del proyecto minero El Galeno



Handwritten signature in blue ink



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

10.1.2. Evaluación del comportamiento de los metales disueltos y suspendidos.

219. Los valores obtenidos de metales totales y disueltos sirvieron para realizar los cálculos, hallando en su diferencia el valor de los metales suspendidos.
220. Dentro de los resultados obtenidos de metales totales y disueltos, fueron descartados para este análisis los metales que resultaron, en la totalidad de los puntos muestreados, menores al L.C. (límite de cuantificación) del método de análisis del laboratorio acreditado.
221. Los metales suspendidos se obtienen de la diferencia entre los metales totales y disueltos analizados. De este modo, nos proporciona información de la predominancia de cualquiera de ellos en los respectivos cuerpos de agua evaluados en forma separada.
222. A continuación, se analiza el comportamiento de los metales disueltos y suspendidos a nivel de porcentajes en las quebradas, manantiales y lagunas del área de influencia del proyecto minero Galeno.
223. Para una mejor evaluación, el análisis de cada cuerpo de agua se realizará por zonas, según se describió en el ítem 6.1 del presente informe.

Evaluación realizada en las quebradas

224. En las Tablas 10-1 y 10-2, se muestran a detalle la proporción en porcentajes de 17 metales en su forma suspendida y disuelta. De ello, se destaca la predominancia en su forma disuelta (mayor al 50%) en casi todos los puntos evaluados, a excepción de los metales hierro, manganeso y plomo en las que predominan su forma suspendida.
225. En la zona I se observa que el parámetro aluminio se encuentra en su forma suspendida en siete puntos de muestreo, a excepción de los puntos QMilp1 en la quebrada Milpo y QQuin1 en la quebrada Quinuacucho, en los cuales predominó en su forma disuelta.
226. En la zona II, se observa que la mayoría de los metales se encuentran en su forma disuelta en los tres puntos de muestreo, a excepción del hierro en el punto QLipi2 y el manganeso en el punto QPapa1, donde predominó en su forma suspendida.
227. En la zona III se observó que en el punto QLipi1A todos los metales evaluados se presentan en su forma disuelta, sin embargo en el punto QYana1 los metales aluminio, hierro y níquel, presentaron una ligera predominancia en su forma suspendida.
228. En la zona IV, se observó que en los puntos QKero1 y QChup-01, los metales evaluados predominaron en su forma disuelta, a diferencia de los puntos de la quebrada Chamcas (QCham1 y QCham2) en los cuales los metales aluminio hierro y manganeso se encontraron en su forma suspendida.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 10-1. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en las quebradas evaluadas en las zonas I

Metales	ZONA I																	
	QMlip1		QQuin1		QMlip2		QMuy1		QMuy2		QMlip3		QMlip4		QPunr1		QPunr2	
	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus
Aluminio (Al)	96	4	74	26	23	77	---	---	46	54	33	67	16	84	31	69	23	77
Arsénico (As)	79	21	63	37	30	70	93	7	95	5	58	42	53	47	52	48	51	49
Bario (Ba)	97	3	100	0	71	29	94	6	87	13	80	20	85	15	80	20	84	16
Calcio (Ca)	100	0	100	0	100	0	97	3	100	0	98	2	98	2	97	3	95	5
Cobalto (Co)	100	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	57	43	38	63
Cobre (Cu)	99	1	75	25	41	59	---	---	---	---	56	44	53	47	77	23	57	43
Hierro (Fe)	83	17	58	42	12	88	25	75	80	20	21	79	19	81	26	74	21	79
Potasio (K)	100	0	---	---	76	24	61	39	85	15	88	13	85	15	79	21	75	25
Magnesio (Mg)	98	2	100	0	92	8	97	3	100	0	95	5	98	2	95	5	96	4
Manganeso (Mn)	99	1	99	1	48	52	47	53	75	25	33	67	14	86	58	42	32	68
Molibdeno (Mo)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	93	7	---	---	100	0
Sodio (Na)	94	-6	---	---	93	7	97	3	100	0	93	7	95	5	99	1	96	4
Níquel (Ni)	50	50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Plomo (Pb)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Antimonio (Sb)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	73	27	63	37
Estroncio (Sr)	100	0	96	4	99	1	96	4	99	1	95	5	95	5	97	3	94	6
Zinc (Zn)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	72	28	---	---

LEYENDA: Rango de colores que definen porcentajes

0-49	50-75	76-90	91-100
------	-------	-------	--------

(---) : datos no considerados, debido a que las concentraciones fueron reportadas menores al límite de cuantificación (L.C.)

Dis: Metales disueltos

Sus: Metales suspendidos



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 10-2. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en las quebradas evaluadas en las zonas II, III y IV

Metales	ZONA II				ZONA III				ZONA IV									
	QLipi1		QLipi2		QPapa1		QLipi1A		QYana1		QKero1		QChup-01		QCham1		QCham2	
	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus
Aluminio (Al)	71	29	54	46	---	---	99	1	47	53	83	17	67	33	25	75	27	73
Arsénico (As)	76	24	79	21	92	8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Bario (Ba)	97	3	93	7	91	9	99	1	97	3	94	6	99	1	53	47	78	22
Calcio (Ca)	96	4	97	3	95	5	100	0	96	4	88	12	96	4	83	17	95	5
Cobalto (Co)	---	---	---	---	---	---	99	1	---	---	95	5	97	3	40	60	64	36
Cobre (Cu)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	94	6	96	4	57	43	71	29
Hierro (Fe)	64	36	45	55	80	20	75	25	43	57	51	49	65	35	17	83	26	74
Potasio (K)	75	25	84	16	96	4	100	0	89	11	90	10	98	2	57	43	85	15
Magnesio (Mg)	98	2	100	0	---	---	100	0	97	3	96	4	100	0	85	15	97	3
Manganeso (Mn)	95	5	75	25	47	53	100	0	97	3	93	7	99	1	39	61	42	58
Molibdeno (Mo)	---	---	---	---	96	4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Sodio (Na)	93	7	99	1	95	5	100	0	94	6	88	12	97	3	94	6	100	0
Niquel (Ni)	---	---	---	---	---	---	87	13	44	56	60	40	100	0	---	---	---	---
Plomo (Pb)	57	43	---	---	---	---	100	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Antimonio (Sb)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Estroncio (Sr)	96	4	97	3	95	5	100	0	99	1	92	8	99	1	88	13	92	8
Zinc (Zn)	---	---	---	---	---	---	100	0	98	2	96	4	77	23	---	---	---	---

LEYENDA: Rango de colores que definen porcentajes

0-49	50-75	76-90	91-100
------	-------	-------	--------

(---) : datos no considerados, debido a que las concentraciones fueron reportadas menores al límite de cuantificación (L.C.)

Dis: Metales disueltos

Sus: Metales suspendidos



Evaluación realizada en los manantiales

229. A continuación, se muestra a detalle la proporción en porcentajes de los metales en su formulación a suspendida y disuelta. De ello, se destaca la predominancia en su forma disuelta (mayor al 50%) en casi todos los puntos evaluados.
230. En la Tabla 10-3, se muestra la proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en los manantiales evaluados en la zona I, donde se observa que, en los 20 metales evaluados, predominan en su forma disuelta, a excepción del metal manganeso en los puntos FNat8, FNatu6 y MLCue-01.
231. Asimismo, los metales plomo (FNatu14), hierro (FNatu4), potasio (FNatu6 y MLanc-01) y sodio (MLanc-01), se presentaron en su forma suspendida. Los demás metales predominaron en su forma disuelta.
232. En la Tabla 10-4, se muestra la proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en los manantiales evaluados en la zona II, donde se observa que, en los 11 metales evaluados, predominan en su forma disuelta, a excepción del metal hierro en los puntos FNatu11, FNatu10 y FNatu12.
233. De igual forma, los metales Al y Mn se encontraron en un porcentaje mayor en su forma suspendida en los puntos de muestreo FNatu10 y MGala1 respectivamente. Los demás metales evaluados, predominaron en su forma disuelta.
234. En la Tabla 10-5, se muestra la proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en los manantiales evaluados en la zona III, donde se observa que, en los 10 metales evaluados, predominan en su forma disuelta, a excepción del metal hierro en los puntos FYana1, MLVer2 y MOPej1, en los cuales predominó su forma suspendida.
235. Asimismo, en el punto MLVer2, además del hierro, los metales aluminio y magnesio predominaron en su forma suspendida, en los demás puntos predominaron en su forma disuelta.
236. En la Tabla 10-6, se muestra la proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en los manantiales evaluados en la zona III, donde se observa que, en los 13 metales evaluados, predominan en su forma disuelta, a excepción de los metales aluminio en los puntos MShil-01, MCham2, MCham3 y MCham7, y hierro en los puntos MLPeñ-01, MCham3 y MCham7, en los cuales predominó su forma suspendida.
237. El metal manganeso predominó en su forma suspendida en los puntos MLPeñ-01, MCham4 y MCham7, en este último punto mencionado, además se presentó el titanio en su forma suspendida.
238. Asimismo, en el punto MLPeñ1, los metales boro, bario y potasio, predominaron en su forma suspendida en este punto de control.





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 10-3. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en los manantiales evaluados en la zona I

Metales	ZONA I																						
	FNat8		FNat7		FNat13		FNat14		FNat5		FNat6		FNat4		MLCue-01		MPalo-01		MLanc-01		Minge-01		
	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	
Aluminio (Al)	---	---	96	4	91	9	78	22	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Arsénico (As)	---	---	---	---	86	14	83	17	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Boro (B)	---	---	---	---	64	36	56	44	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Bario (Ba)	98	2	96	4	90	10	89	11	90	10	94	6	98	2	93	8	98	2	94	6	98	2	
Calcio (Ca)	99	1	98	2	---	---	---	---	97	3	98	2	99	1	99	1	99	1	96	4	97	3	
Cadmio (Cd)	---	---	98	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cobalto (Co)	---	---	97	3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cobre (Cu)	---	---	96	4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Hierro (Fe)	---	---	91	9	80	20	100	0	9	91	30	70	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Potasio (K)	100	0	94	6	---	---	---	---	87	13	63	38	76	24	84	16	85	15	65	35	87	13	
Litio (Li)	---	---	92	8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Magnesio (Mg)	100	0	95	5	76	24	95	5	97	3	98	2	99	1	99	1	99	1	93	7	96	4	
Manganeso (Mn)	38	62	97	3	87	13	100	0	52	48	22	78	79	21	12	88	---	---	---	---	---	---	---
Sodio (Na)	---	---	92	8	---	---	---	---	96	4	96	4	92	8	97	3	92	8	39	61	96	4	
Níquel (Ni)	---	---	73	27	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Fosforo (P)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Plomo (Pb)	---	---	98	2	56	44	36	64	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Estroncio (Sr)	99	1	97	3	88	13	71	29	98	2	96	4	99	1	99	1	97	3	93	7	98	2	
Talio (Tl)	---	---	96	4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Zinc (Zn)	100	0	100	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

LEYENDA: Rango de colores que definen porcentajes

0-49	50-75	76-90	91-100
------	-------	-------	--------

(---) : datos no considerados, debido a que las concentraciones fueron reportadas menores al límite de cuantificación (L.C.)

Dis: Metales disueltos

Sus: Metales suspendidos



Handwritten signatures and initials in blue ink.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 10-4. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en los manantiales evaluados en la zona II

Metales	ZONA II									
	FNatu11		FNatu10		FNatu12		MGala1		MPBLa1	
	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus
Aluminio (Al)	65	35	16	84	---	---	---	---	---	---
Bario (Ba)	100	0	99	1	98	2	92	8	75	25
Calcio (Ca)	100	0	100	0	99	1	99	1	99	1
Hierro (Fe)	40	60	10	90	16	84	---	---	---	---
Potasio (K)	90	10	67	33	71	29	71	29	87	13
Litio (Li)	---	---	---	---	---	---	---	---	94	6
Magnesio (Mg)	100	0	100	0	98	2	97	3	96	4
Manganeso (Mn)	---	---	59	41	68	32	20	80	---	---
Sodio (Na)	99	1	100	0	97	3	95	5	97	3
Fosforo (P)	67	33	---	---	---	---	---	---	---	---
Estroncio (Sr)	99	1	100	0	99	1	99	1	97	3

LEYENDA: Rango de colores que definen porcentajes

0-49	50-75	76-90	91-100
------	-------	-------	--------

(---) : datos no considerados, debido a que las concentraciones fueron reportadas menores al límite de cuantificación (L.C.)

Dis: Metales disueltos

Sus: Metales suspendidos



Tabla 10-5. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en los manantiales evaluados en la zona III

Metales	ZONA III									
	MYana1		MLCor1		MLVer1		MLVer2		MOPej1	
	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus
Aluminio (Al)	93	7	79	21	---	---	38	62	63	37
Bario (Ba)	95	5	92	8	100	0	88	12	94	6
Calcio (Ca)	---	---	99	1	100	0	92	8	99	1
Hierro (Fe)	45	55	50	50	---	---	23	77	37	63
Potasio (K)	80	20	---	---	100	0	88	13	91	9
Magnesio (Mg)	100	0	98	2	100	0	0	100	99	1
Manganeso (Mn)	100	0	82	18	---	---	---	---	---	---
Sodio (Na)	---	---	---	---	100	0	96	4	100	0
Plomo (Pb)	93	7	---	---	---	---	---	---	---	---
Estroncio (Sr)	---	---	97	3	100	0	100	0	98	2

LEYENDA: Rango de colores que definen porcentajes

0-49	50-75	76-90	91-100
------	-------	-------	--------

(---) : datos no considerados, debido a que las concentraciones fueron reportadas menores al límite de cuantificación (L.C.)

Dis: Metales disueltos

Sus: Metales suspendidos

Handwritten signature and initials in blue ink.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 10-6. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en los manantiales evaluados en la zona IV

Metales	MSHil-01		MLPeñ-01		MCham1		MCham2		MCham3		MCham4		MCham5		MCham7	
	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus
Aluminio (Al)	16	84	---	---	---	---	44	56	29	71	---	---	---	---	5	95
Boro (B)	---	---	47	53	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	65	35
Bario (Ba)	86	14	27	73	99	1	99	1	70	30	90	10	94	6	58	42
Calcio (Ca)	99	1	86	14	100	0	99	1	94	6	98	2	97	3	92	8
Hierro (Fe)	---	---	2	98	---	---	53	47	17	83	---	---	100	0	0	100
Potasio (K)	75	25	8	92	100	0	80	20	89	11	62	38	67	33	83	17
Litio (Li)	---	---	---	---	---	---	---	---	94	6	100	0	---	---	---	---
Magnesio (Mg)	100	0	88	12	100	0	99	1	96	4	100	0	97	3	91	9
Manganeso (Mn)	---	---	1	99	59	41	91	9	95	5	3	97	100	0	15	85
Sodio (Na)	100	0	100	0	97	3	97	3	92	8	96	4	93	7	95	5
Níquel (Ni)	---	---	---	---	---	---	---	---	58	42	---	---	---	---	---	---
Estroncio (Sr)	99	1	85	15	100	0	99	1	96	4	97	3	96	4	91	9
Titanio (Ti)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	30	70

LEYENDA: Rango de colores que definen porcentajes

0-49	50-75	76-90	91-100
------	-------	-------	--------

(---) : datos no considerados, debido a que las concentraciones fueron reportadas menores al límite de cuantificación (L.C.)

Dis: Metales disueltos

Sus: Metales suspendidos




**Evaluación realizada en las lagunas**

239. A continuación, se muestra a detalle la proporción en porcentajes de los metales en su formulación a suspendida y disuelta. De ello, se destaca la predominancia en su forma disuelta (mayor al 50%) en casi todos los puntos evaluados.
240. En la Tabla 10-7, se muestra la proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en las lagunas evaluadas en la zona I, donde se observa que, en los 15 metales evaluados, predominan en su forma disuelta, a excepción del metal fósforo en los puntos LMuy2, LMuy3 y LMuy4, donde dicho metal presentó una proporción ligeramente superior a su forma suspendida.
241. En la Tabla 10-8, se muestra la proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en las lagunas evaluadas en las zonas II, III y IV; donde se observa que, en los 16 metales evaluados, predominan en su forma disuelta, a excepción de los metales arsénico, hierro y plomo los cuales en el punto LLipi3 predominaron en su forma suspendida.



Handwritten signature in blue ink.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 10-7. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en las lagunas evaluadas en la zona I

Metales	ZONA I																															
	LRinc1		LRinc2		LRinc3		LDCo1		LDCo2		LDCo3		LMilp1		LMilp2		LMilp3		LMilp4		LMuy1		LMuy2		LMuy3		LMuy4					
	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus				
Aluminio (Al)	98	2	97	3	93	7	95	6	92	8	91	9	91	9	91	9	88	12	95	5	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0		
Arsénico (As)	100	0	93	7	92	8	76	24	77	23	69	31	79	21	84	16	73	27	77	23	94	6	92	8	91	9	93	7	93	7		
Bario (Ba)	100	0	100	0	91	9	97	3	98	2	98	2	98	2	100	0	95	5	100	0	90	10	96	4	92	8	83	17	83	17		
Calcio (Ca)	100	0	100	0	78	22	100	0	97	3	100	0	100	0	100	0	93	7	100	0	98	2	100	0	98	2	97	3	97	3		
Cobalto (Co)	95	5	100	0	93	7	96	4	98	2	97	3	100	0	99	1	97	3	100	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
Cobre (Cu)	99	1	97	3	97	3	98	2	96	4	98	2	98	2	95	5	97	3	100	0	100	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Hierro (Fe)	92	8	91	9	86	14	86	14	71	29	77	23	82	18	91	9	79	21	85	15	86	14	90	10	88	12	90	10	88	12		
Potasio (K)	---	---	---	---	---	---	98	2	98	2	100	0	97	3	100	0	97	3	100	0	100	0	97	3	100	0	86	14	86	14		
Magnesio (Mg)	96	4	100	0	90	10	99	1	96	4	99	1	100	0	99	1	99	1	100	0	99	1	100	0	100	0	99	1	100	0		
Manganeso (Mn)	98	2	97	3	94	6	99	1	95	5	100	0	100	0	100	0	97	3	100	0	93	7	100	0	95	5	94	6	94	6		
Sodio (Na)	---	---	---	---	---	---	100	0	95	5	100	0	99	1	100	0	99	1	100	0	100	0	100	0	100	0	93	7	99	1		
Fosforo (P)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Plomo (Pb)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Estroncio (Sr)	100	0	100	0	83	17	97	3	100	0	96	4	100	0	100	0	98	3	100	0	98	2	89	1	98	2	97	3	97	3		
Zinc (Zn)	---	---	---	---	---	---	98	2	91	9	100	0	100	0	100	0	100	0	75	25	75	25	100	0	---	---	---	---	---	---	---	

LEYENDA: Rango de colores que definen porcentajes

0-49	50-75	76-90	91-100
------	-------	-------	--------

(---) : datos no considerados, debido a que las concentraciones fueron reportadas menores al límite de cuantificación (L.C.)

Dis: Metales disueltos

Sus: Metales suspendidos



Handwritten signatures and initials at the bottom of the page.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Tabla 10-8. Proporción en porcentajes de los metales disueltos y suspendidos en las lagunas evaluadas en las zonas II, III y IV

Metales	ZONA II						ZONA III						ZONA IV					
	LLipi1		LLipi2		LLipi3		LYana1		LKero-01		LKero2		LKero3					
	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus	% Dis	% Sus				
Aluminio (Al)	96	4	97	3	77	23	98	2	92	8	78	22	88	12				
Arsénico (As)	87	13	80	20	21	79	---	---	---	---	---	---	---	---				
Bario (Ba)	93	7	100	0	96	4	100	0	98	2	91	9	98	2				
Calcio (Ca)	94	6	100	0	96	4	98	2	---	---	80	20	80	20				
Cobalto (Co)	---	---	---	---	---	---	---	---	96	4	98	2	100	0				
Cobre (Cu)	75	25	96	4	57	43	100	0	96	4	90	10	99	1				
Hierro (Fe)	91	9	78	22	31	69	94	6	88	12	74	26	78	22				
Potasio (K)	73	27	---	---	---	---	100	0	100	0	90	10	95	5				
Magnesio (Mg)	99	1	100	0	96	4	98	2	95	5	97	3	97	3				
Manganeso (Mn)	98	2	100	0	99	1	98	2	100	0	92	8	100	0				
Sodio (Na)	---	---	---	---	---	---	97	3	---	---	---	---	---	---				
Níquel (Ni)	---	---	---	---	---	---	61	39	---	---	---	---	---	---				
Fosforo (P)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---				
Plomo (Pb)	95	5	93	7	48	52	---	---	---	---	---	---	---	---				
Estroncio (Sr)	98	2	100	0	95	5	98	2	100	0	100	0	100	0				
Zinc (Zn)	---	---	100	0	100	0	---	---	---	---	---	---	---	---				

LEYENDA: Rango de colores que definen porcentajes

0-49	50-75	76-90	91-100
------	-------	-------	--------

(---) : datos no considerados, debido a que las concentraciones fueron reportadas menores al límite de cuantificación (L.C.)

Dis: Metales disueltos

Sus: Metales suspendidos





10.1.3. Evaluación Hidroquímica

242. Debido a la importante relación entre las características químicas de las aguas de los distintos cuerpos de agua y la litología de sus respectivas cuencas hidrográficas, es trascendente tratar el presente subcapítulo.

10.1.3.1. Análisis gráfico: Variaciones espaciales

243. A continuación, se presenta un análisis gráfico de la variación espacial de las concentraciones de los iones más importantes considerados en la evaluación. Cabe señalar que de acuerdo a la zona evaluada los parámetros de interés están relacionados a actividades mineras.

a. Relación Mg^{2+}/Ca^{2+}

244. Como se aprecia en la Figura 10-10, la relación entre Mg^{2+} y Ca^{2+} (Zona I), muestra la relación entre la calcita ($CaCO_3$) y la dolomita ($Ca Mg (CO_3)_2$), en tal sentido se aprecia que las concentraciones encontradas de calcio disuelto en los puntos de muestreo evaluados superaron a las concentraciones reportadas de magnesio total.

245. Se aprecia además que el posible intercambio iónico entre Mg^{2+} y Ca^{2+} , es más notorio en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas Rinconada, Dos Colores y Milpo; en los manantiales FNatu5 y FNatu4 los cuales se ubican en el caserío de Santa Rosa de Milpo y en la naciente de la quebrada Milpo (QMilp1).



Handwritten signatures and initials in blue ink on the left margin.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

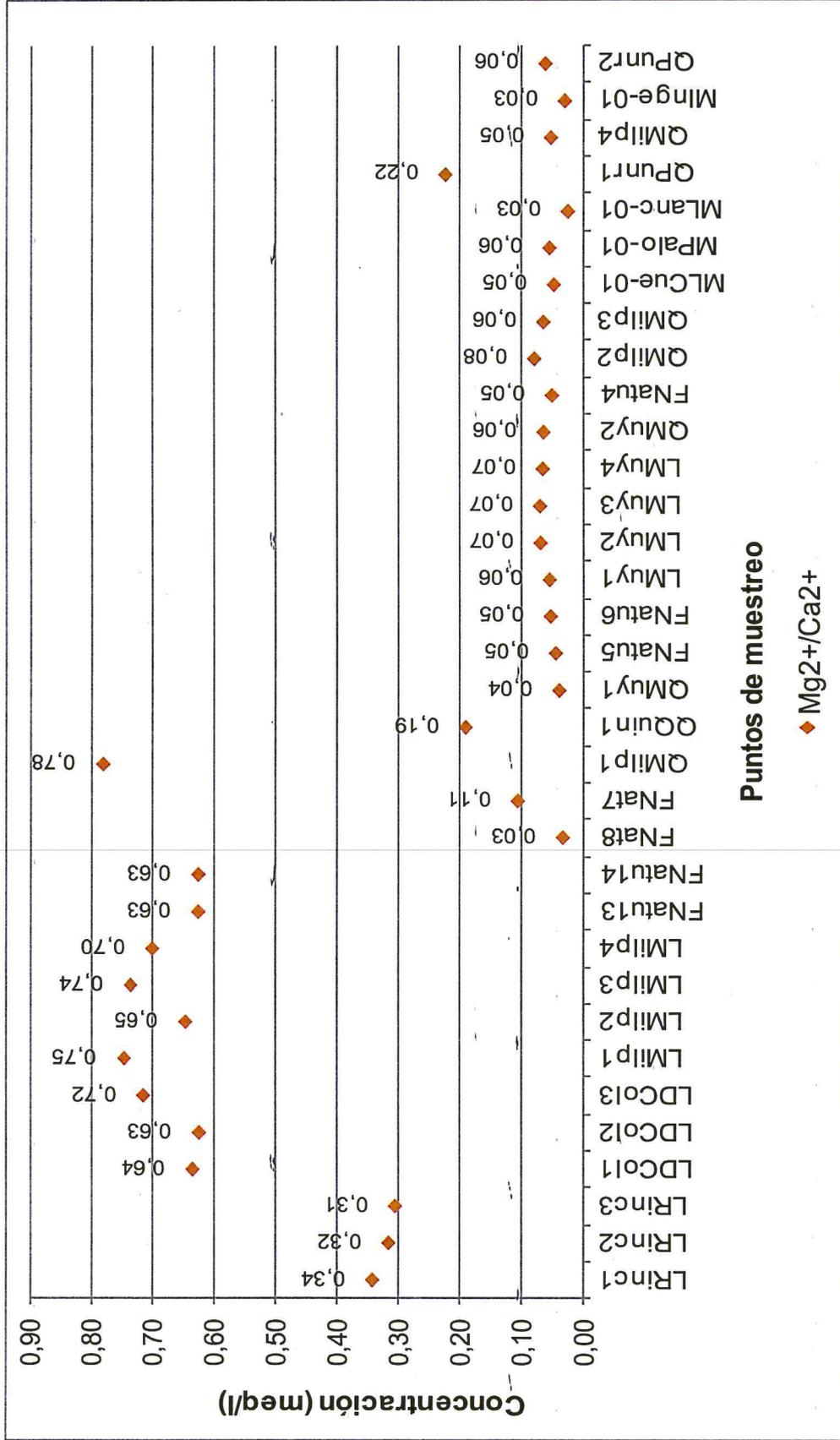


Figura 10-10. Relación Ca²⁺/Mg²⁺ en los puntos de muestreo de la zona I



Handwritten signature and date: YFS / 881

246. En la Figura 10-11, la relación entre Mg^{2+} y Ca^{2+} (zona II), se aprecia que las concentraciones encontradas de calcio disuelto en los puntos de muestreo evaluados superaron a las concentraciones reportadas de magnesio total.
247. Es importante mencionar que el posible intercambio iónico entre Mg^{2+} y Ca^{2+} , es más evidente en los puntos de muestreo ubicados en la laguna Lipiac.

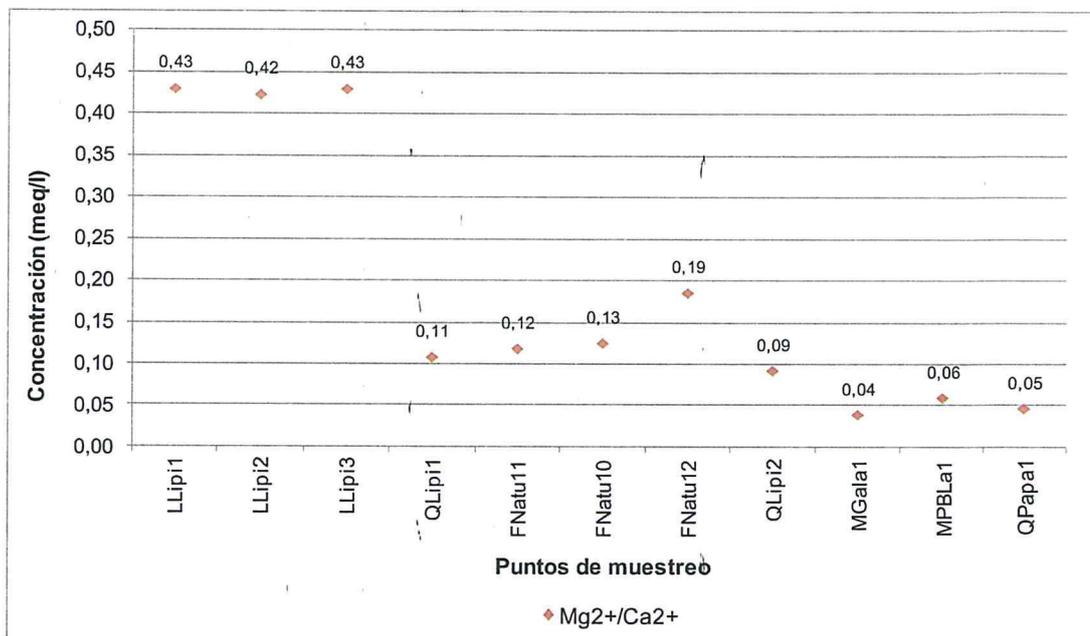


Figura 10-11. Relación Ca^{2+}/Mg^{2+} en los puntos de muestreo de la zona II

248. En la Figura 10-12, la relación entre Mg^{2+} y Ca^{2+} (zona III), se observa que las concentraciones encontradas de calcio disuelto en los puntos de muestreo evaluados superaron a las concentraciones reportadas de magnesio total, dicha condición no se presentó en el punto de muestreo MYana1, donde la concentración de Mg^{2+} fue superior a la de Ca^{2+} .
249. Es importante mencionar que el posible intercambio iónico entre Mg^{2+} y Ca^{2+} , fue más predominante en el punto de muestreo ubicado en la laguna Yanacocha; además que en el manantial denominado MYana1, donde posiblemente las rocas sedimentarias llamadas dolomitas hayan influenciado en esta la característica.

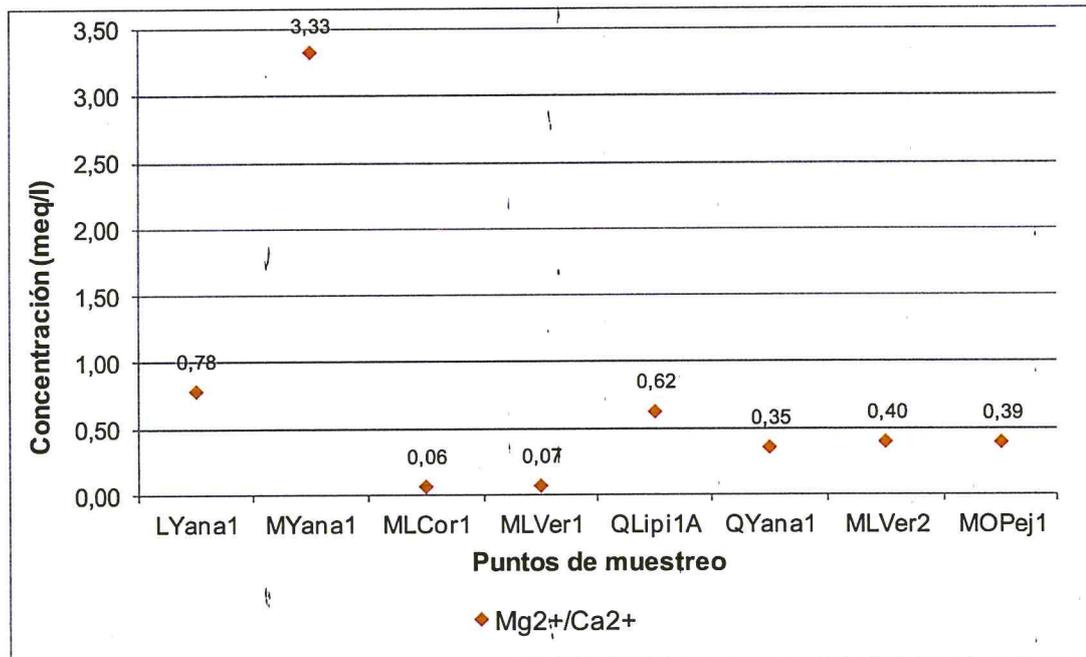


Figura 10-12. Relación Ca^{2+}/Mg^{2+} en los puntos de muestreo de la zona III

250. En la Figura 10-13, la relación entre Mg^{2+} y Ca^{2+} (zona IV), se observa que las concentraciones encontradas de calcio disuelto en los puntos de muestreo evaluados superaron a las concentraciones reportadas de magnesio total, predominando los puntos LKero2 y LKero3 (laguna Kerosene), dicha condición no se presentó en el punto de muestreo LKero-01 (laguna Kerosene), donde la concentración de Mg^{2+} fue superior a la de Ca^{2+} .
251. Es importante mencionar que el posible intercambio iónico entre Mg^{2+} y Ca^{2+} , fue más predominante en el punto de muestreo ubicado en la laguna Kerosene, donde posiblemente las rocas sedimentarias llamadas dolomitas hayan facultado que suceda la característica mencionada líneas arriba.



[Handwritten signature]

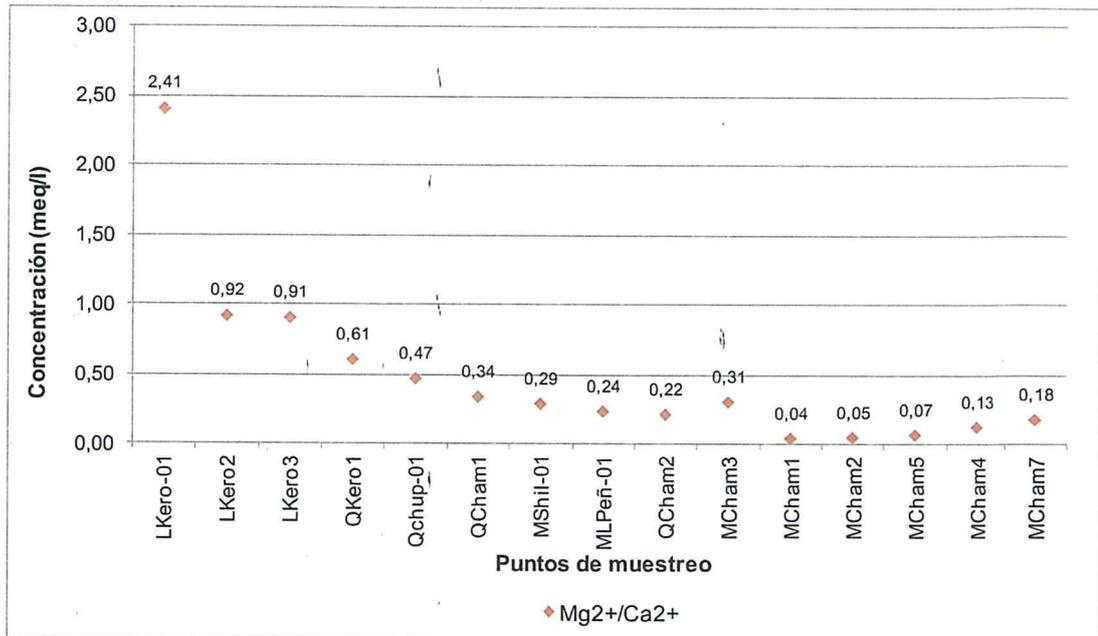


Figura 10-13. Relación Ca^{2+}/Mg^{2+} en los puntos de muestreo de la zona IV

b. Relación Ca^{2+}/Na^{+}

252. En la Figura 10-14, se aprecia la relación entre Ca^{2+} y Na^{+} (zona I), es decir muestra la relación entre la calcita ($CaCO_3$) y las fuentes de Na^{+} , en tal sentido se aprecia que las concentraciones encontradas de calcio disuelto en los puntos de muestreo evaluados fueron predominantes sobre las concentraciones reportadas de sodio disuelto.
253. En tal sentido, de los 34 puntos de muestreo ubicado en la zona I, solo en 4 puntos se evidenciaron altas cargas sódicas, siendo estos puntos los que se ubican en la laguna Dos Colores (LDCol1, LDCol2 y LDCol3) y el punto QMilp1 (naciente de la quebrada Milpo).



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

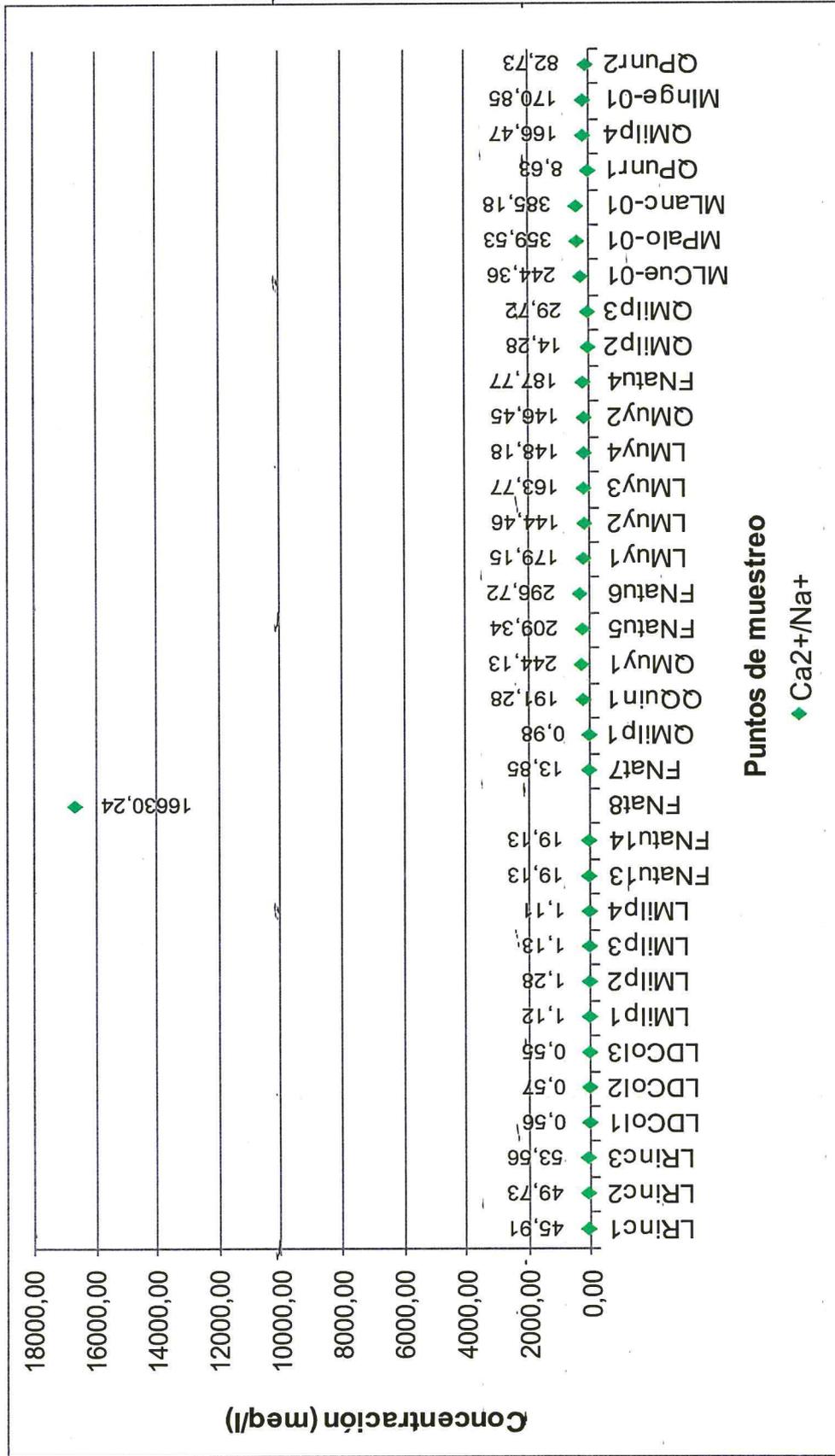


Figura 10-14. Relación Ca²⁺/Na⁺ en los puntos de muestreo de la zona I



Handwritten signature and date: JTS / 8/1

254. En la Figura 10-15, se aprecia la relación entre Ca^{2+} y Na^+ (zona II), evidenciándose que las concentraciones encontradas de calcio disuelto en los puntos de muestreo evaluados fueron predominantes sobre las concentraciones reportadas de sodio disuelto.
255. En tal sentido, en los 11 puntos de muestreo ubicado en la zona II, se evidenciaron altas cargas cálcicas, siendo las mayores las registradas en la laguna Lipiac.

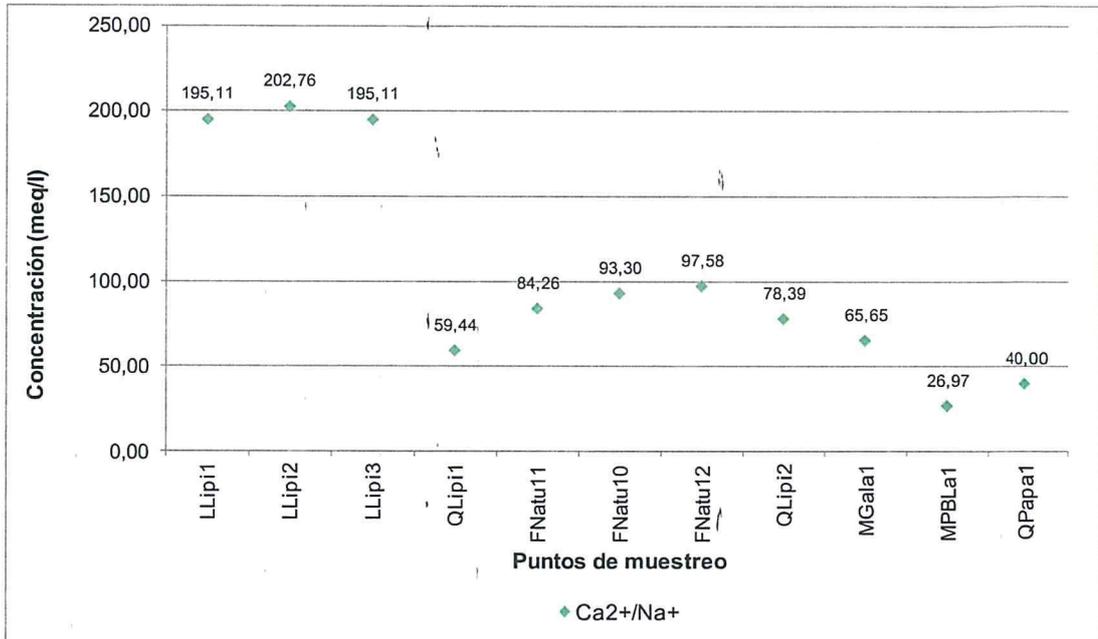


Figura 10-15. Relación $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ en los puntos de muestreo de la zona II

256. En la Figura 10-16, se aprecia la relación entre Ca^{2+} y Na^+ (zona III), evidenciándose que las concentraciones encontradas de calcio disuelto en los puntos de muestreo evaluados fueron predominantes sobre las concentraciones reportadas de sodio disuelto.
257. En tal sentido, en los 8 puntos de muestreo ubicado en la zona III, se evidenciaron altas cargas cálcicas, siendo la mayor registrada en el punto MLVer1.



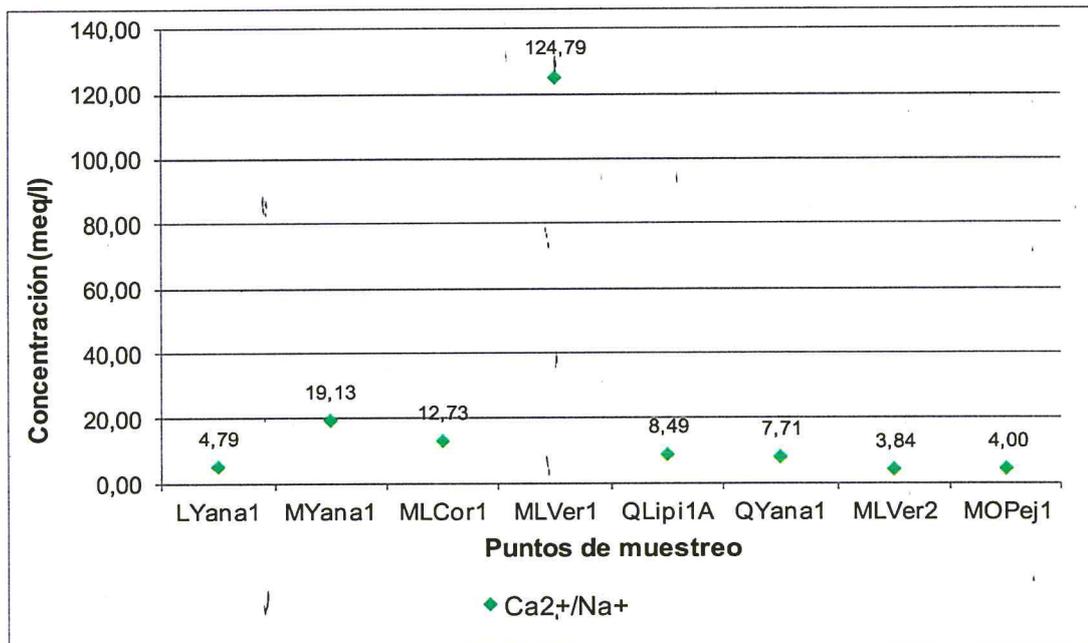


Figura 10-16. Relación Ca²⁺/Na⁺ en los puntos de muestreo de la zona III



258. En la Figura 10-17, se aprecia la relación entre Ca²⁺ y Na⁺ (zona IV), evidenciándose que las concentraciones encontradas de calcio disuelto en los puntos de muestreo evaluados fueron predominantes sobre las concentraciones reportadas de sodio disuelto.
259. En tal sentido, en los 15 puntos de muestreo ubicado en la zona IV, se evidenciaron altas cargas cálcicas, siendo las mayores registradas en los puntos ubicados en el caserío de Chamcas (MCham1, MCham2, MCham4 y MCham5).

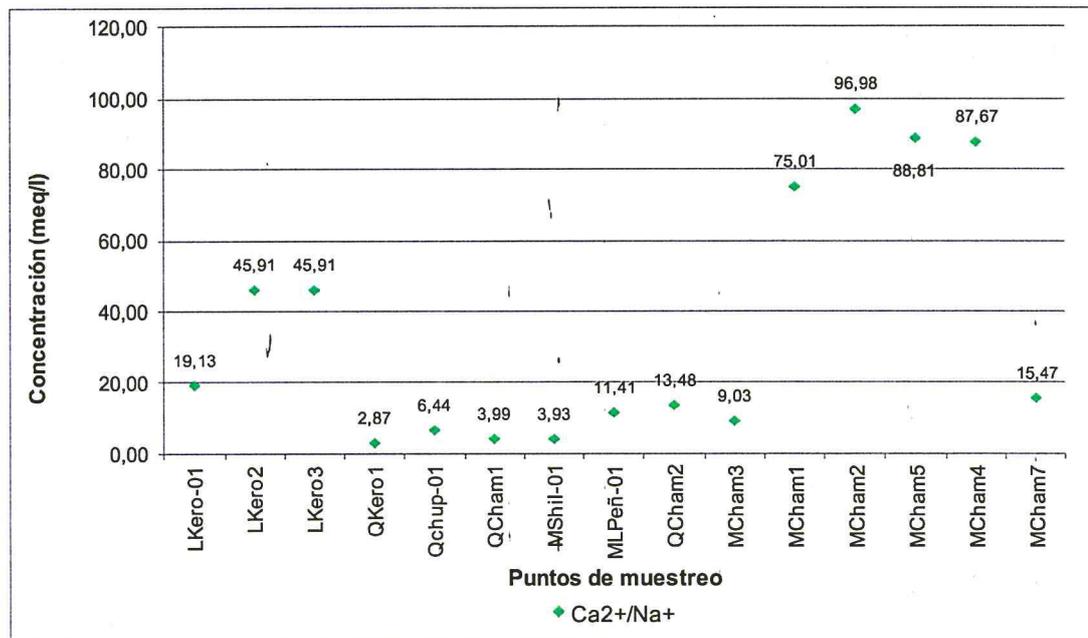


Figura 10-17. Relación Ca²⁺/Na⁺ en los puntos de muestreo de la zona IV

Handwritten signature in blue ink.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

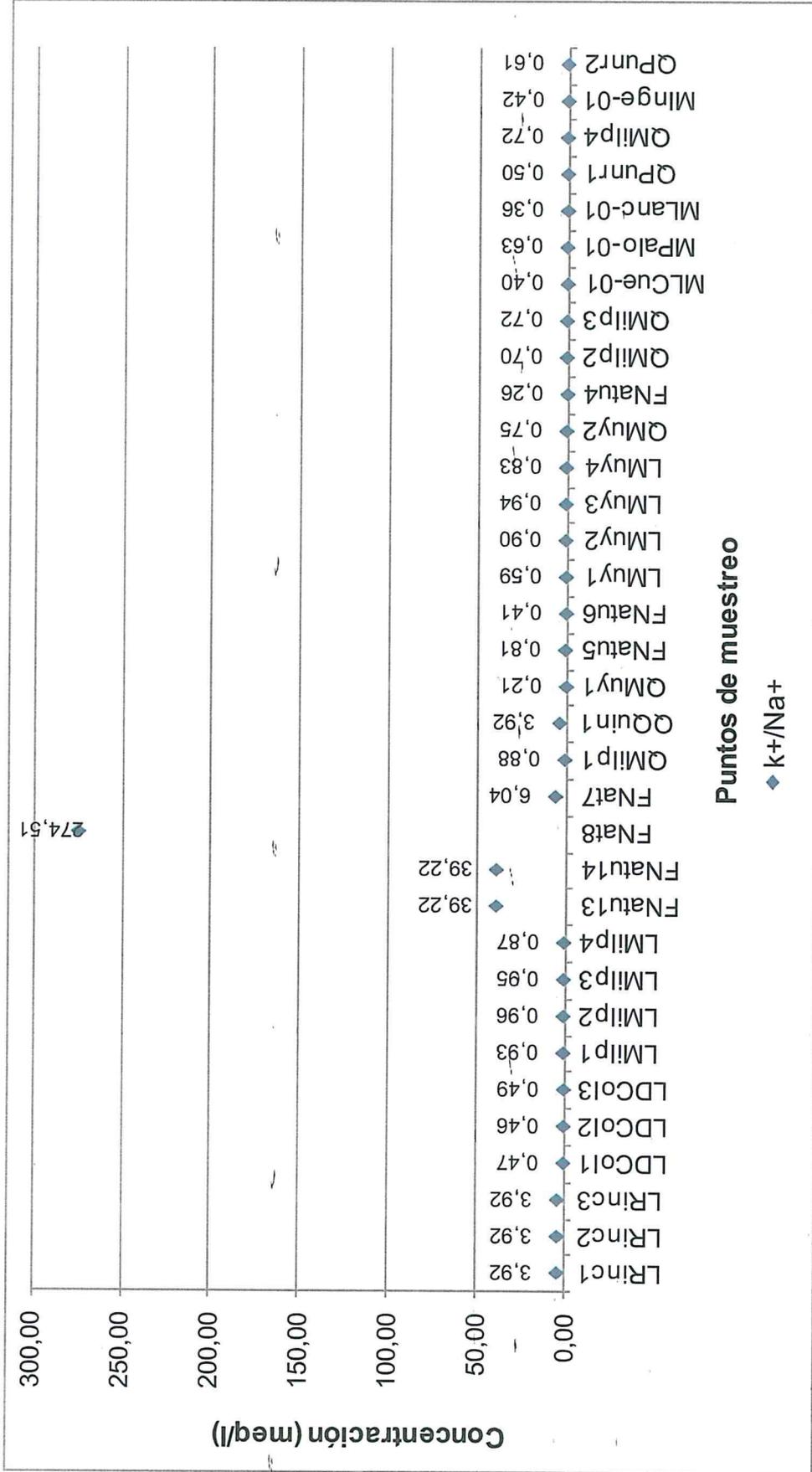


Figura 10-18. Relación K⁺/Na⁺ en los puntos de muestreo de la zona I



Handwritten signature in blue ink.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

c. Relación K^+/Na^+

260. En la Figura 10-18, se aprecia la relación entre K^+ y Na^+ (zona I), es decir el intercambio iónico que experimentan las aguas en la zona del suelo, con las arcillas y otros tipos de rocas, en tal sentido se aprecia que las concentraciones encontradas de sodio disuelto en los puntos de muestreo evaluados fueron predominantes sobre las concentraciones reportadas de potasio disuelto.
261. En tal sentido, de los 34 puntos de muestreo ubicado en la zona I, solo en 8 puntos se evidenciaron altas cargas de potasio sobre las de sodio, siendo estos puntos los que se ubican en la laguna Rinconada (LRinc1, LRinc2 y LRinc3); los puntos FNatu13, FNatu14, FNatu8 y FNatu7 y el punto QQuin1 (quebrada Quinuacucho).



Handwritten signatures and initials in blue ink.

262. En la Figura 10-19, se aprecia la relación entre K^+ y Na^+ (zona II), observándose que las concentraciones encontradas de sodio disuelto en los puntos de muestreo evaluados fueron predominantes sobre las concentraciones reportadas de potasio disuelto.
263. En tal sentido, de los 11 puntos de muestreo ubicados en la zona II, solo en 3 puntos se evidenciaron altas cargas de potasio sobre las de sodio, siendo estos puntos los que se ubican en la laguna Lipiac (LLipi1, LLipi2 y LLipi3).

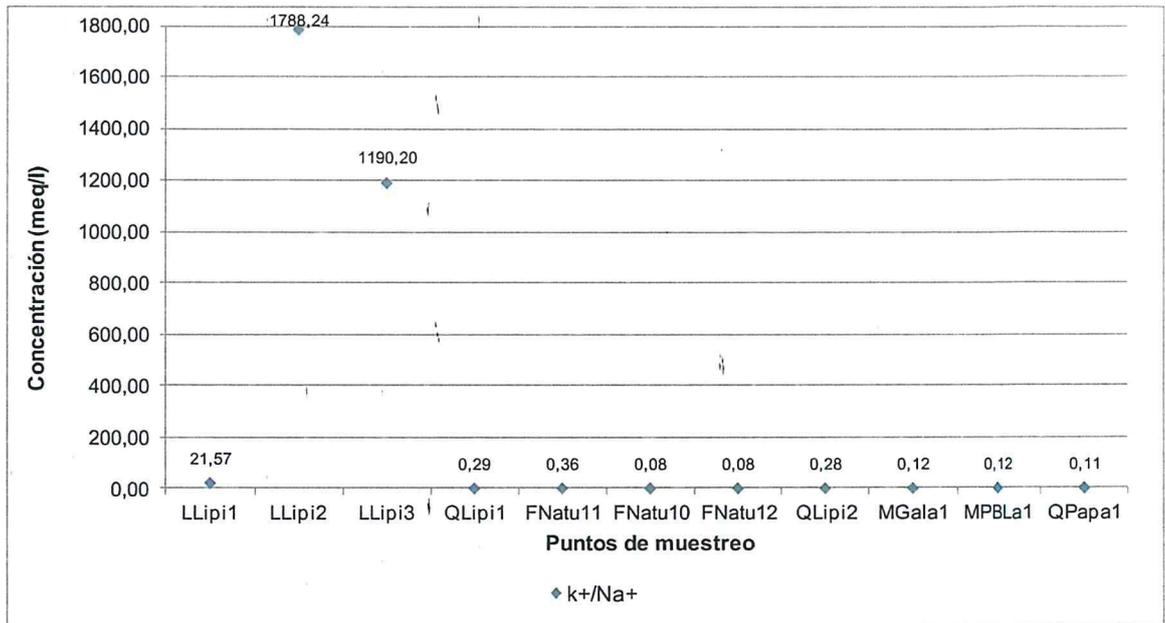


Figura 10-19. Relación K^+/Na^+ en los puntos de muestreo de la zona II

264. En la Figura 10-20, se aprecia la relación entre K^+ y Na^+ (zona III), observándose que las concentraciones encontradas de sodio disuelto en los puntos de muestreo evaluados fueron predominantes sobre las concentraciones reportadas de potasio disuelto.
265. En tal sentido, de los 8 puntos de muestreo ubicado en la zona III, solo en tres puntos se evidenciaron altas cargas de potasio sobre las de sodio, siendo estos puntos los que se ubican en los puntos MYana1 y MLVer1; y en la quebrada Lipiac (QLipi1A).



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin of the page.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

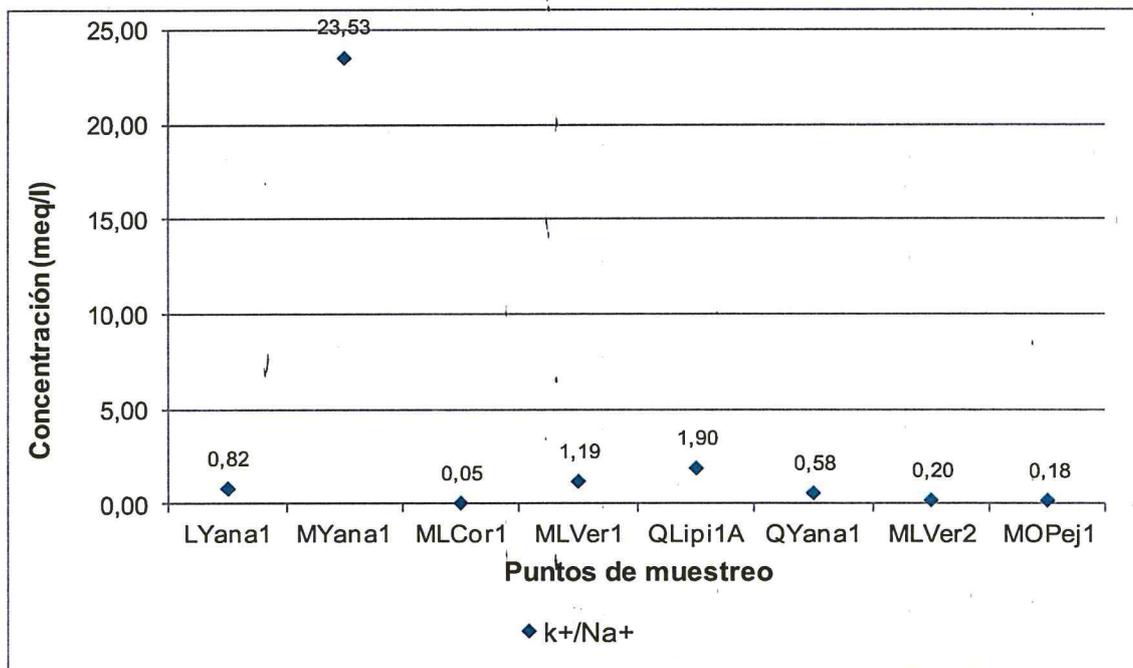


Figura 10-20. Relación K⁺/Na⁺ en los puntos de muestreo de la zona III



266. En la Figura 10-21, se aprecia la relación entre K⁺ y Na⁺ (zona IV), observándose que las concentraciones encontradas de sodio disuelto en los puntos de muestreo evaluados fueron predominantes sobre las concentraciones reportadas de potasio disuelto.
267. En tal sentido, de los 15 puntos de muestreo ubicados en la zona IV, solo en 6 puntos se evidenciaron altas cargas de potasio sobre las de sodio, siendo estos puntos los que se ubican en la laguna Kerosene (LKero-01, LKero2 y LKero3); el punto MCham3; en las quebradas Kerosene (Qkero1) y Chupicario (QChup-01).

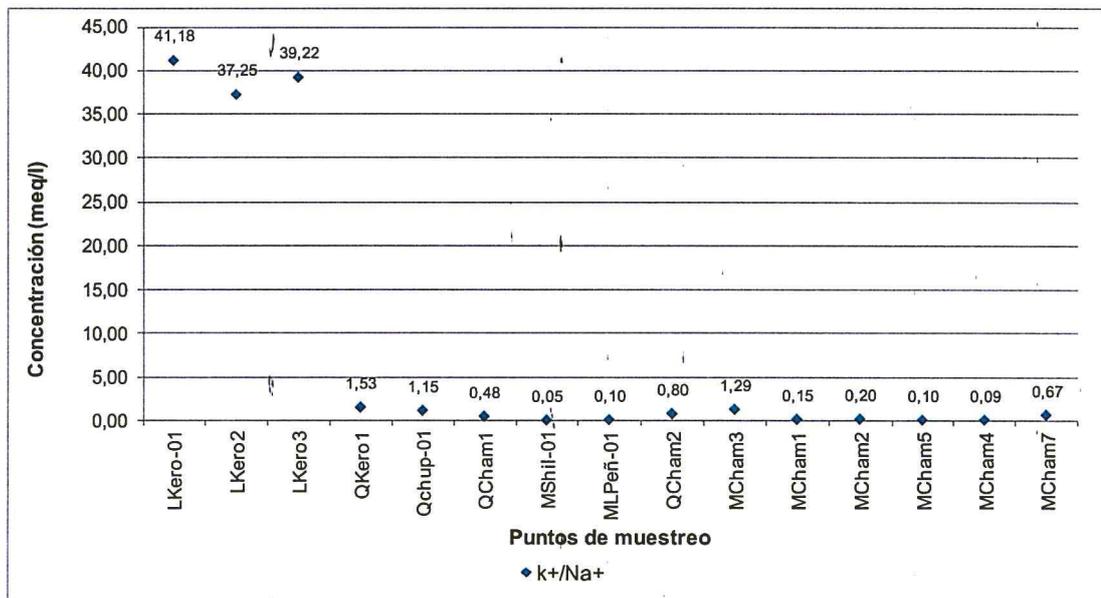


Figura 10-21. Relación K⁺/Na⁺ en los puntos de muestreo de la zona IV

Handwritten signature

d. Composición iónica (aniones y cationes)

268. En la Figura 10-22, se muestra la concentración relativa de los principales cationes presentes en los puntos de muestreo de la zona I, en ella se apreció una amplia predominancia del catión Ca^{2+} ; sobre Mg^{2+} , $\text{Na}+\text{K}$, evidenciándose como tal la naturaleza cálcica de los tramos evaluados de los diferentes cuerpos de agua que conforman esta zona.

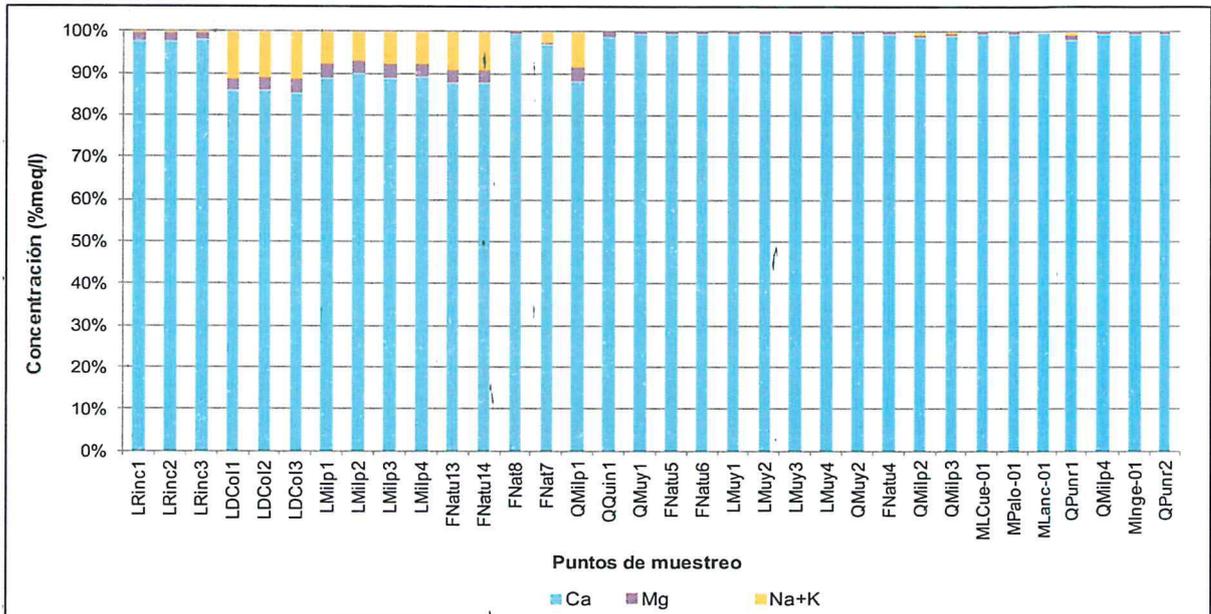


Figura 10-22. Concentración relativa de los principales cationes presentes en la zona I

269. En la Figura 10-23, se muestra la concentración relativa de los principales aniones presentes en los 34 puntos de muestreo de la zona I, dentro de los cuales 12 puntos presentaron la predominancia del anión SO_4^- , siendo estos puntos los que se ubican en las lagunas Rinconada, Milpo y Dos Colores; el punto FNat7 y el punto QPunr1 (quebrada Punre). Por último, en los 24 puntos restantes fue predominante el anión HCO_3^- , sobre el resto de aniones.

8
1
3
ST
Y



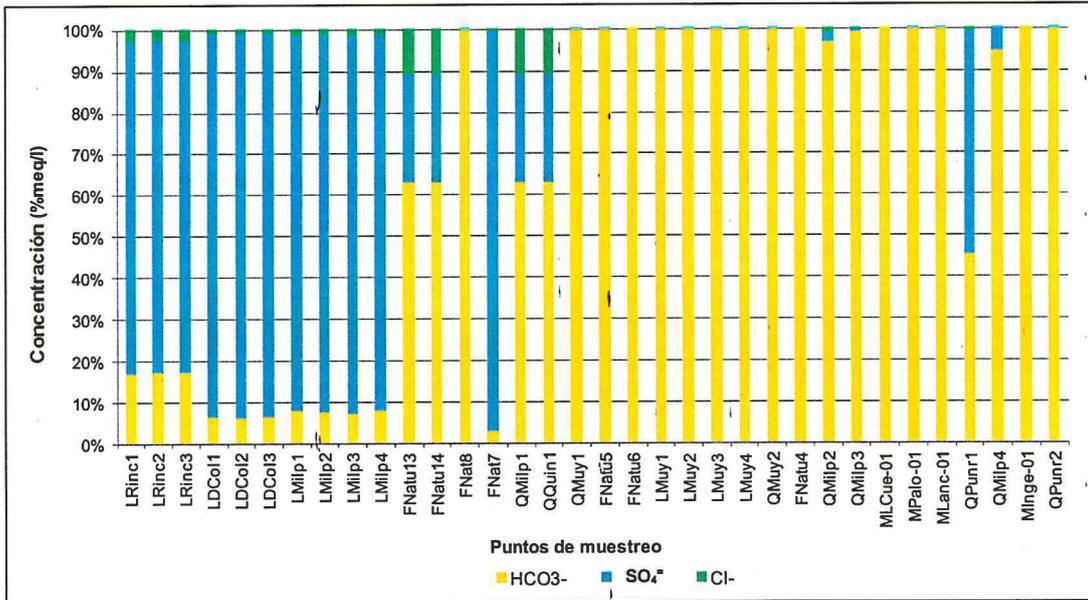


Figura 10-23. Concentración relativa de los principales aniones presentes en la zona I

270. En la Figura 10-24, se presenta la concentración relativa de los principales cationes presentes en los puntos de muestreo de la zona II, en ella se apreció una amplia predominancia del catión Ca^{2+} , sobre Mg^{2+} , $Na^{+}+K^{+}$, evidenciándose como tal la naturaleza cálcica de los tramos evaluados de los diferentes cuerpos de agua que conforman esta zona.

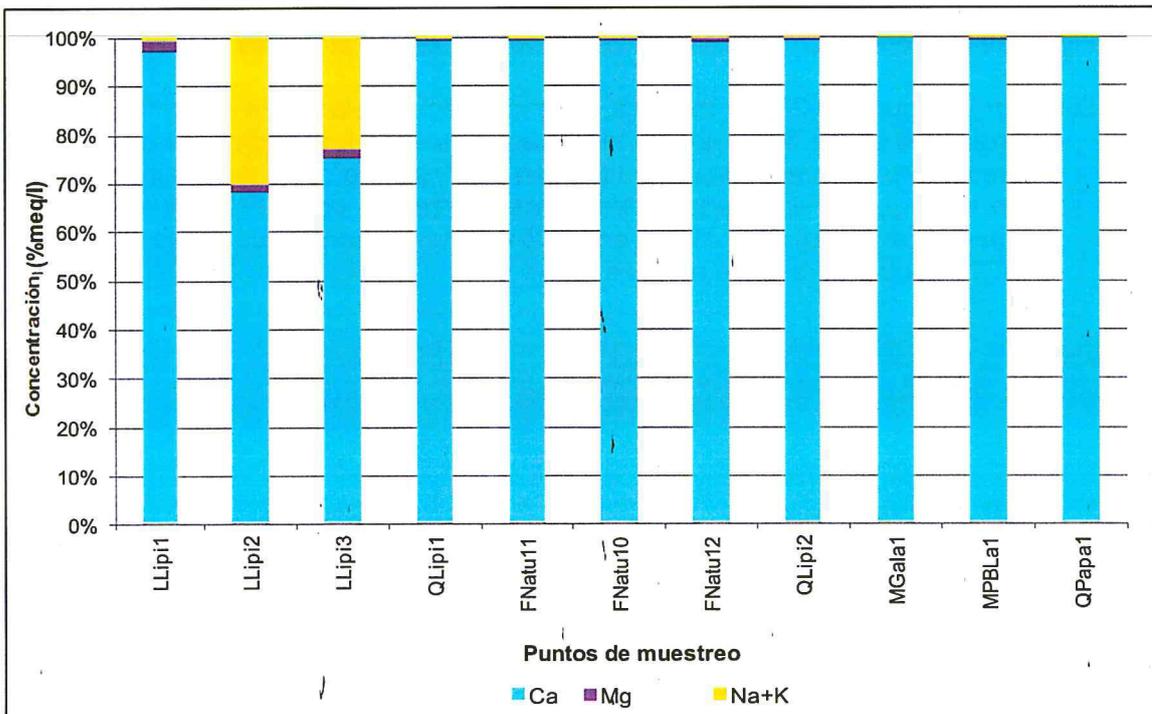


Figura 10-24. Concentración relativa de los principales cationes presentes en la zona II



Handwritten signature in blue ink.

271. En la Figura 10-25, se muestra la concentración relativa de los principales aniones presentes en los 11 puntos de muestreo de la zona II, evidenciándose la predominancia del anión HCO_3^- , sobre el resto de aniones.

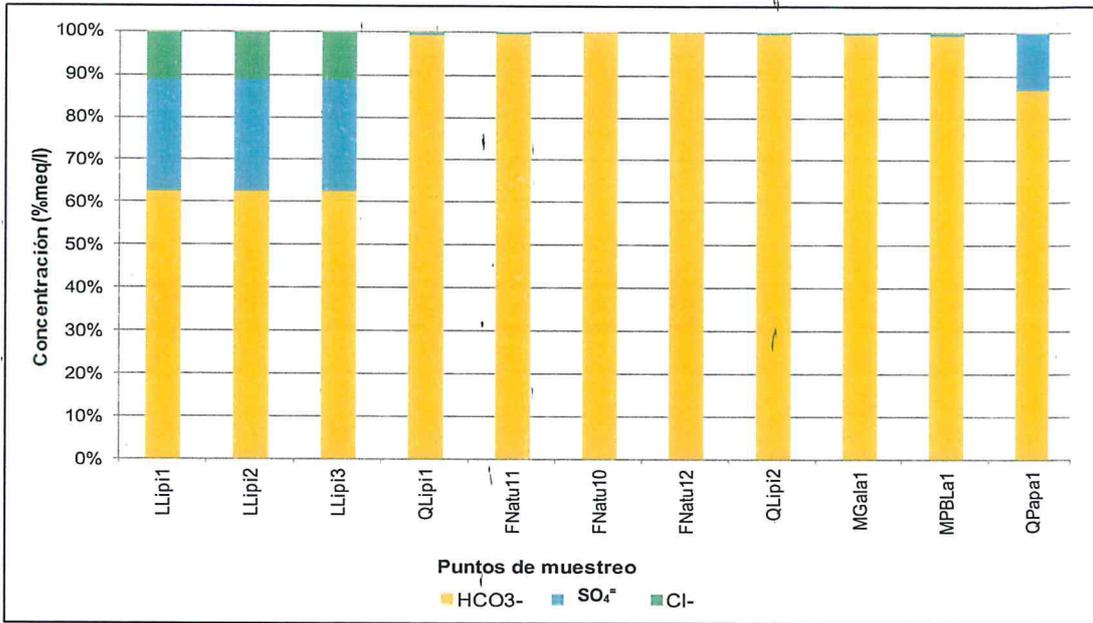


Figura 10-25. Concentración relativa de los principales aniones presentes en la zona II

272. En la Figura 10-26, se muestra la concentración relativa de los principales cationes presentes en los puntos de muestreo de la zona III, evidenciándose así la naturaleza cálcica de los tramos evaluados de los diferentes cuerpos de agua que conforman esta zona debido a la amplia predominancia del catión Ca^{2+} , sobre Mg^{2+} , $\text{Na}+\text{K}$.

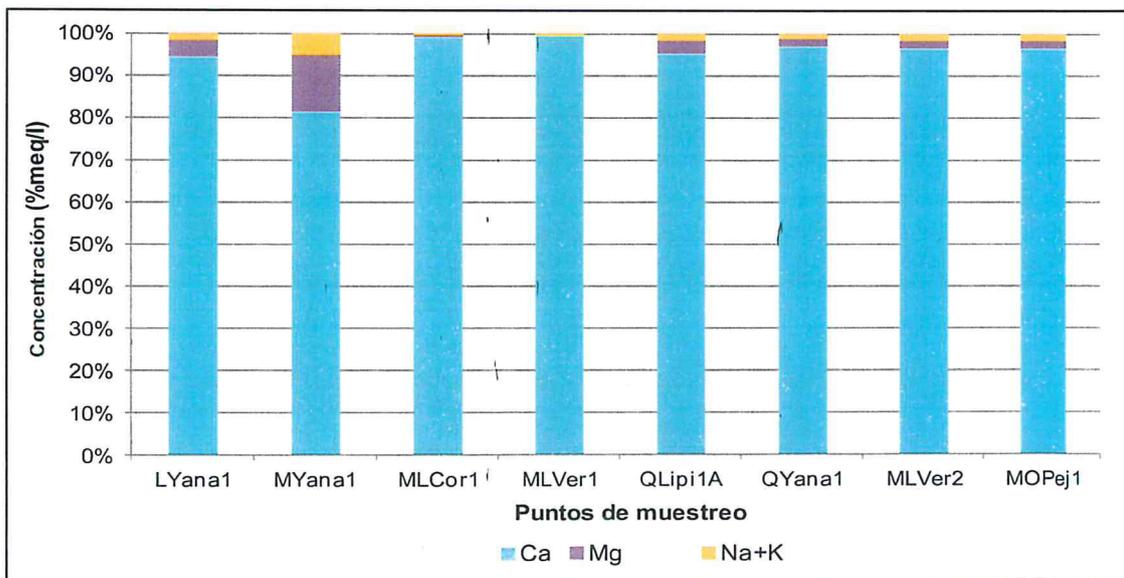


Figura 10-26. Concentración relativa de los principales cationes presentes en la zona III



Handwritten signature or initials in blue ink.

273. En la Figura 10-27, se muestra la concentración relativa de los principales aniones presentes en los ocho puntos de muestreo de la zona III, dentro de los cuales ocho puntos presentaron la predominancia del anión SO_4^{2-} , siendo estos puntos los que se ubican en la laguna Yanacocha; el punto MYana1 y los puntos QLipi1A (quebrada Lipiac) y QYana1 (quebrada Yanacocha). Por último en los cuatro puntos restantes fue predominante el anión HCO_3^- , sobre el resto de aniones.

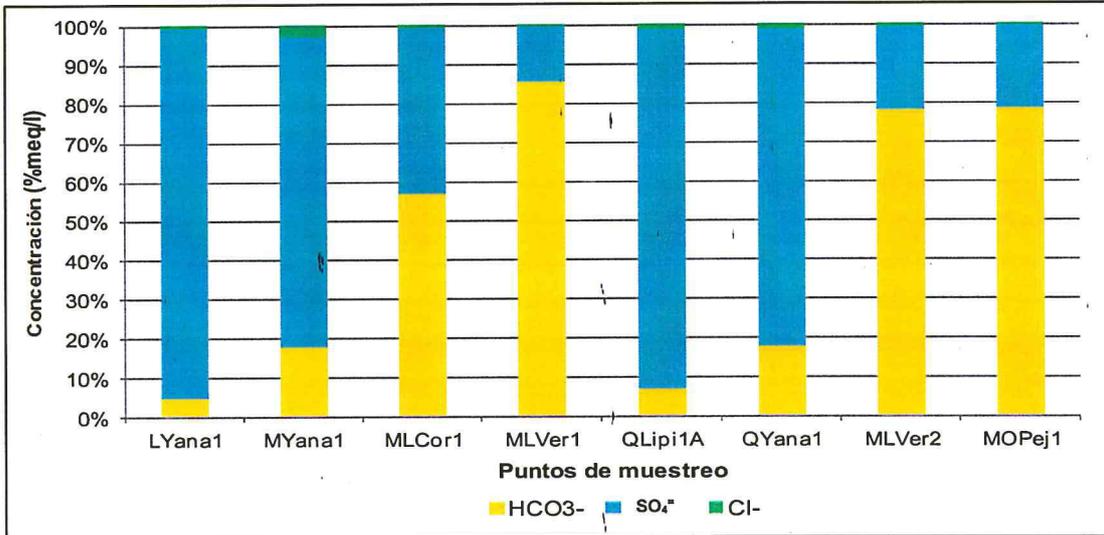


Figura 10-27. Concentración relativa de los principales aniones presentes en la zona III

274. En la Figura 10-28, se muestra la concentración relativa de los principales iones presentes en los 45 puntos de muestreo pertenecientes a las zonas I y II, en 26 puntos predominó el anión HCO_3^- , mientras que en los 19 puntos restantes predominó el SO_4^{2-} . Por otro lado el catión Ca^{2+} , fue el que prevaleció en estas dos zonas, seguido de la suma de $Na+K$ sobre los demás cationes.

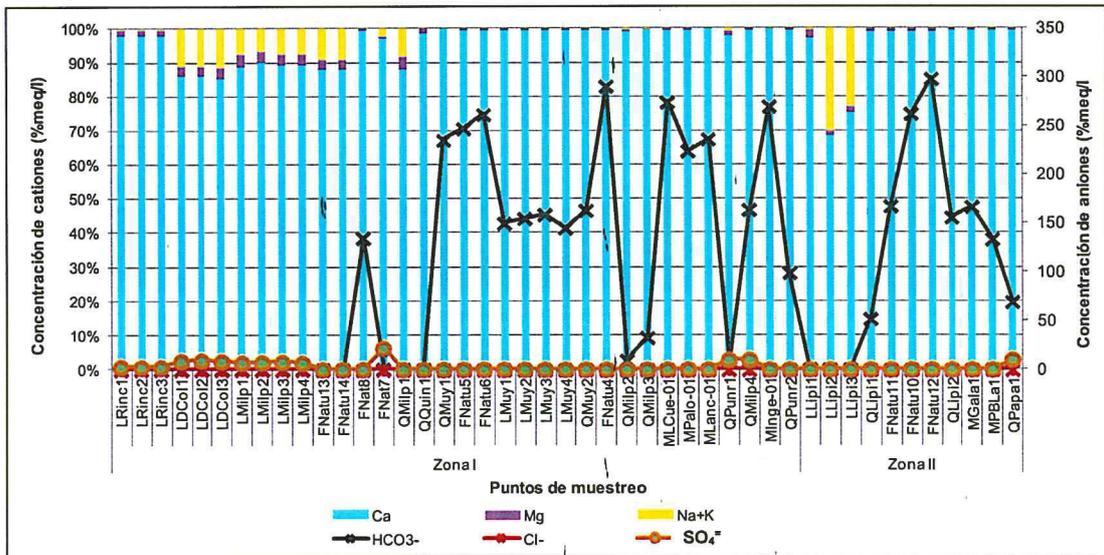


Figura 10-28. Concentración relativa de los principales aniones y cationes presentes en las zonas I y II.



Handwritten signature in blue ink.

275. En la Figura 10-29, se muestra la concentración relativa de los principales iones presentes en los 23 puntos de muestreo pertenecientes a las zonas III y IV, en 10 puntos predominó el anión HCO_3^- , mientras que en los 13 puntos restantes predominó el $\text{SO}_4^{=}$. Por otro lado el catión Ca^{2+} , fue el que prevaleció en estas dos zonas sobre los demás cationes.

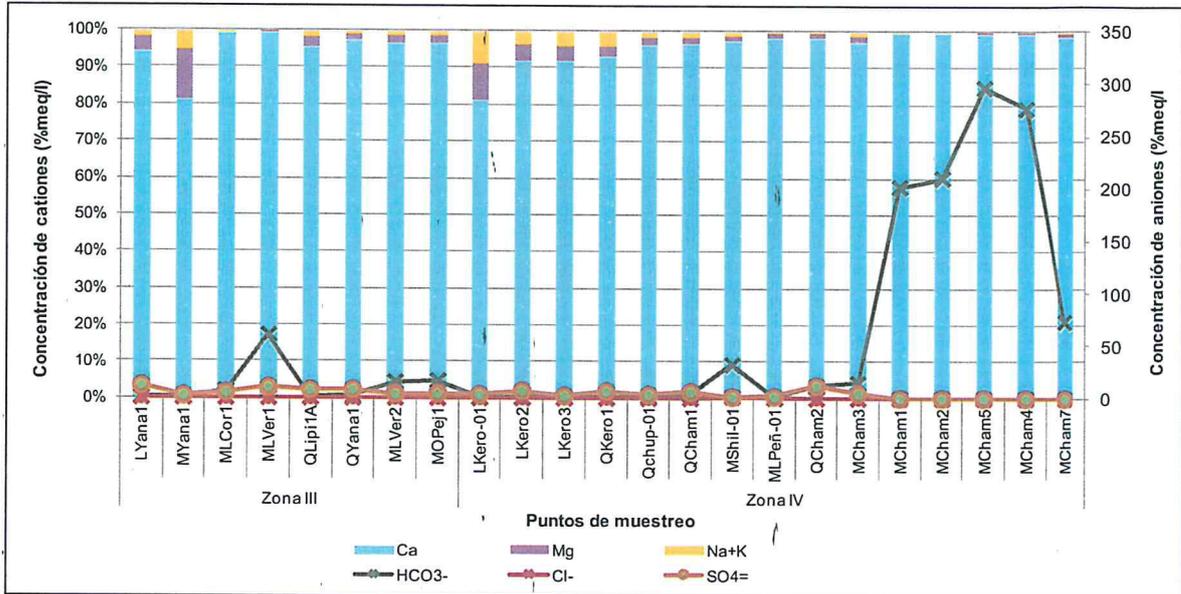


Figura 10-29. Concentración relativa de los principales aniones y cationes presentes en las zonas III y IV.

276. En la Figura 10-30, se muestra la concentración relativa de los principales cationes presentes en los puntos de muestreo de la zona IV, evidenciándose la naturaleza cálcica de los tramos evaluados de los diferentes cuerpos de agua que conforman esta zona, debido a la amplia predominancia del catión Ca^{2+} , sobre Mg^{2+} , $\text{Na}+\text{K}$.



Handwritten signature in blue ink.

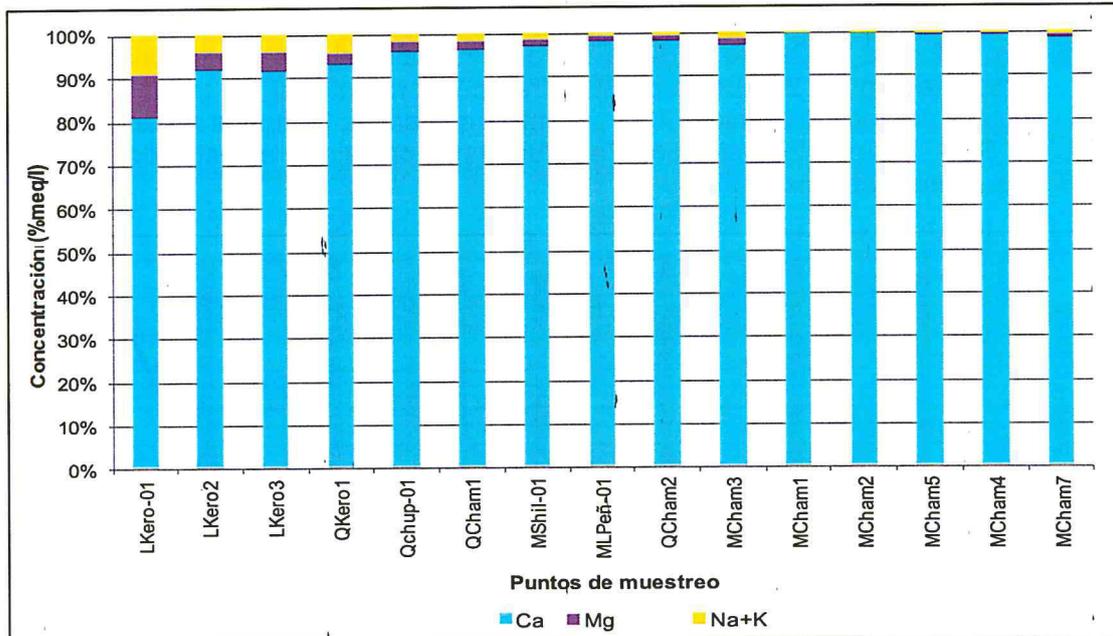


Figura 10-30. Concentración relativa de los principales cationes presentes en la zona IV

277. En la Figura 10-31, se muestra la concentración relativa de los principales aniones presentes en los 15 puntos de muestreo de la zona III, en 8 puntos predominó el anión SO_4^{2-} , siendo los puntos ubicados en la laguna Kerosene (LKero-01, LKero2 y LKero3); el punto denominado MLPeñ y los puntos QKero1 (quebrada Kerosene), QChup-01, QCham1 y QCham2 (quebrada Chamcas). Por último, en los 7 puntos restantes (manantiales) predominó el anión HCO_3^- , sobre el resto de aniones.

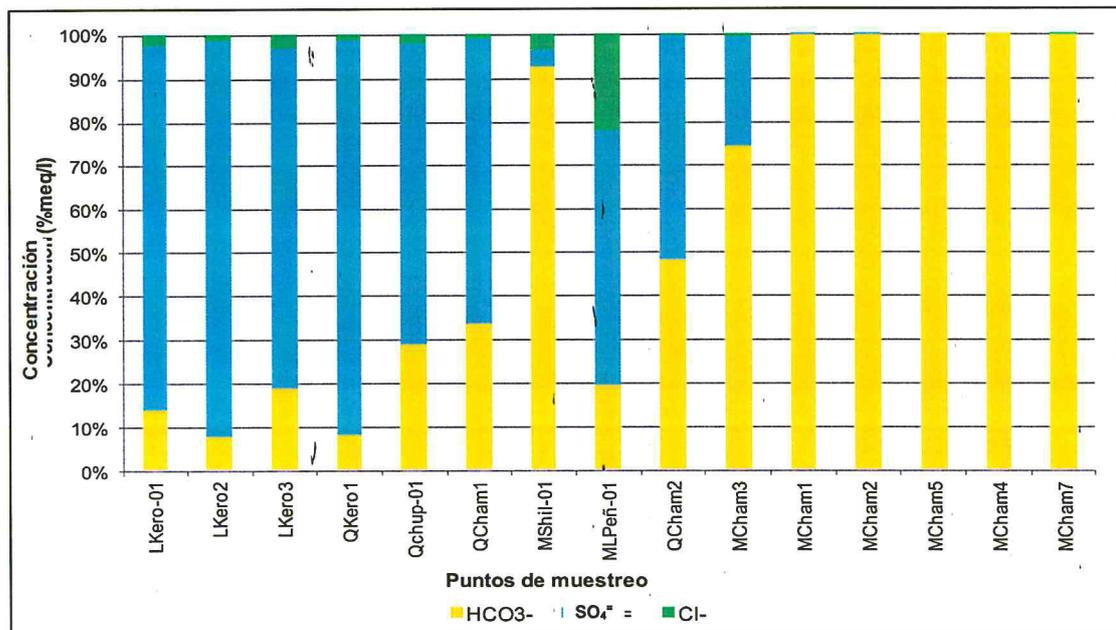


Figura 10-31. Concentración relativa de los principales aniones presentes en la zona IV



[Handwritten signature]

10.1.3.2. Diagramas Piper

278. En forma complementaria, se presenta a continuación una caracterización de la composición de los cuerpos de agua evaluados en función de sus cationes y aniones mayores utilizando diagramas de Piper.

Zonas I y II

279. El diagrama de Piper (Figura 10-32), muestra quebradas y lagunas evaluadas pertenecientes a las zonas I y II. En total suman 29 puntos de muestreo pertenecientes a 5 lagunas y 6 quebradas.

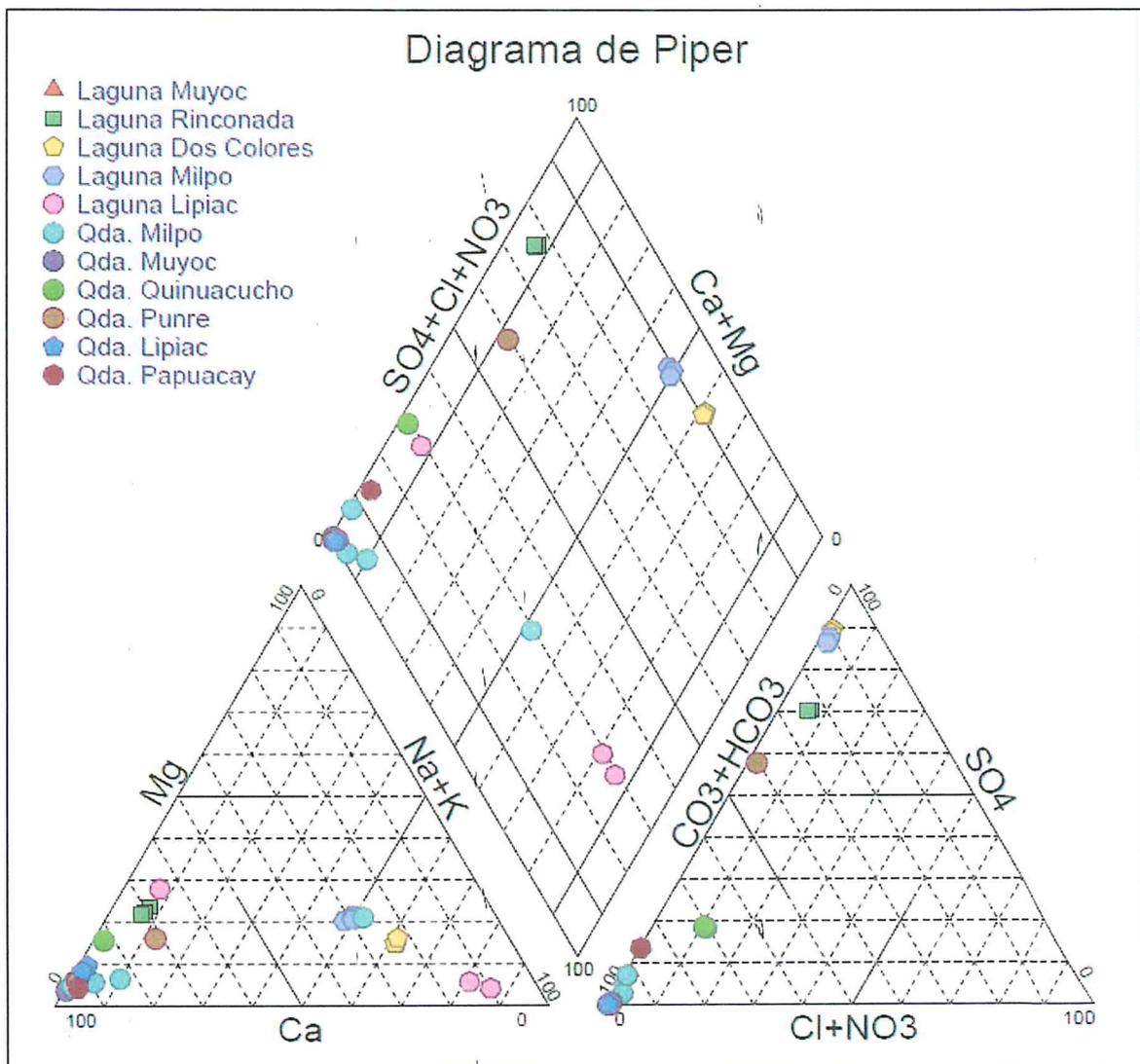


Figura 10-32. Diagrama de Piper en los puntos de muestreo (lagunas y quebradas), pertenecientes a las zonas I y II



Handwritten signature and initials in blue ink.

280. Como resultado de lo que se expone en la Figura 10-32, se obtuvo la clasificación química de los cuerpos de agua evaluados, los mismos que se detallan en la Tabla 10-9.

Tabla 10-9. Clasificación química del agua (lagunas y quebradas) de las zonas I y II

Zona	Punto de muestreo	Tipo de agua
I	LRinc1	Sulfatada cálcica
	LRinc2	
	LRinc3	
	QPunr1	
	LMilp1	Sulfatada cálcica - magnésica
	LMilp2	
	LMilp3	
	LMilp4	
	LDCol1	Sulfatada sódica
	LDCol2	
	LDCol3	
	QMilp1	Bicarbonatada sódica - potásica
	QQuin1	Bicarbonatada cálcica
	QMilp2	
	QMilp3	
	QMilp4	
	QPunr2	
	QMuy1	
	QMuy2	
LMuy1		
LMuy2		
LMuy3		
LMuy4		
II	LLipi1	
	QLipi1	
	QLipi2	
	QPapa1	
	LLipi2	
	LLipi3	



Handwritten signature and initials in blue ink.

281. Como se aprecia en la Tabla 10-9, con los resultados obtenidos del diagrama de Piper, se evaluaron 23 puntos (lagunas y quebradas) en la zona I, presentando 5 tipos químicos de agua sulfatada cálcica (laguna Rinconada y el punto QPunr1); sulfatada cálcica – magnésica (laguna Milpo); sulfatada sódica (laguna Dos colores); bicarbonatada sódica – potásica (QMilp1) y bicarbonatada cálcica (laguna Muyoc; tramos evaluados de las quebradas Quinuacucho y Muyoc; y los puntos QMilp2, QMilp3, QMilp4 y QPunr2). Por otro lado en la zona II, se evaluaron 6 puntos (lagunas y quebradas), presentando 2 facies hidroquímicas, siendo, bicarbonatada cálcica (tramos evaluados de las quebradas Lipiac y Papahuay; y el punto LLipi1) y bicarbonatada sódica – potásica (puntos LLipi2 y LLipi3).

282. En la Figura 10-33, se aprecia el diagrama de Piper para los manantiales evaluados pertenecientes a las zonas I y II. En total suman 16 puntos de muestreo pertenecientes 16 manantiales.

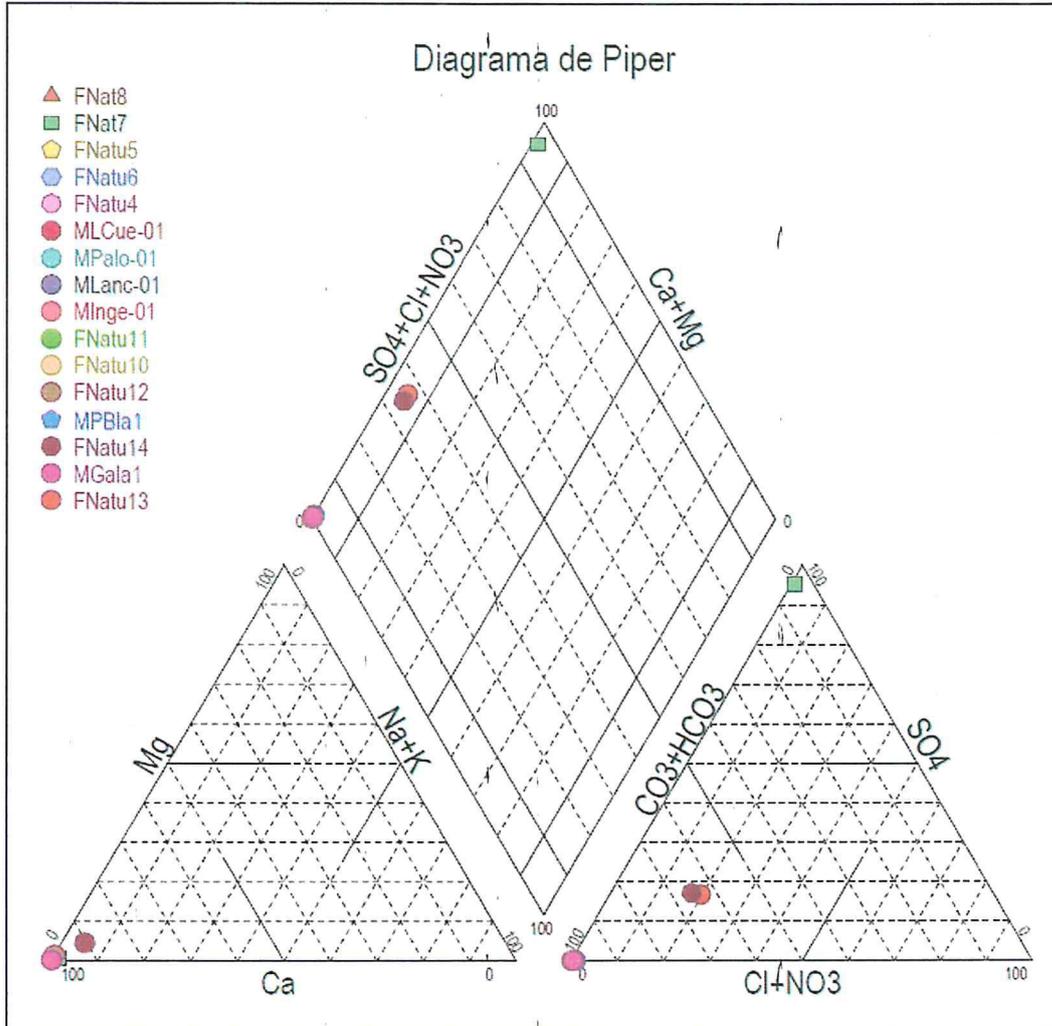


Figura 10-33. Diagrama de Piper en los puntos de muestreo (manantiales), pertenecientes a las zonas I y II

283. Como resultado de lo que se expone en la Figura 10-33, se obtuvo la clasificación hidroquímica de los cuerpos de agua evaluados, los mismos que se detallan en la Tabla 10-10.

Tabla 10-10. Clasificación química del agua (manantiales) de las zonas I y II

Zona	Punto de muestreo	Tipo de agua
I	FNat7	Sulfatada cálcica
	FNatu13	Bicarbonatada cálcica
	FNatu14	
	FNat8	
	FNatu5	
	FNatu6	
	FNatu4	
	MLCue-01	



[Handwritten signatures and initials in blue ink]



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Zona	Punto de muestreo	Tipo de agua
	MPalo-01	
	MLanc-01	
	MInge-01	
II	FNatu11	
	FNatu10	
	FNatu12	
	MGala1	
	MPBLa1	

284. Como se observa en la Tabla 10-10, con los resultados obtenidos del diagrama de Piper, se evaluaron 11 puntos (manantiales) en la zona I, presentando 2 tipos químicos de agua, sulfatada cálcica (punto FNat7) y bicarbonatada cálcica (puntos FNatu13, FNatu14, FNat8, FNatu5, FNatu6, FNatu4, MLCue-01, MPalo-01, MLanc-01 y MInge-01). Por otro lado; en la zona II, se evaluaron 5 puntos (manantiales), presentando 1 facie hidroquímica bicarbonatada cálcica (puntos FNatu11, FNatu10, FNatu12, MGala1 y MPBLa1).

Zonas III y IV

285. El diagrama de Piper (Figura 10-34), muestra las quebradas y lagunas evaluadas pertenecientes a las zonas III y IV. En total suman diez puntos de muestreo pertenecientes a dos lagunas y cinco quebradas.



Handwritten notes: 1, 8, 2, SA, Y

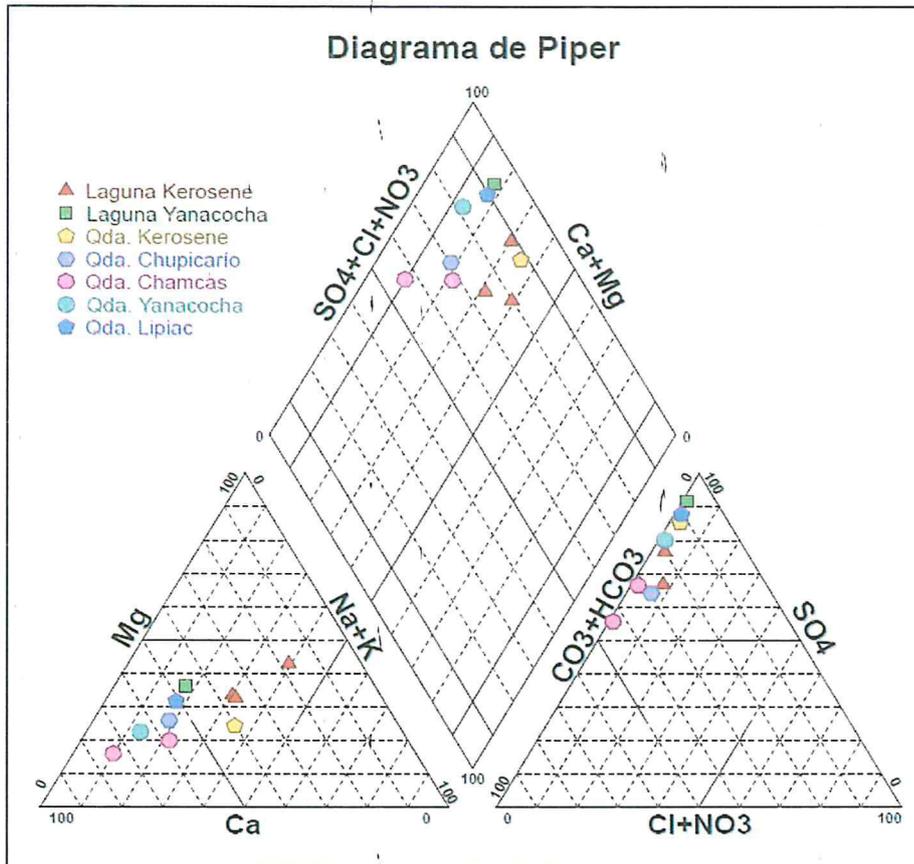


Figura 10-34. Diagrama de Piper en los puntos de muestreo (lagunas y quebradas), pertenecientes a las zonas III y IV

286. Como resultado de lo que se expone en la Figura 10-34, se obtuvo la clasificación química de los cuerpos de agua evaluados, los mismos que se detallan en la Tabla 10-11.

Tabla 10-11. Clasificación química del agua (lagunas y quebradas) de las zonas III y IV

Zona	Punto de muestreo	Tipo de agua
III	QYana1	Sulfatada cálcica
	QLipi1A	
	LYana1	Sulfatada cálcica - magnésica
IV	LKero2	Sulfatada magnésica - sódica
	LKero3	
	LKero-01	Sulfatada cálcica - sódica
	QKero1	Sulfatada cálcica
	QChup-01	
	QCham1	
QCham2		



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin.

287. Como se aprecia en la Tabla 10-11, con los resultados obtenidos del diagrama de Piper, en la zona III se evaluaron tres puntos (quebradas y lagunas), presentando dos tipos químicos de agua sulfatada cálcica (tramos evaluados de las quebradas Yanacocha y Lipiad) y sulfatada cálcica – magnésica (laguna Yanacocha). Por otro lado, en la zona IV, se evaluaron siete puntos (quebradas y lagunas), presentando cuatro facies hidroquímicas, siendo, sulfatada cálcica – magnésica (puntos LKero2 y LKero3); sulfatada magnésica – sódica (LKero-01); sulfatada cálcica – sódica (tramo evaluado de la quebrada Kerosene) y sulfatada cálcica (tramos evaluados de las quebradas Chupicario y Chamcas).
288. En la Figura 10-35, se aprecia el diagrama de Piper para los manantiales evaluados pertenecientes a las zonas III y IV. En total suman 13 puntos de muestreo pertenecientes 13 manantiales.



Handwritten signature in blue ink.

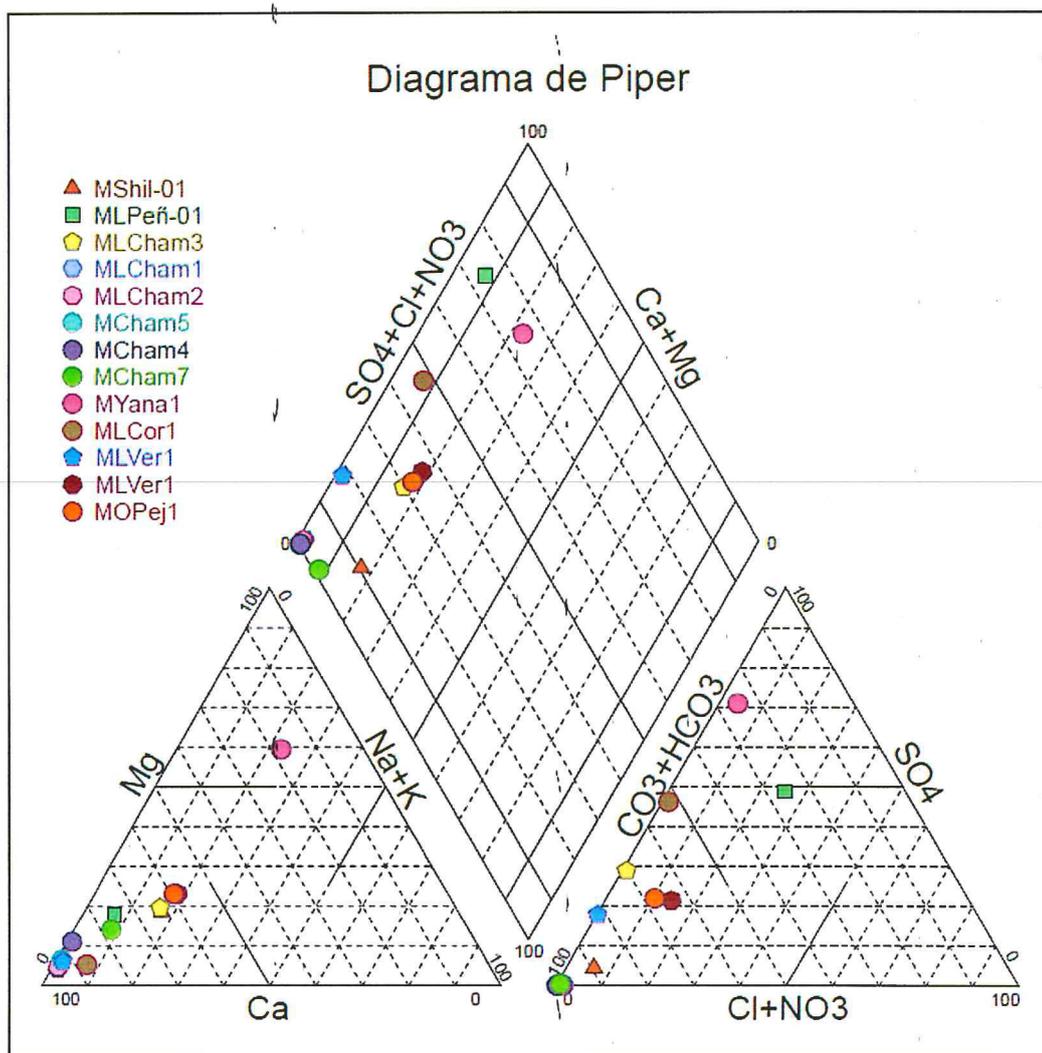


Figura 10-35. Diagrama de Piper en los puntos de muestreo (manantiales), pertenecientes a las zonas III y IV

289. Como resultado de lo que se expone en la Figura 10-35, se obtuvo la clasificación hidroquímica de los cuerpos de agua evaluados, los mismos que se detallan en la Tabla 10-12.

**Tabla 10-12.** Clasificación química del agua (manantiales) de las zonas III y IV

Zona	Punto de muestreo	Tipo de agua
III	MYana1	Bicarbonatada cálcica
	MLCor1	
	MLVer1	
	MLVer2	
	MOPej1	
IV	MShil-01	
	MCham3	
	MCham1	
	MCham5	
	MCham4	
	MCham7	
	MCham2	Sulfatada magnésica
MLPeñ-01	Bicarbonatada - sulfatada - clorurada - cálcica	

290. Como se observa en la Tabla 10-12, con los resultados obtenidos del diagrama de Piper, se evaluaron cinco puntos (manantiales) en la zona III, presentando un tipo químicos de agua, bicarbonatada cálcica (MYana1, MLCor1, MLVer1, MLVer2 y MOPej1). Por otro lado, en la zona IV, se evaluaron ocho puntos (manantiales), presentando tres facies hidroquímicas bicarbonatada cálcica (MShil-01, MCham3, MCham1, MCham5, MCham4 y MCham7); sulfatada magnésica (MCham2) y bicarbonatada-sulfatada-clorurada-cálcica (MLPeñ-01).

10.1.3.3. Diagramas de Stiff

291. De acuerdo a la Figura 10-36a y 10-36b, se muestran los cuerpos de agua con los siguientes rangos de mineralización, en base a las concentraciones de los iones SO_4^- , HCO_3^- , Ca^{2+} y/o Mg^{2+} , lo que es mostrado en los mapas hidroquímicos de los puntos de muestreo evaluados en la zona II, ver Figura 10-37 y 10-38 (para mayor detalle de los mapas hidroquímicos ver anexo B7).

- 0 a 1 meq/L: Lagunas Rinconada, Dos Colores y Milpo, los manantiales FNat7, FNat13 y FNat14 (con predominancia del ion SO_4^-), LLipi2 y LLipi3 (con predominancia del ion Cl^-), QPunr1 (con predominancias de los iones Ca^{2+} y SO_4^-) y LLipi1, el tramo de la quebrada Lipiac y los puntos QMilp1, QMilp2 y QMilp3 (con predominancias de los iones Ca^{2+} y HCO_3^-).
- >1 a 5 meq/L: Laguna Muyoc, quebradas Papacuay y Muyoc, los puntos QMilp4, QPunr2 y QLipi2, y los puntos FNatu6, FNat8, FNatu4, MLCue-01, MPalo-01, MLanc-01, MGala1, MPBla1, FNatu10, FNatu11, FNatu12 y MInge-01 (con predominancias de los iones Ca^{2+} y HCO_3^-).

292. Por ultimo en la Figura 10-39, se muestran los cuerpos de agua con los siguientes rangos de mineralización, en base a las concentraciones de los iones SO_4^- , HCO_3^- , Ca^{2+} y/o Mg^{2+} , lo que es mostrado en los mapas hidroquímicos de los puntos de



Handwritten signature and initials in blue ink.



muestreo evaluados en las zonas III y IV, ver Figura 10-40 y 10-41 (para mayor detalle de los mapas hidroquímicos ver anexo B7):

- 0 a 1 meq/L: Lagunas Kerosene y Yanacocha; y las quebradas Kerosene y Lipiac A (con predominancia del ion SO_4^-), tramo de la quebradas Chupicario y Yanacocha, el punto QCham1; y el manantial MLCor1 (con predominancias de los iones Ca^{2+} y SO_4^-), los manantiales MShil-01, MCham3, MLCor1, MLVer2 y MOpej1 (con predominancias de los iones Ca^{2+} y HCO_3^-), el manantiales MLPeñ-01 (con predominancia del ion Ca^{2+}) y el punto QCham2 (con predominancias de los iones SO_4^- , Ca^{2+} y HCO_3^-)
- >1 a 5 meq/L: los manantiales MCham1, MCham2, MCham4, MCham5 y MCham7 ubicados en el caserío de Chamcas (con predominancias de los iones Ca^{2+} y HCO_3^-).



l
8
f
a
87
r



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

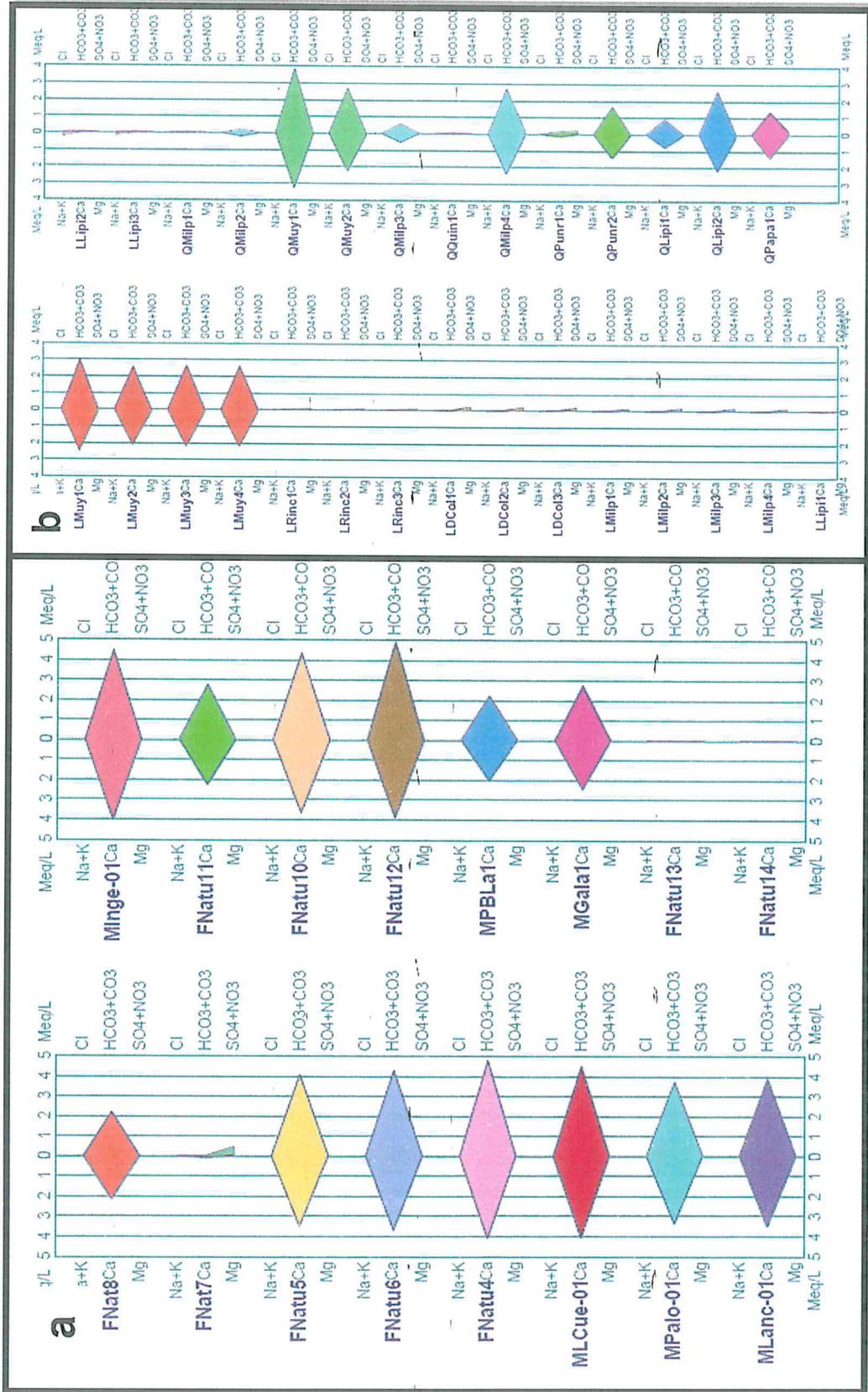


Figura 10-36. Diagramas de Stiff de: a) Manantiales y b) lagunas y quebradas de las zonas I y II



Handwritten signature



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

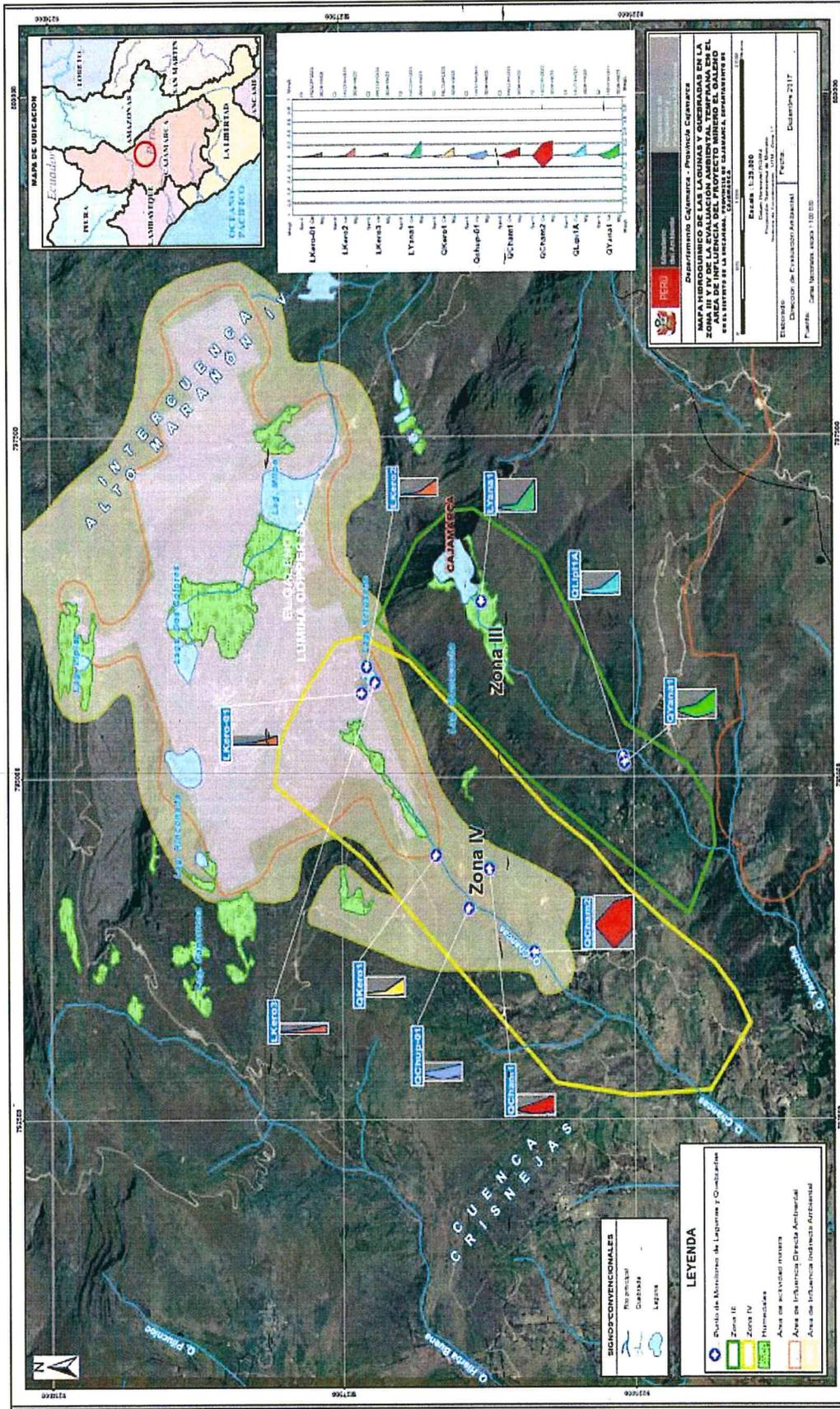


Figura 10-37. Mapa hidroquímico de las lagunas y quebradas de las zonas I y II

Av. Faustino Sánchez Cerro N° 603
 Jesús María - Lima, Perú
 Telf: (011) 204-9600

www.oeffa.gob.pe



18/07/17



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



Handwritten signature in blue ink

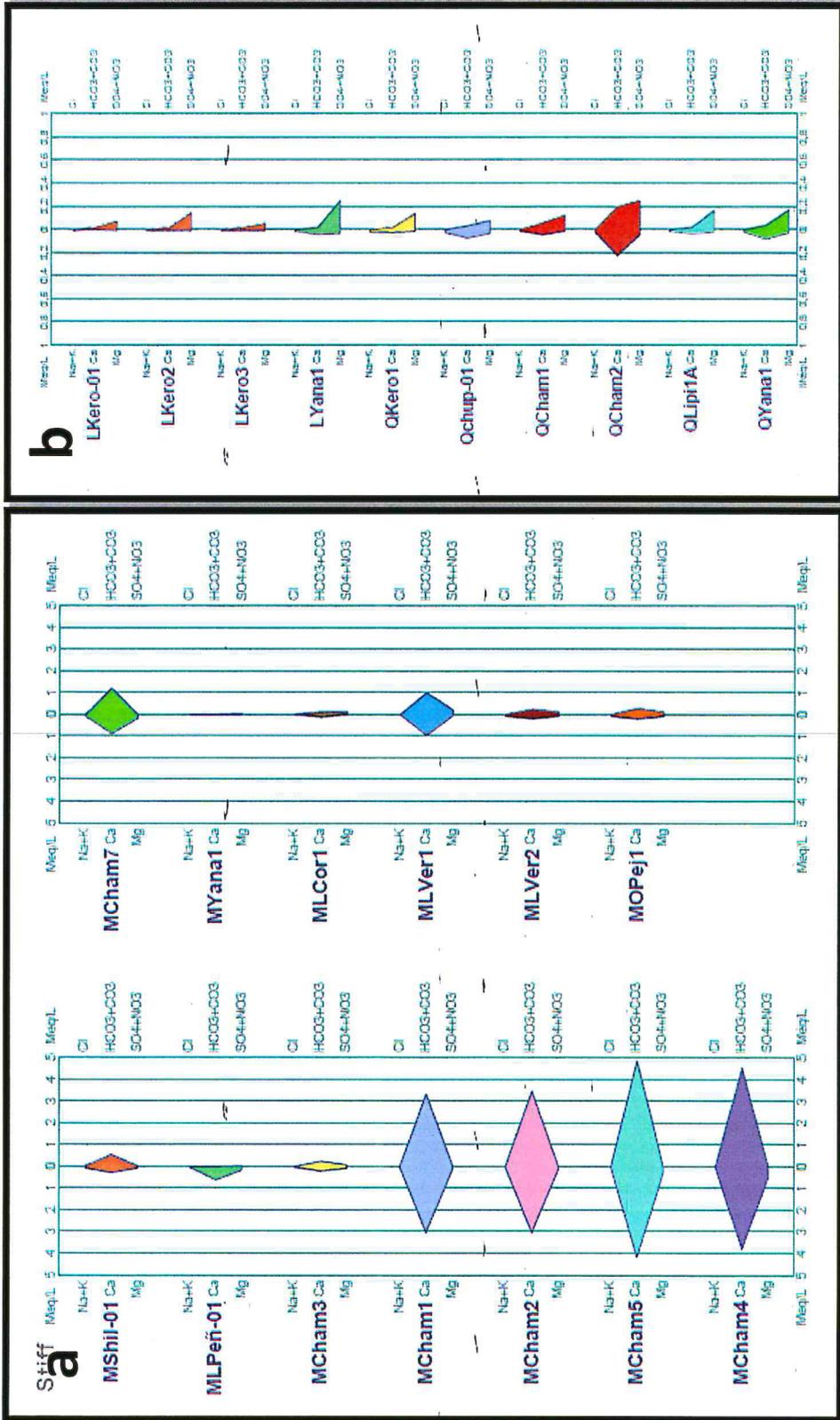


Figura 10-39. Diagramas de Stiff de: a) Manantiales y b) lagunas y quebradas de las zonas III y IV



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

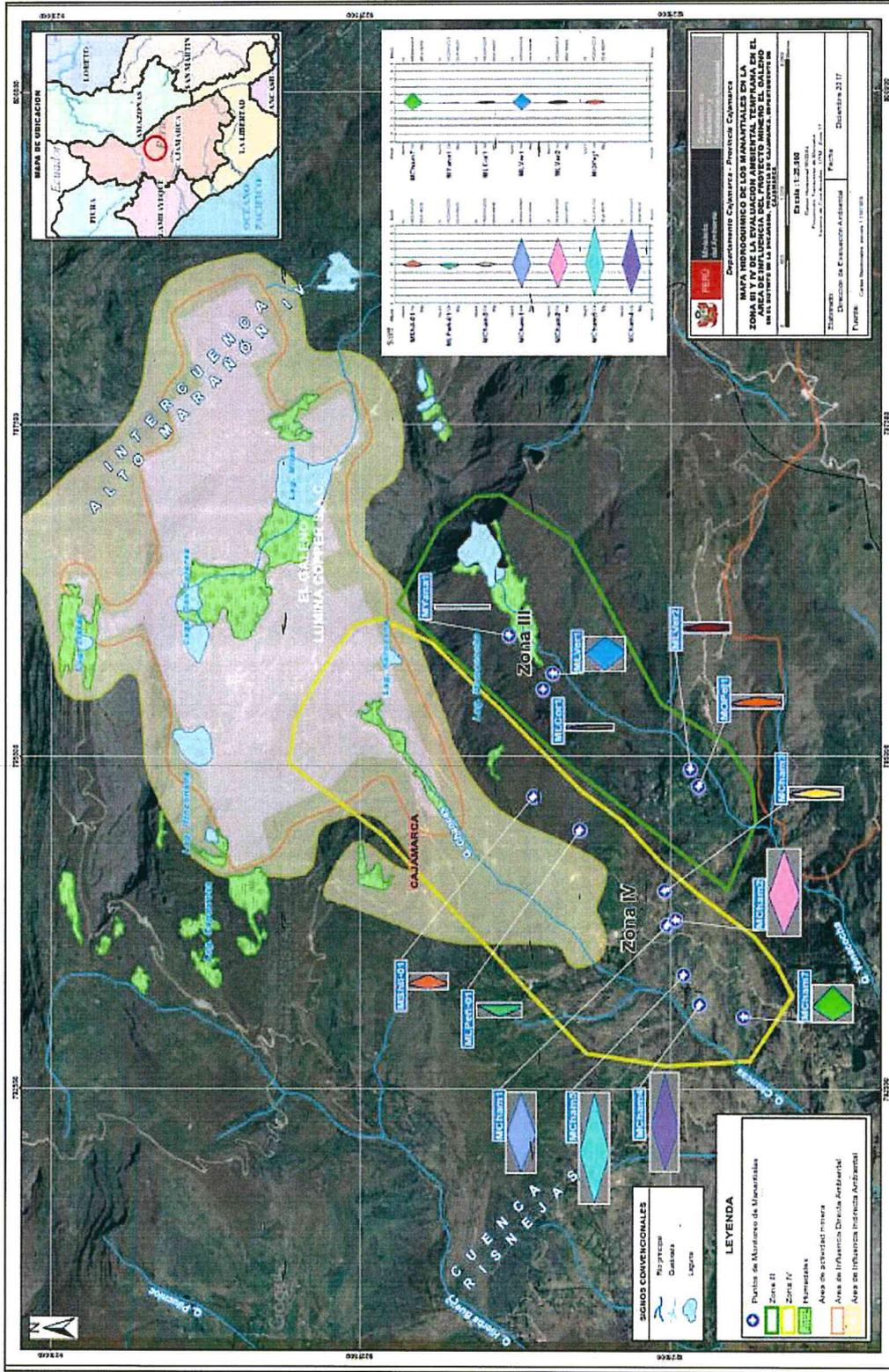


Figura 10-41. Mapa hidroquímico de los manantiales de las zonas III y IV

Av. Faustino Sánchez Cerón N° 603
Jesus Maria - Lima, Perú
Tel: (511) 204 9800

www.oeffa.oe.gob.pe



[Handwritten signature]



10.2. Comunidades Hidrobiológicas

293. Se colectaron un total de 19 muestras de plancton, 9 de perifiton y 28 de macroinvertebrados bentónicos. A continuación, se muestran los resultados de las comunidades hidrobiológicas organizados por tipo de cuerpo de agua (quebrada o laguna).

10.2.1. Quebradas

294. Fueron evaluadas nueve quebradas distribuidas en tres de las cuatro zonas de interés en el área de influencia del proyecto minero El Galeno.

a) Zona I

295. En esta zona, fueron evaluadas las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos. Para este fin, se colectaron seis muestras de cada comunidad hidrobiológica en las quebradas Dos Colores (1), Muyoc (2), Milpo (2) y Quinuacucho (1).

a.1) Perifiton

296. Teniendo como base los resultados y para mejorar su entendimiento, el análisis de esta comunidad será realizado por separado para cada uno de sus dos componentes: ficoperifiton o perifiton vegetal y zooperifiton o perifiton animal.

a.1.1) Ficoperifiton

- Composición y riqueza

297. Fueron encontrados un total de 41 taxa de ficoperifiton, distribuidos en 6 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-QMuy2, representado por 22 taxa, mientras que la menor riqueza a los puntos HID-QMuy1 y HID-QMilp2, representado por 6 taxa. El phylum Bacillariophyta presentó la mayor riqueza en todas las quebradas, seguido del phylum Cyanobacteria (ver Figura 10-42).

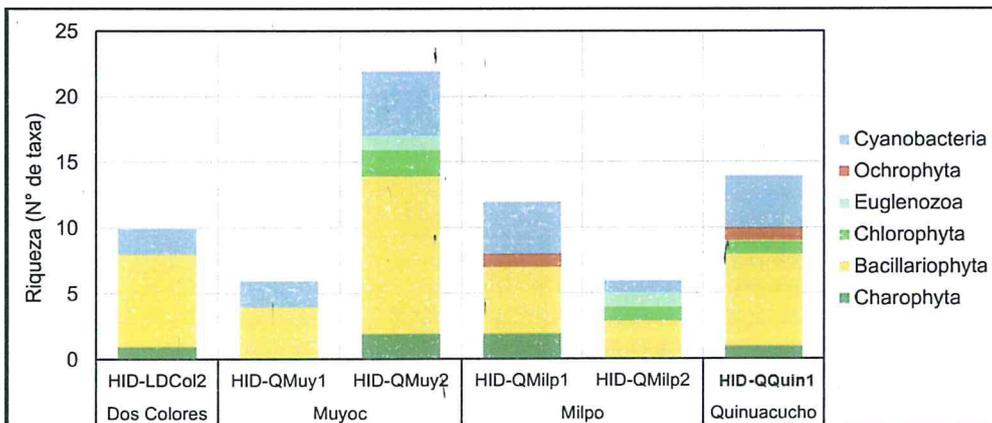


Figura 10-42. Composición y riqueza del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I



Handwritten blue ink signatures and initials on the left margin.

• Abundancia

298. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-QQuin1 ubicado en la quebrada Quinuacucho, representado por 203 500 organismos, en tanto que la menor abundancia correspondió al punto HID-QMilp2, representado por 660 organismos. Se observa una notable diferencia en la abundancia en la quebrada Quinuacucho con respecto al resto de quebradas evaluadas. El phylum Bacillariophyta presentó una mayor abundancia en todos los puntos (ver Figura 10-43).

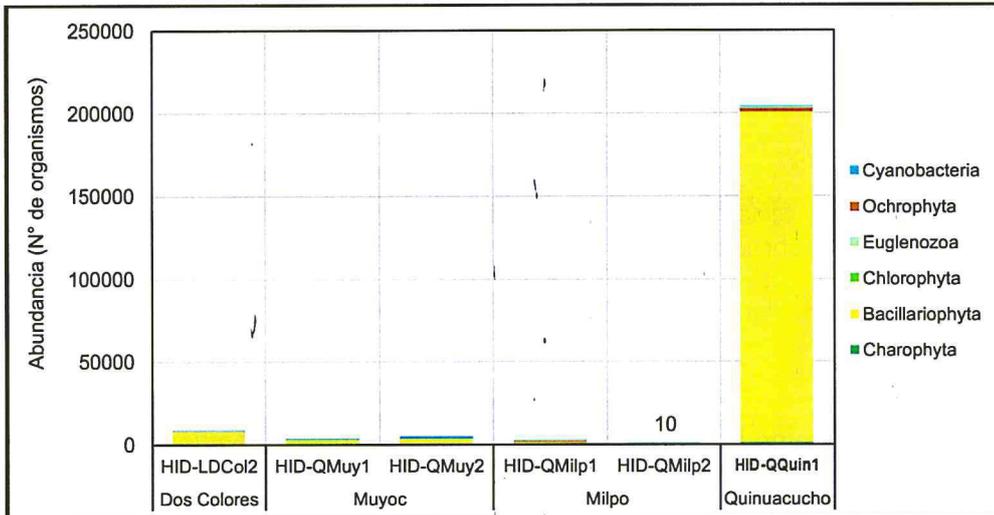


Figura 10-43. Abundancia del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I

• Diversidad alfa

299. Respecto a los índices de diversidad y equidad de Pielou (J'), los mayores valores de los índices se presentaron en el punto HID-QMilp1, mientras que los menores valores en el punto HID-QQuin1 (ver Figura 10-44). De acuerdo con los resultados, los puntos HID-QMuy2 (quebrada Muyoc) y HID-QMilp1 (quebrada Milpo) son los que presentan indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en estos puntos. Por otro lado, se observa una distribución de la abundancia más equitativa en las quebradas Milpo y Muyoc; a diferencia de las quebradas Dos Colores (HID-LDCol2) y Quinuacucho (HID-QQuin1) que presentaron una distribución heterogénea de la abundancia, debido a la dominancia del phylum Bacillariophyta.

[Handwritten signatures and initials in blue ink]

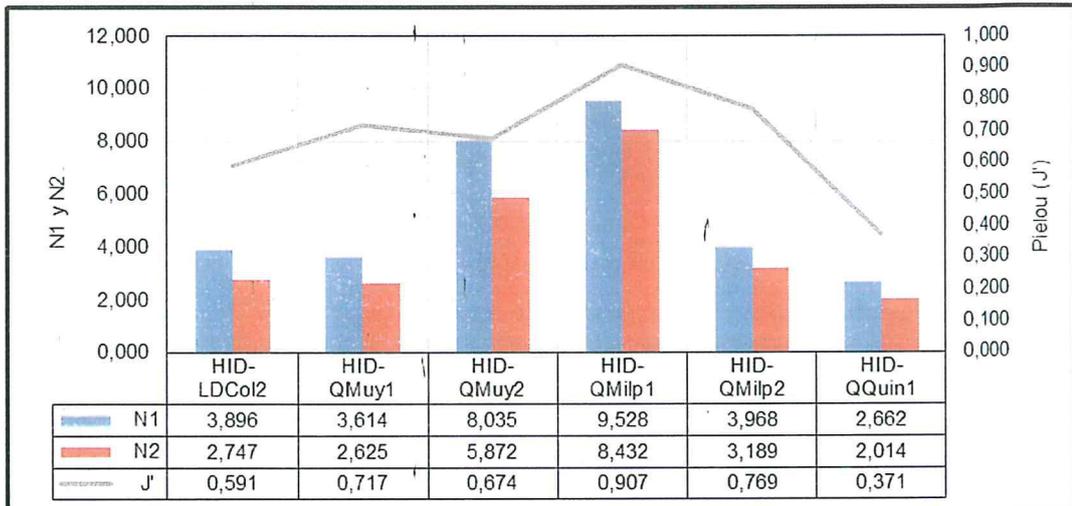


Figura 10-44. Índices de diversidad alfa del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I

- Diversidad beta

300. En la Figura 10-45 se presenta el dendrograma de similitud del ficoperifiton calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se aprecia la formación de dos grupos, el primero de ellos conformado por los puntos ubicados en la quebrada Muyoc (HID-QMuy1 y HID-QMuy2) con una asociación de 54 % lo que demuestra una moderada similitud en las abundancias de los taxa compartidos en el sector anterior y posterior a la laguna Muyoc. El segundo grupo reúne los puntos ubicados en la quebrada Milpo (HID-QMilp1 y HID-QMilp2) y Dos Colores (HID-LDCol2) con un bajo nivel de asociación lo que demuestra una poca cantidad de taxa compartidos, sin embargo se observa una mayor similitud de las abundancias de los taxa entre los puntos ubicados en la quebrada Milpo. Por otro lado, la quebrada Quinuacucho presentó una asociación débil con el resto de puntos debido a la presencia y dominancia de especies exclusivas principalmente del phylum Cyanobacteria.



[Handwritten signature]

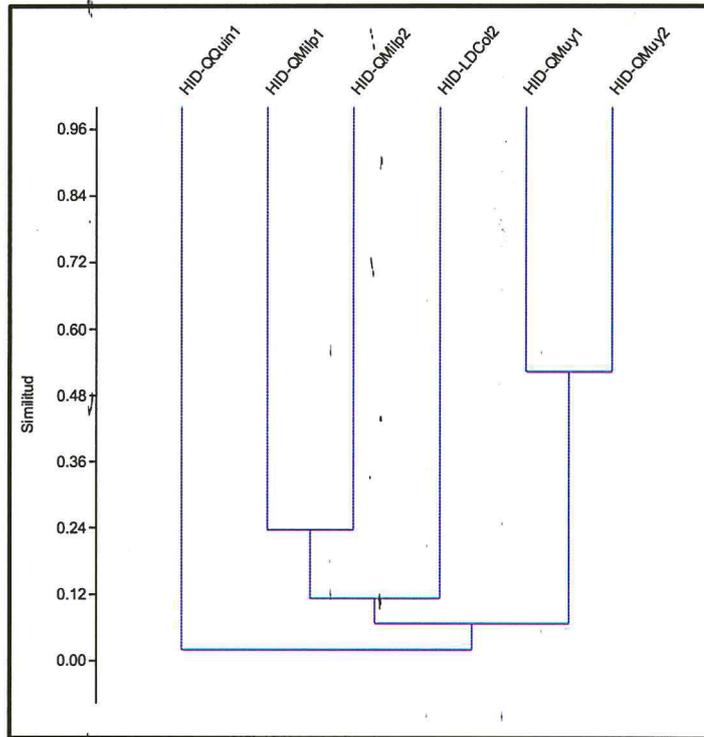


Figura 10-45. Dendrograma de similitud del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I

a.1.2) Zooperifiton

- Composición y riqueza

301. Fueron encontrados un total de seis taxa de zooperifiton, distribuidos en seis puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-QQuin1 (quebrada Qinuacucho), representado por 4 taxa, mientras que no se encontró ningún taxa en el punto HID-QMilp2 (quebrada Milpo). El phylum Protozoa presentó la mayor riqueza en todas las quebradas, con excepción del punto HID-QMuy2 en la quebrada Muyoc donde este phylum tuvo igual presencia que Rotífera y Tardígrada (ver Figura 10-46).



[Handwritten signature]

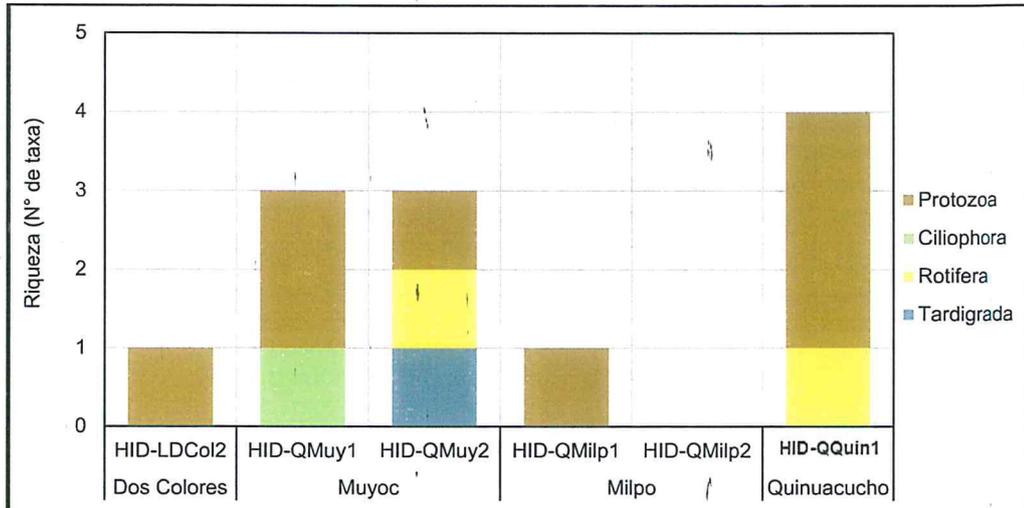


Figura 10-46. Composición y riqueza del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I

- Abundancia

302. Se observó que la mayor abundancia correspondió a la quebrada Quinuacucho (HID-QQuin1), representado por 800 organismos, en tanto que el punto HID-QMilp2 no presentó ninguno. El phylum Protozoa presentó la mayor abundancia en todas las quebradas, con excepción del punto HID-QMuy2 en la quebrada Muyoc donde tuvo igual dominancia que Rotifera y Tardigrada (ver Figura 10-47).

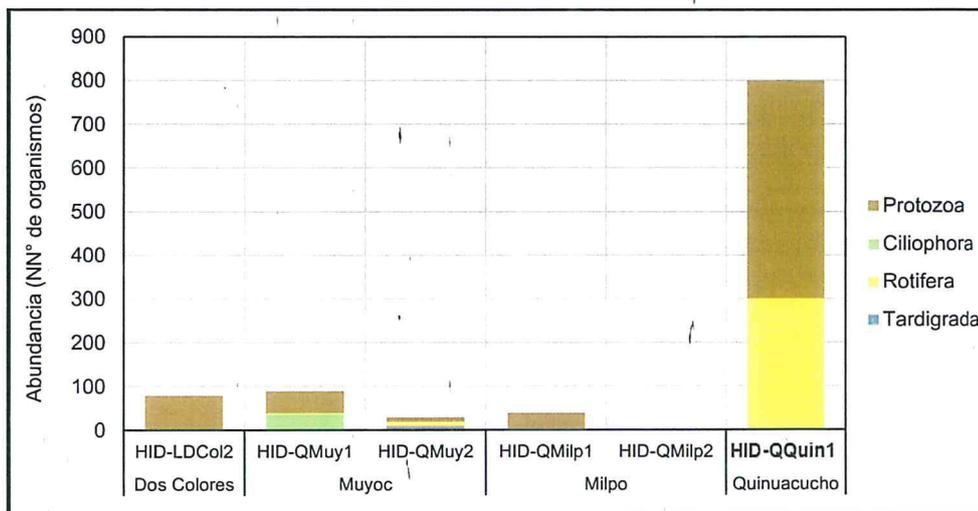


Figura 10-47. Abundancia del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I

- Diversidad alfa

303. Con respecto a los índices de diversidad alfa, los mayores valores de los índices N1 y N2 se presentaron en el punto HID-QQuin1 (quebrada Quinuacucho), mientras que los menores valores en las quebradas Milpo (HID-QMilp 1 y HID-QMilp2) y Dos Colores (HID-LDCol2) debido al registro de sólo un taxa en cada

[Handwritten signatures and initials in blue ink]

una de estas quebradas. En cuanto al índice de Pielou (J'), el mayor valor se presentó en el punto HID-QMuy2 (quebrada Muyoc), a diferencia de las lagunas Dos Colores y Milpo que presentaron el menor valor (ver Figura 10-48). De acuerdo con los resultados, las quebradas Muyoc y Quinuacucho son las que presentan indicadores de diversidad más altos, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en estas quebradas. Además, se observa una distribución de la abundancia equitativa en estas quebradas; por otro lado, las quebradas Milpo y Dos Colores sólo registraron un taxa por lo que no se puede analizar la distribución del zooperifiton en términos de abundancia.

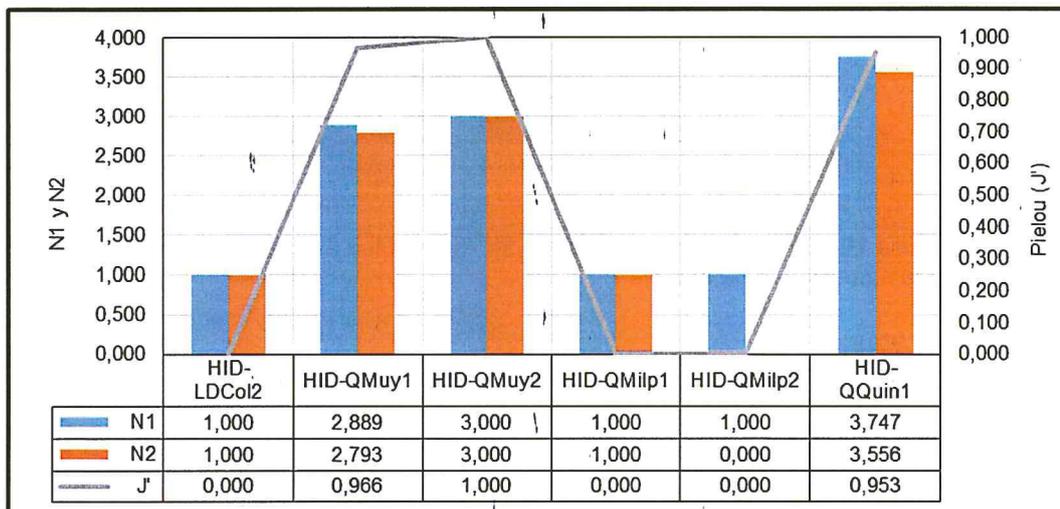


Figura 10-48. Índices de diversidad alfa del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I

- Diversidad beta

304. En la Figura 10-49 se presenta el dendrograma de similitud del zooperifiton calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se aprecia la formación de un grupo entre los puntos HID-QMilp1 y HID-LDCol2 con una asociación de 68 % lo que demuestra la alta similitud de las abundancias de los taxa compartidos entre ambos puntos ubicados en el tramo superior de la zona I. Cabe resaltar que el punto HID-QMilp2 no presenta ninguna asociación con el grupo formado debido a no haberse registrado ningún organismo en este punto.



Handwritten blue ink notes and signatures on the left margin.

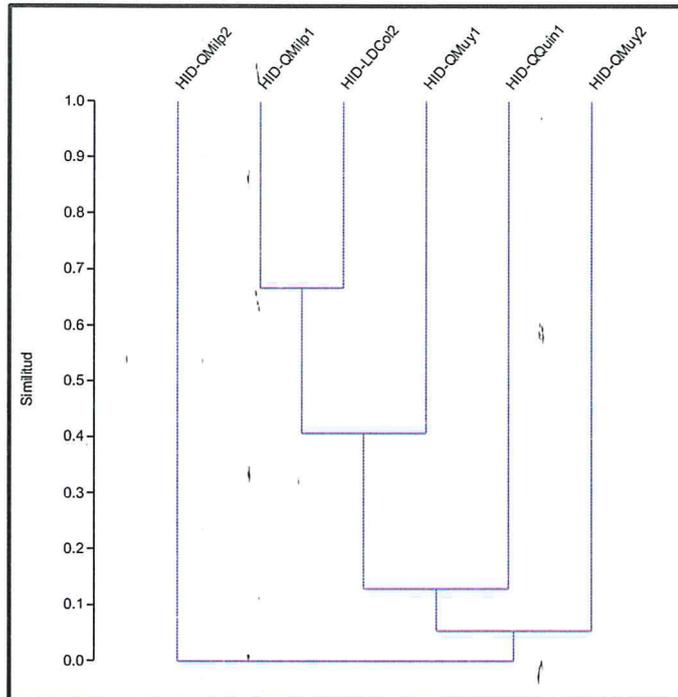


Figura 10-49. Dendrograma de similitud del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I

a.2) Macroinvertebrados bentónicos

- Composición y riqueza

305. Fueron encontrados un total de 36 taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en 6 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió a los puntos HID-QMilp2 y HID-QMuy1, representado por 14 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HID-QQuin1, representado por 4 taxa. No se detectaron grandes variaciones de riqueza entre puntos de muestreo. La riqueza estuvo dominada por órdenes que pertenecen a la clase Insecta, destacando entre ellos Diptera y Coleoptera, principalmente (ver Figura 10-50).



[Handwritten signature]

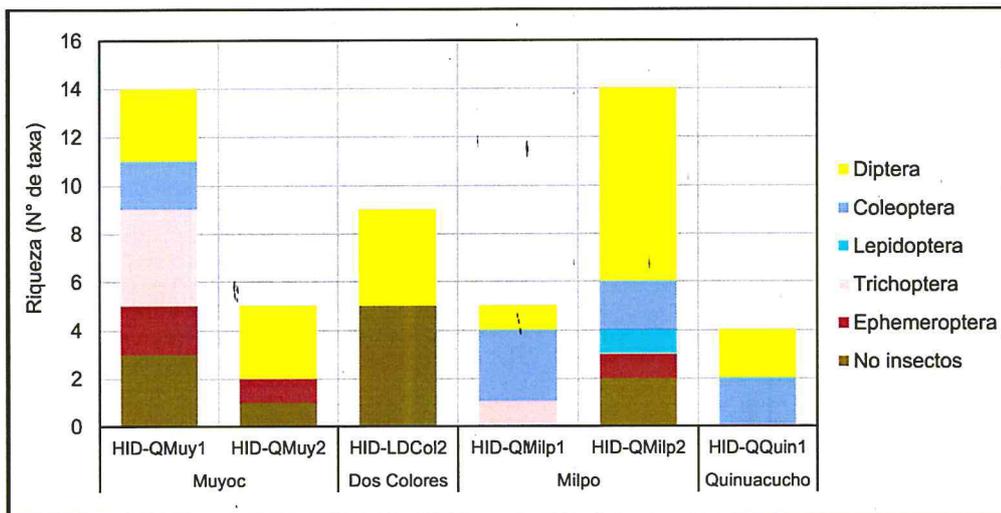


Figura 10-50. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I

• Abundancia

306. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-LDCol2, representado por 279 organismos, en tanto que la menor abundancia al punto HID-QMuy2, representado por 15 organismos. En todas las lagunas evaluadas el orden más abundante fue Diptera, excepto en el punto HID-QMuy1 (laguna Muyoc) donde se observó la dominancia del orden Ephemeroptera (ver Figura 10-51).

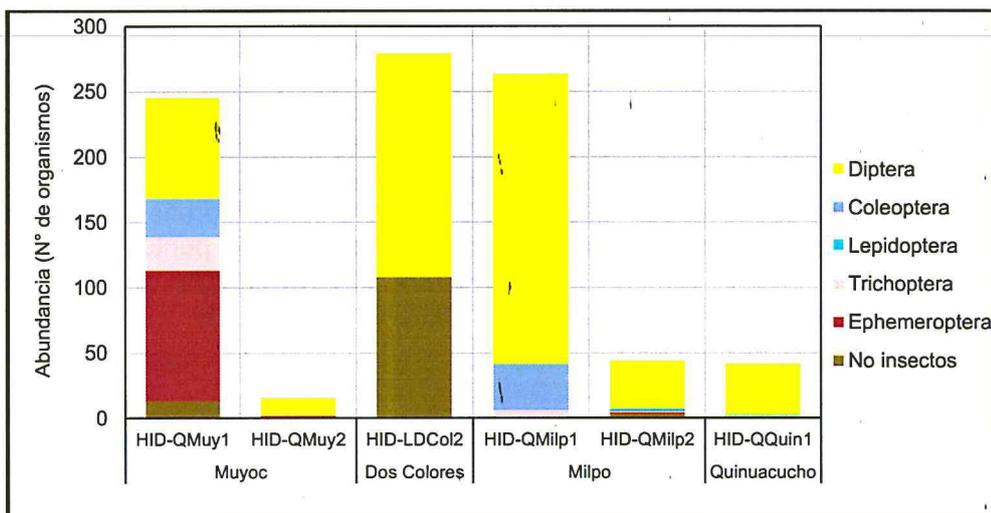


Figura 10-51. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I

• Diversidad alfa

307. Con respecto a los índices de diversidad y equidad de Pielou (J'), el mayor valor de cada índice se encontró en el punto HID-QMilp2, mientras que el menor valor en el punto HID-QQuin1 (ver Figura 10-52). Respecto a los resultados, los puntos HID-QMuy1 (quebrada Muyoc) y HID-QMilp2 (quebrada Milpo) son los que

[Handwritten signature]

presentan indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en estos puntos. Asimismo, se observa una distribución equitativa de la abundancia en la quebrada Muyoc y el punto HID-QMilp2 (quebrada Milpo); a diferencia de las quebradas Dos Colores (HID-LDCol2), Quinuacucho (HID-QQuin1) y el punto HID-QMilp1 que presentaron una distribución heterogénea debido a la dominancia del orden Diptera en cada punto evaluado.

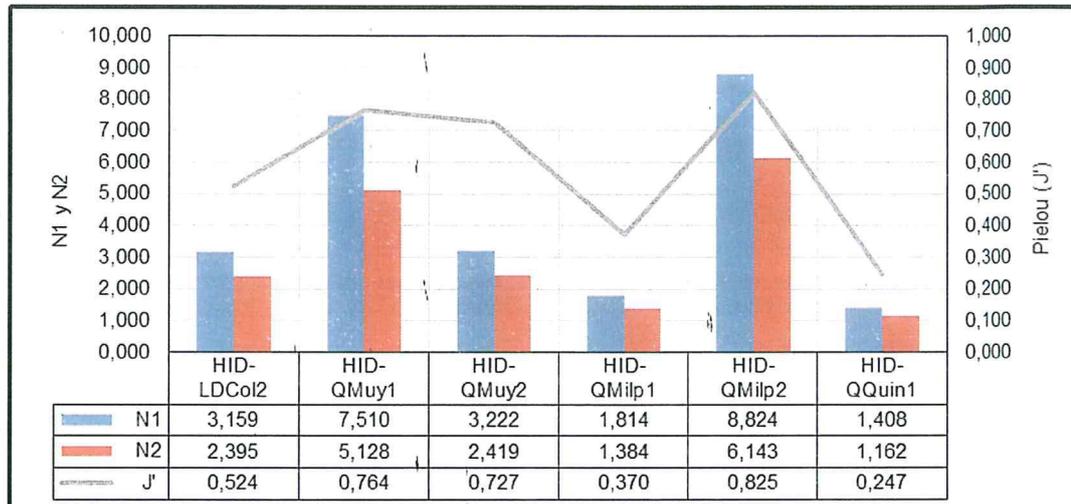


Figura 10-52. Índices de diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I

- Diversidad beta

308. En la Figura 10-53 se presenta el dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se observa la formación de dos grupos, el primero conformado por los puntos HID-QMilp1 y HID-LDCol2 con un 59 % de similitud lo que demuestra la similitud de los taxa compartidos entre el tramo superior y medio de la zona I. Por otro lado, el segundo grupo reúne a las quebradas Quinuacucho y Muyoc, y al punto HID-QMilp2 con un bajo nivel de asociación; sin embargo, se resalta el 42 % de similitud entre los puntos HID-QMuy2 y HID-QMilp2 lo que demuestra una moderada similitud de las abundancias de los taxa compartidos en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el tramo inferior de la zona I.



[Handwritten signatures and initials in blue ink]

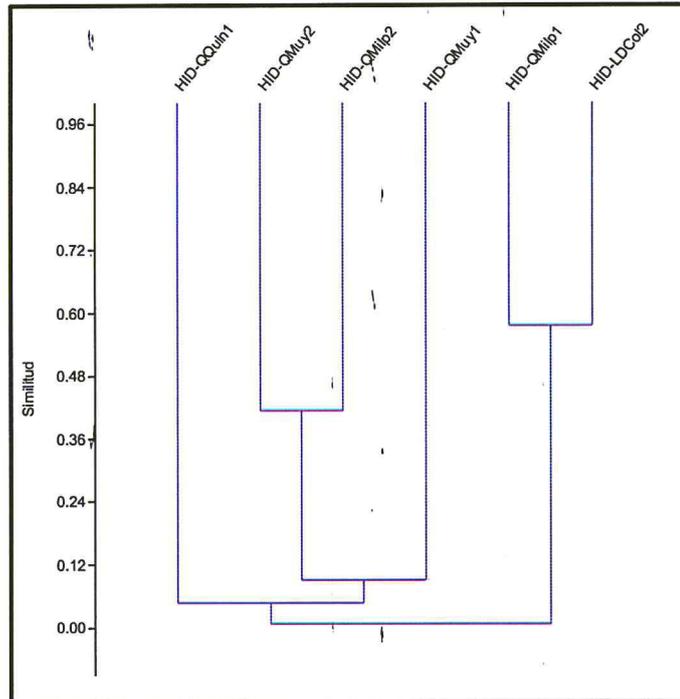


Figura 10-53. Dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona I



b) Zona II

309. En esta zona, fueron evaluadas las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos. Para este fin, se colectaron 2 muestras de cada comunidad hidrobiológica en la quebrada Lipiac.

b.1) Perifiton

310. Teniendo como base los resultados del informe de ensayo, el análisis de esta comunidad será realizado por separado para cada uno de sus dos componentes: ficoperifiton o perifiton vegetal y zooperifiton o perifiton animal.

b.1.1) Ficoperifiton

- Composición y riqueza

311. Fueron encontrados un total de 22 taxa de ficoperifiton, distribuidos en 2 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió a los puntos HID-QLipi2, representados por 14 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HID-QLipi1, representado por 12 taxa. El phylum Bacillariophyta presentó la mayor riqueza en ambos puntos (ver Figura 10-54).

[Handwritten signatures]

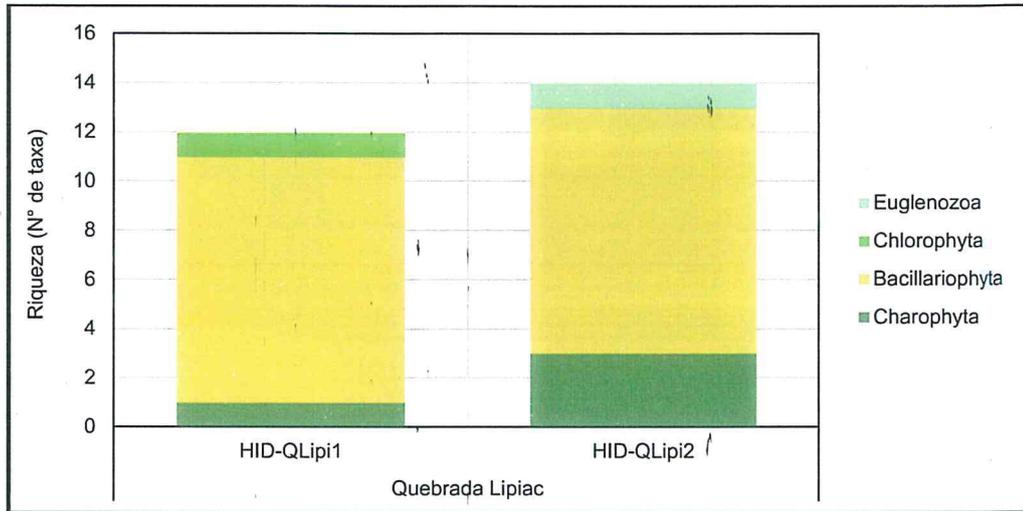


Figura 10-54. Composición y riqueza de ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona II

• Abundancia

312. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-QLipi2, representado por 37 860 organismos, en tanto que la menor abundancia al punto HID-QLipi1, representado por 4630 organismos. El phylum Bacillariophyta presentó una mayor abundancia en ambos puntos (ver Figura 10-55).



[Handwritten signatures and initials in blue ink]

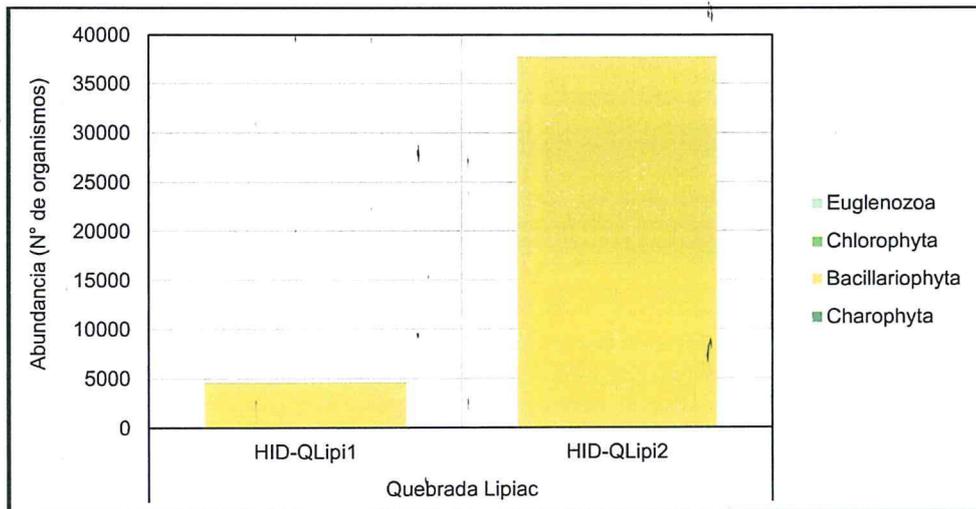


Figura 10-55. Abundancia de ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona II

• Diversidad alfa

313. Con respecto a los índices de diversidad y equidad de Pielou (J'), los mayores valores de los índices se presentaron en el punto HID-QLipi2, mientras que los menores valores en el punto HID-QLipi1 (ver Figura 10-56). De acuerdo a los resultados, ambos puntos presentan indicadores de diversidad semejantes; así mismo, no se observa una distribución equitativa de la abundancia en la quebrada Lipiac debido a la dominancia del phylum Bacillariophyta en cada punto evaluado.

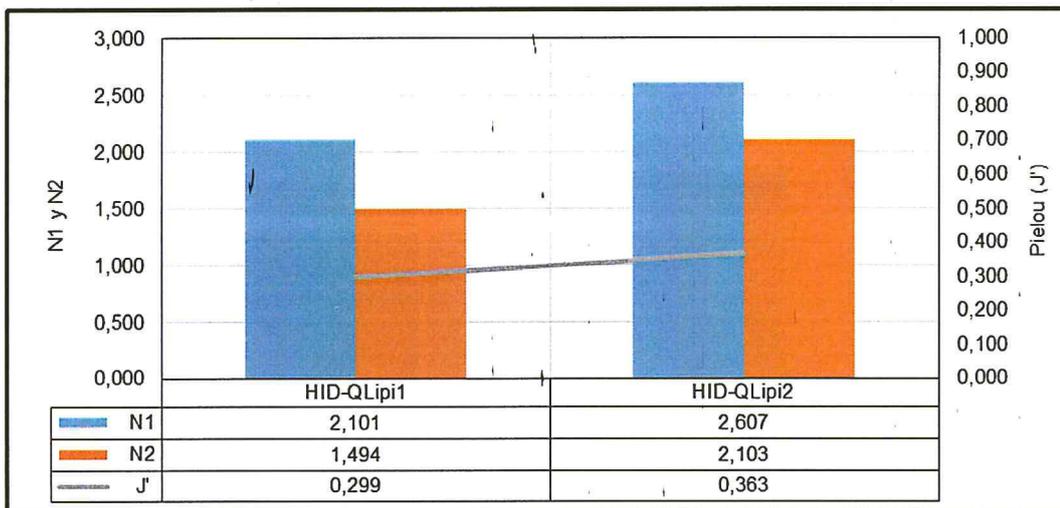


Figura 10-56. Índices de diversidad alfa de ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona II

- Diversidad beta

314. En la Figura 10-57 se presenta el dendrograma de similitud del ficoperifiton calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se aprecia la débil asociación entre los puntos evaluados lo que demuestra la baja similitud de las abundancias de los taxa compartidos en ambos puntos.

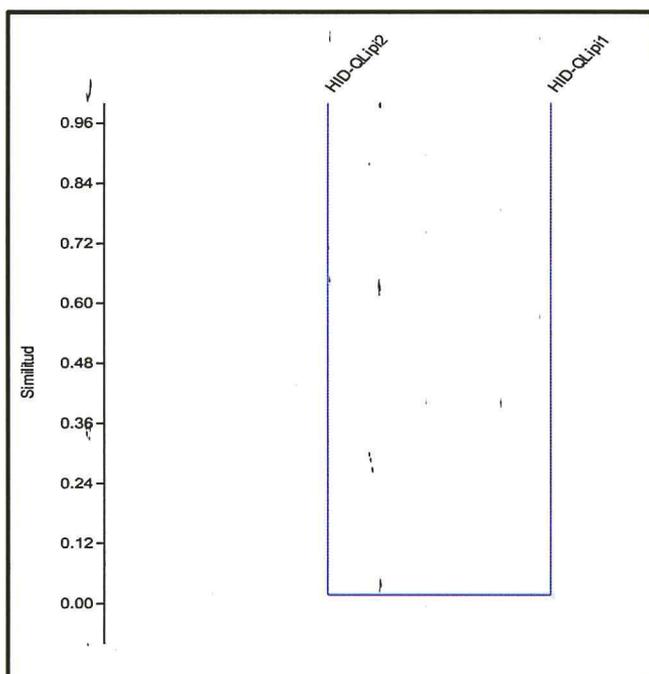


Figura 10-57. Dendrograma de similitud de ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona II



Handwritten signatures in blue ink.

b.1.2) Zooperifiton

315. Sólo fueron encontrados 40 organismos de *Cephalodella* sp. perteneciente al phylum Rotifera. No se calcularon índices de diversidad alfa ni beta por haberse hallado una diversidad muy limitada y no tener más puntos de muestreo para realizar comparaciones.

b.2) Macroinvertebrados bentónicos

- Composición y riqueza

316. Fueron encontrados un total de nueve taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en dos puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-QLipi1, representado por seis taxa, mientras que la menor riqueza al punto HID-LLipi2, representado por cinco taxa. No se detectaron grandes variaciones de riqueza entre ambos de muestreo. La riqueza estuvo dominada por el orden Diptera (ver Figura 10-58).

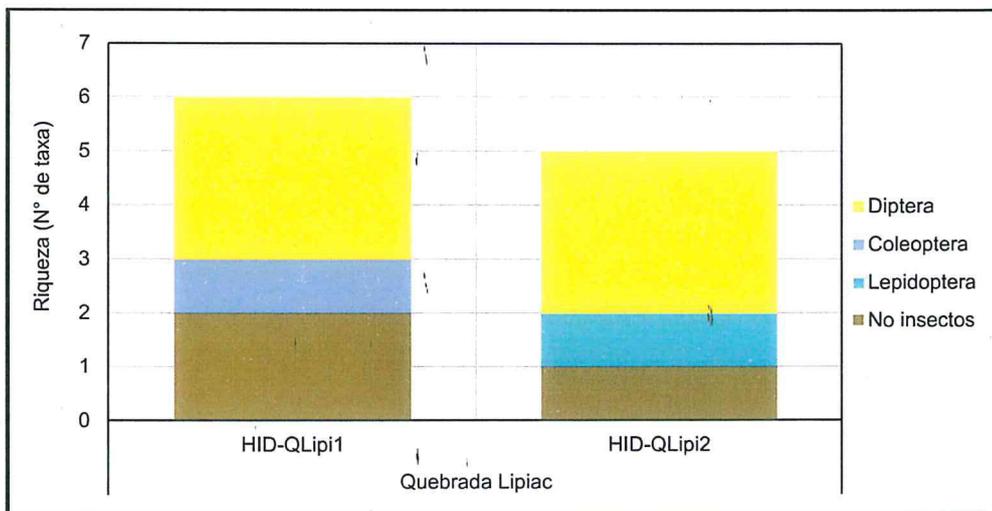


Figura 10-58. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona II

- Abundancia

317. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-QLipi2, representado por 97 organismos, en tanto que la menor abundancia al punto HID-QLipi1, representado por 24 organismos. Se observan grandes variaciones de abundancia entre ambos puntos de muestreo. En todos los puntos de muestreo el orden más abundante fue Diptera (ver Figura 10-59).



Handwritten signature in blue ink.

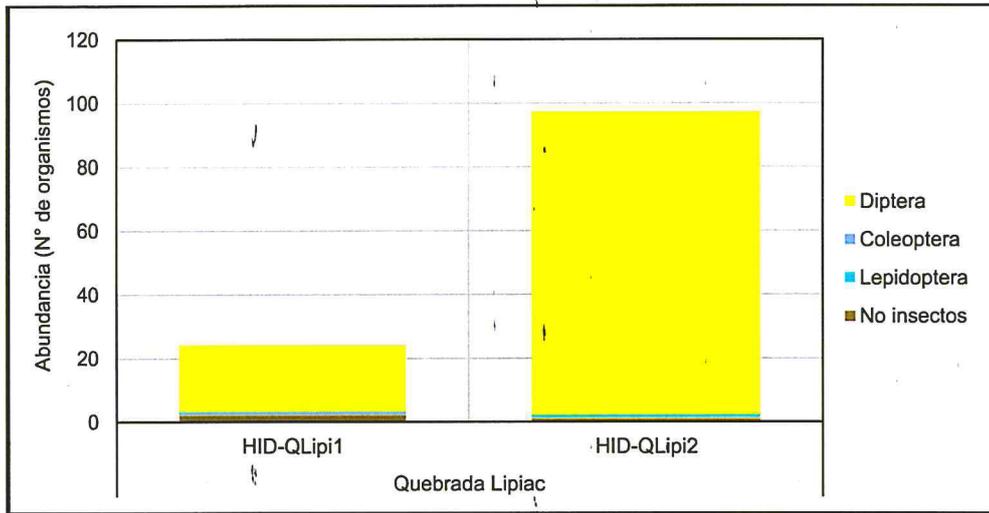


Figura 10-59. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona II

• Diversidad alfa

318. Con respecto a los índices de diversidad, los mayores valores del índice N1 y equidad de Pielou (J') se presentaron en el punto HID-QLipi1, mientras que los menores valores en el punto HID-QLipi2. En cuanto al índice N2, el mayor valor se presentó en el punto HID-QLipi2, en tanto que, el menor valor en el punto HID-QLipi1 (ver Figura 10-60). De acuerdo a los resultados, ambos puntos presentan indicadores de diversidad semejantes; así mismo, no se observa una distribución equitativa de la abundancia en la quebrada Lipiac debido a la dominancia del orden Diptera en ambos puntos.



[Handwritten signature]

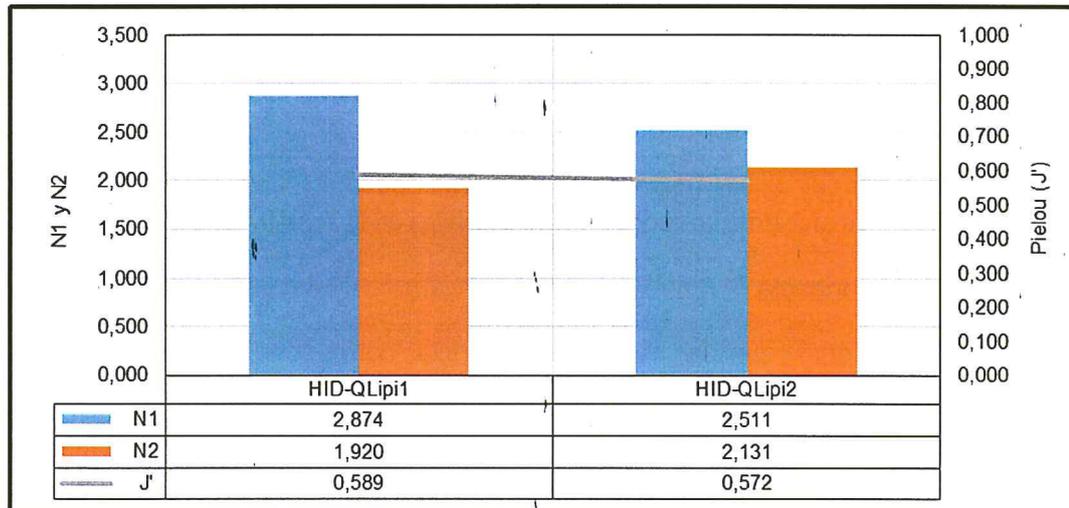


Figura 10-60. Índices de diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona II

• Diversidad beta

319. En la Figura 10-61 se presenta el dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se

observa la baja asociación entre los puntos HID-QLipi1 y HID-QLipi2 lo que demuestra una baja similitud de las abundancias de los taxa compartidos entre ambos puntos ubicados en la quebrada Lipiac.

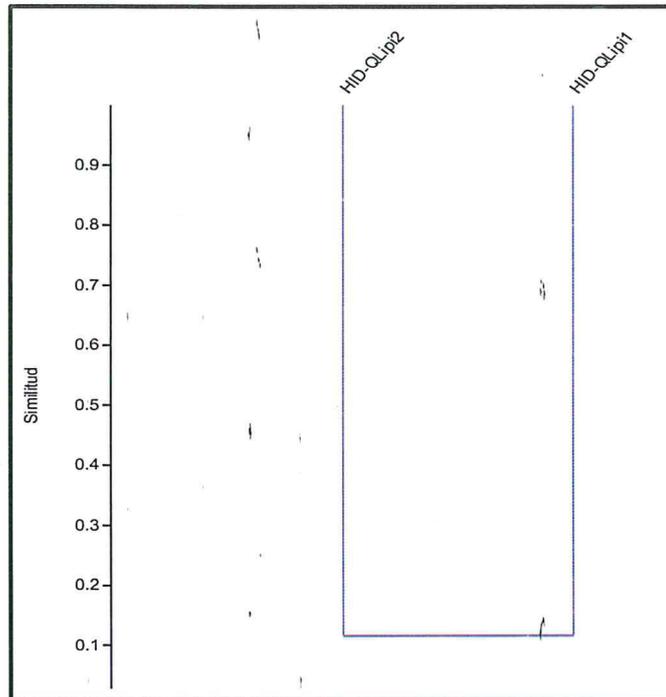


Figura 10-61. Dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la zona II

c) Zona III

320. En esta zona, fueron evaluadas las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos. Para este fin, se colectó una muestra de cada comunidad hidrobiológica en la quebrada Yanacocha.

c.1) Perifiton

321. En esta quebrada, fueron encontrados un total de 1990 organismos agrupados en 20 taxa de ficoperifiton; donde el phylum Bacillariophyta presentó la mayor riqueza y abundancia, seguido del phylum Charophyta. Con respecto al zooperifiton, fueron encontrados 10 organismos de *Lecane* sp., 10 organismos de *Euglypha* sp. y 20 de *Trinema* sp., pertenecientes al phylum Rotifera, protozoa y protozoa, respectivamente.

322. No se calcularon índices de diversidad alfa ni beta por haberse hallado una diversidad muy limitada y no tener más puntos de muestreo para realizar comparaciones.

c.2) Macroinvertebrados bentónicos

323. En la quebrada Yanacocha, fueron encontrados un total de 31 organismos agrupados en 3 taxa de macroinvertebrados bentónicos pertenecientes al orden



Handwritten blue ink signatures and initials on the left margin.

Diptera; donde el taxa *Tanytarsini* sp. fue el más abundante, seguido por *Cricotopus* sp.

324. No se calcularon índices de diversidad alfa ni beta por haberse hallado una diversidad muy limitada y no tener más puntos de muestreo para realizar comparaciones.

10.3.2. Lagunas

325. Fueron evaluadas 19 puntos en lagunas distribuidas en las cuatro zonas de interés en el área de influencia del proyecto minero El Galeno (Tabla 9-7). En seguida, se presentan los resultados de cada comunidad hidrobiológica por zona de estudio.

a) Zona I

254. En esta zona, fueron evaluadas las comunidades de plancton y macroinvertebrados bentónicos. Para este fin, se colectaron 13 muestras de cada comunidad hidrobiológica en las lagunas Muyoc (4), La Rinconada (3), Dos Colores (2) y Milpo (4).

a.1) Plancton

326. Teniendo como base los resultados y para mejorar su entendimiento, el análisis de esta comunidad se presenta por separado para cada uno de sus dos componentes: fitoplancton y zooplancton.

a.1.1) Fitoplancton

- Composición y riqueza

327. Fueron encontrados un total de 84 taxa de fitoplancton, distribuidos en 13 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-LMuy1, representado por 40 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HID-LMilp3, representado por 8 taxa. El phylum Bacillariophyta presentó la mayor riqueza en todos los puntos, excepto en el punto HID-LMuy3 donde Chlorophyta fue ligeramente mayor (ver Figura 10-62).

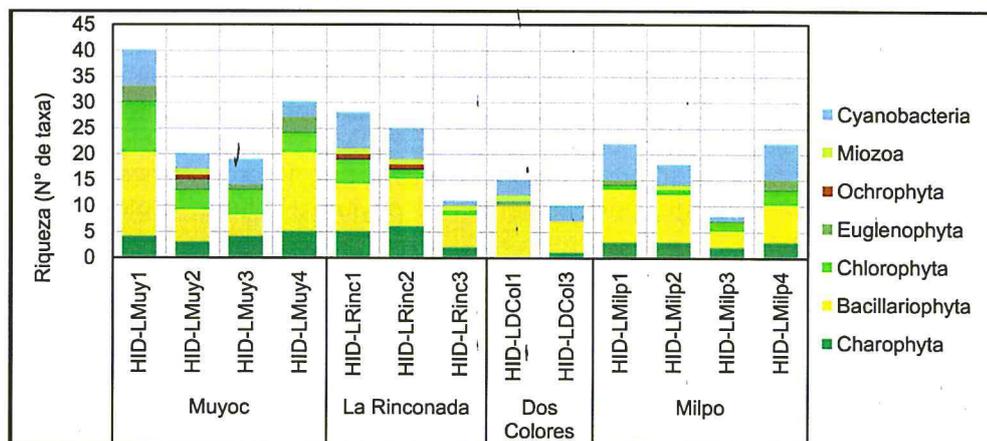


Figura 10-62. Composición y riqueza del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I

- Abundancia

328. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-LMuy4, representado por 10 956 organismos, en tanto que la menor abundancia al punto HID-LRinc3, representado por 74 organismos. El phylum Bacillariophyta presentó una mayor abundancia en las lagunas Milpo, Dos Colores y La Rinconada, con excepción de la laguna Muyoc, donde Chlorophyta tuvo una mayor abundancia en tres de sus cuatro puntos de muestreo (ver Figura 10-63).

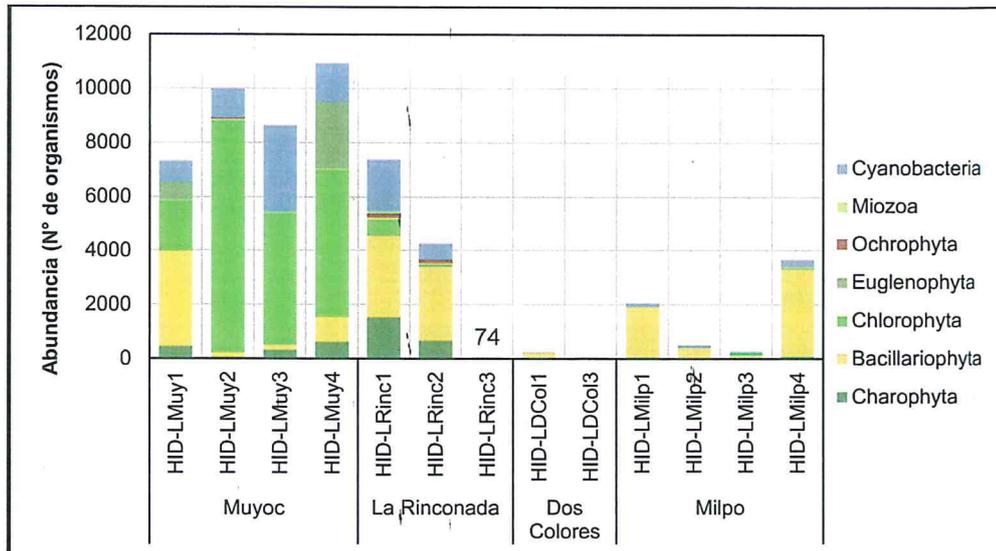


Figura 10-63. Abundancia del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I

- Diversidad alfa

329. Con respecto a los índices de diversidad alfa, los mayores valores de los índices N1 y N2 se presentaron en el punto HID-LMilp2, mientras que los menores valores en el punto HID-LMuy2. En cuanto al índice de Pielou (J'), el mayor valor se presentó en los puntos HID-LDCol3 y HID-LMilp2, a diferencia del punto HID-LMuy2 que presentó el menor valor (ver Figura 10-64). De acuerdo con los resultados, la laguna La Rinconada, y los puntos HID-LDCol3 (laguna Dos Colores) y HID-LMilp2 (laguna Milpo) son los que presentan indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en tales puntos. Por otro lado, se observa una distribución equitativa de la abundancia en la laguna La Rinconada, y los puntos HID-LDCol3 (laguna Dos Colores), HID-LMilp2 y HID-LMilp3 (laguna Milpo); a diferencia de la laguna Muyoc que presentó una distribución heterogénea de la abundancia, debido principalmente a la dominancia del phylum Chlorophyta en cada punto.



[Handwritten signatures and initials in blue ink]

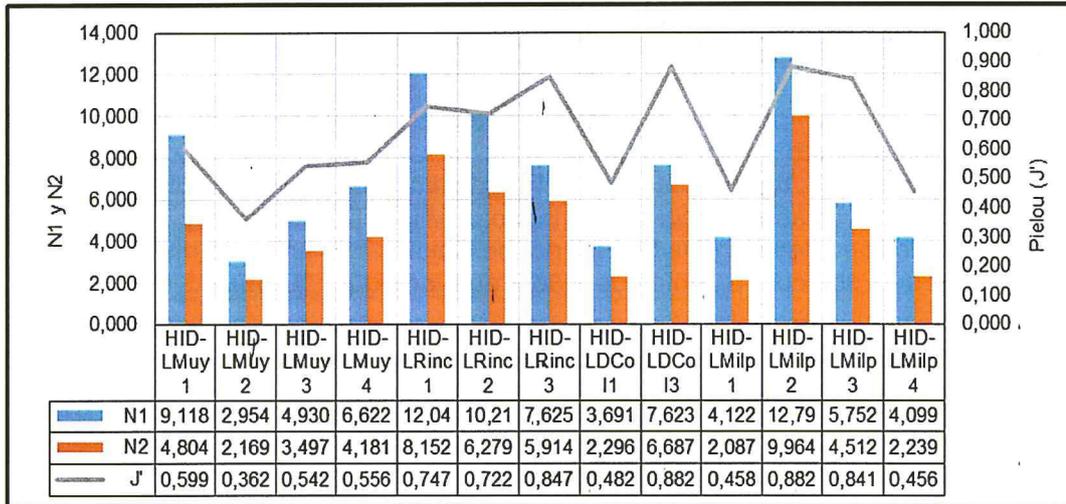


Figura 10-64. Índices de diversidad alfa, del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I

- Diversidad beta

330. En la Figura 10-65 se presenta el dendrograma de similitud del fitoplancton calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se aprecia la formación de tres grupos, el primero de ellos conformado por los puntos evaluados en las lagunas Milpo (HID-LMilp1 – HID-LMilp4) y La Rinconada (HID-LRinc2) con un 42 % de similitud lo que demuestra la moderada cantidad de taxa en común entre estos puntos ubicados en el tramo medio y superior de la zona I, respectivamente. Por otro lado, el segundo grupo está constituido por las lagunas Dos Colores (HID-LDCol1 y HID-LDCol3), La Rinconada (HID-LRinc3) y Milpo (HID-LMilp2 y HID-LMilp3) presentando un bajo nivel de asociación. Finalmente, el tercer grupo está conformado por los cuatro puntos evaluados en la laguna Muyoc (HID-LMuy1 – HID-LMuy4) mostrando una asociación débil; sin embargo, se resalta la asociación de 64 % entre los puntos HID-LMuy2 y HID-LMuy3 lo que demuestra una alta similitud de las abundancias de los taxa en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos entre ambos puntos.



[Handwritten signature]

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

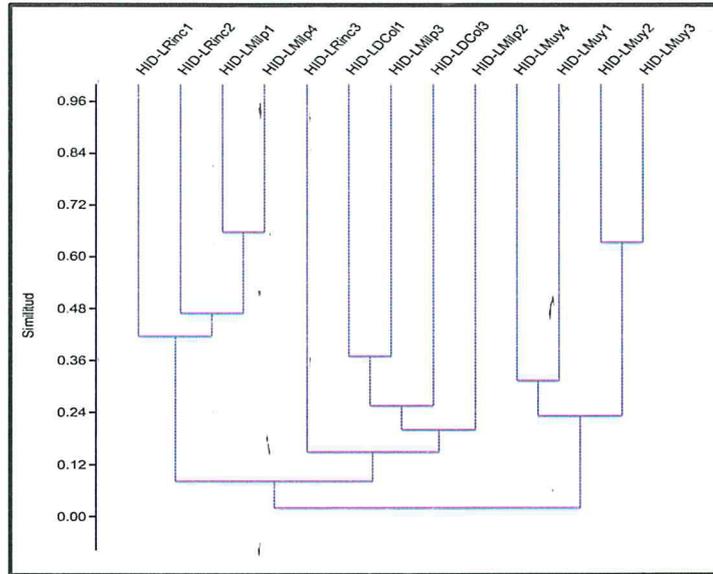


Figura 10-65. Dendrograma de similitud del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I

a.1.2) Zooplancton

- Composición y riqueza

331. Fueron encontrados un total de 18 taxa de zooplancton, distribuidos en 13 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-LMuy1, representado por 8 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HID-LDCol1, representado por 1 taxa. El phylum Amoebozoa presentó una mayor riqueza en las lagunas Milpo, Dos Colores y La Rinconada, a diferencia de la laguna Muyoc, donde Arthropoda tuvo una mayor abundancia en 3 de sus 4 puntos de muestreo (ver Figura 10-66).

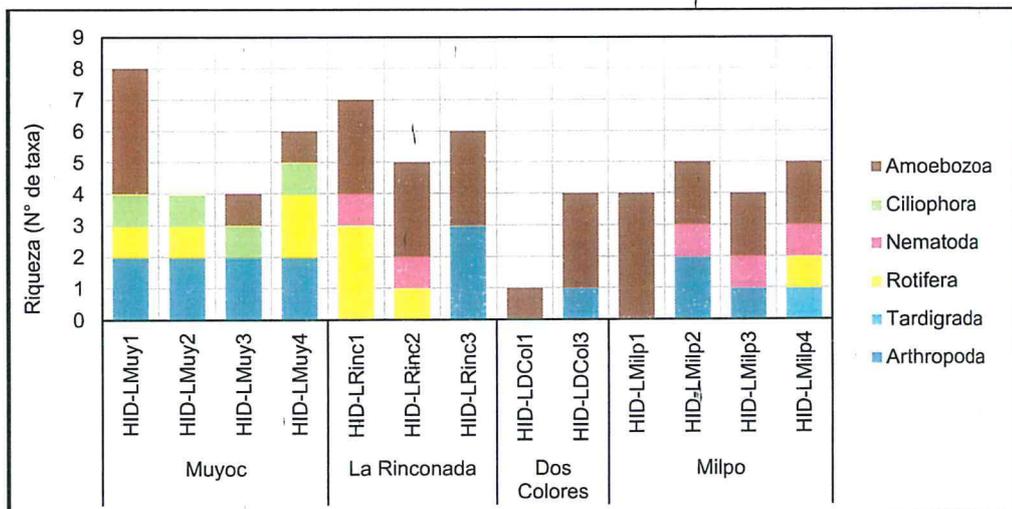


Figura 10-66. Composición y riqueza del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I



[Handwritten signature]

• Abundancia

332. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-LMuy4, representado por 1990 organismos, en tanto que la menor abundancia al punto HID-LDCol1, representado por 2 organismos. El phylum Amoebozoa presentó una mayor abundancia en las lagunas Milpo, Dos Colores y La Rinconada, con excepción de la laguna Muyoc, donde Ciliophora (HID-LMuy1 y HID-LMuy4), Rotifera (HID-LMuy2) y Arthropoda (HID-LMuy3) tuvieron una mayor abundancia (ver Figura 10-67).

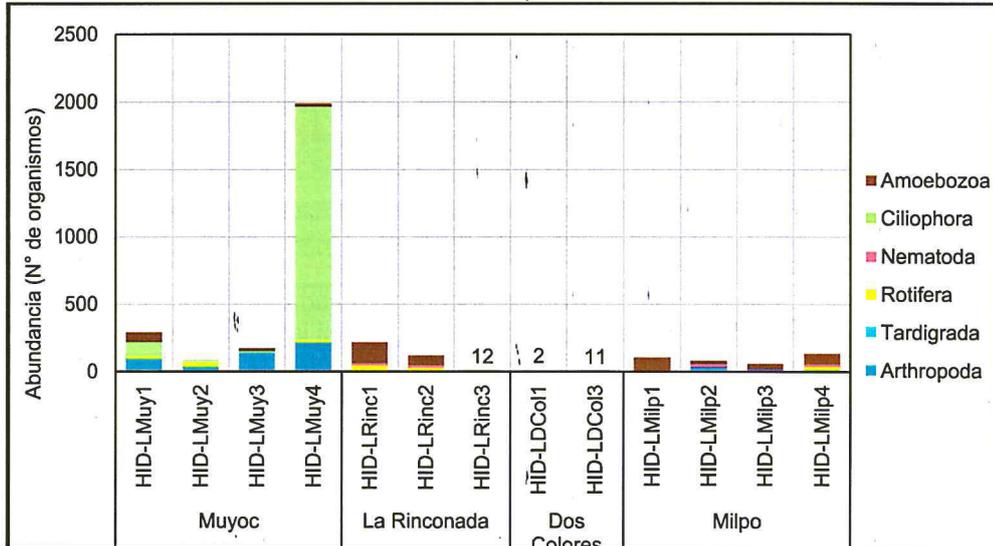


Figura 10-67. Abundancia del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I

• Diversidad alfa

333. Con respecto a los índices de diversidad, los mayores valores de los índices N1 y N2 se presentaron en el punto HID-LRinc3, mientras que los menores valores en el punto HID-LDCol1. En cuanto al índice de Pielou (J'), el mayor valor se presentó en el punto HID-LRinc3, en tanto que el menor valor en el punto HID-LDCol1 debido a la presencia de sólo un taxa (ver Figura 10-68). De acuerdo con los resultados, la laguna La Rinconada, y los puntos HID-LMuy1 (laguna Muyoc) y HID-LMilp2 (laguna Milpo) son los que presentan indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en dichos puntos. Además, se observa una distribución equitativa de la abundancia en las lagunas La Rinconada y Milpo, y los puntos HID-LDCol3 (laguna Dos Colores), HID-LMilp1 y HID-LMilp1 (laguna Milpo); a diferencia de los puntos HID-LMuy3 y HID-LMuy4 (laguna Muyoc) que presentaron una distribución heterogénea de la abundancia, debido principalmente a la dominancia del phylum Arthropoda y Ciliophora, respectivamente.



[Handwritten signatures and initials in blue ink]

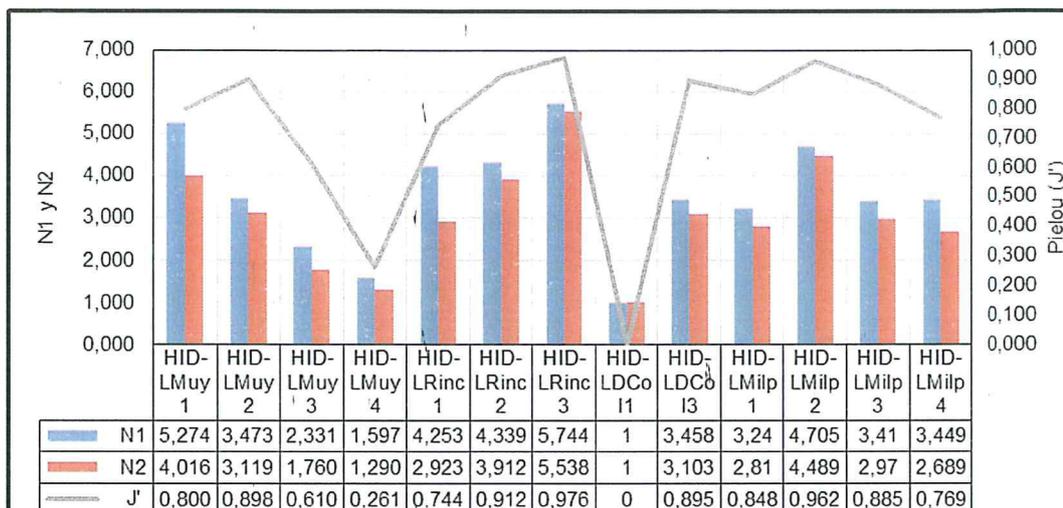


Figura 10-68. Índices de diversidad alfa del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I

- Diversidad beta

334. En la Figura 10-69 se presenta el dendrograma de similitud del zooplancton calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se observa la formación de varios grupos con diferentes porcentajes de similitud, destacándose entre ellos la reunión de los puntos evaluados en las lagunas Milpo (HID-LMilp1 y HID-LMilp4) y La Rinconada (HID-LRinc1 y HID-LRinc2) con un 40 % de similitud, y de la agrupación de la laguna Dos Colores (HID-LDCo1 y HID-LDCo3) y el punto HID-LRinc3 (laguna La Rinconada) con un nivel de asociación de 30 %, demostrando para ambos casos la moderada similitud de las abundancias de los taxa del zooplancton en el sector I. Por otro lado, el punto HID-LMuy4 presentó una asociación débil con el resto de puntos debido a la dominancia del taxa *Vorticella* sp. perteneciente al phylum Ciliophora.



y
g
s
p
ST
r

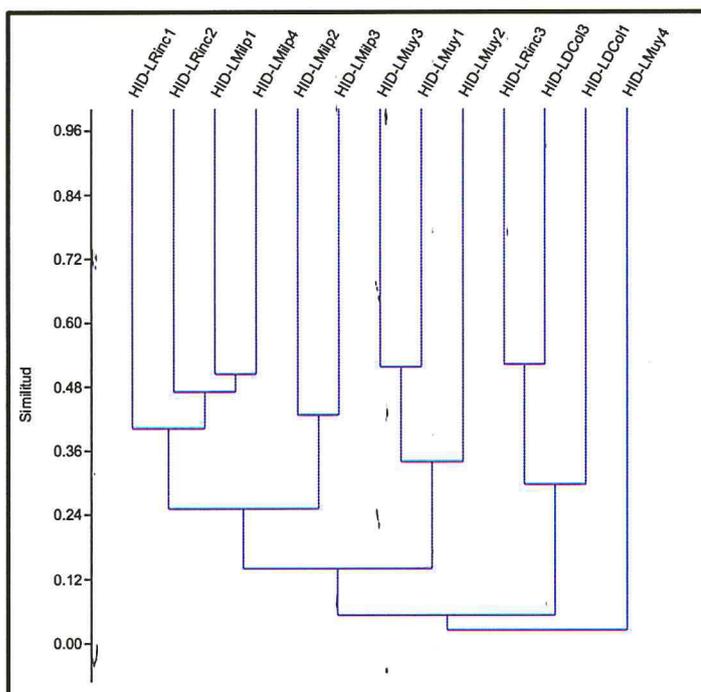


Figura 10-69. Dendrograma de similitud del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I



a.2) Macroinvertebrados bentónicos

- Composición y riqueza

335. Fueron encontrados un total de 21 taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en 13 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-LDCol3, representado por 9 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HID-LMilp3, representado por 1 taxa. No se detectaron grandes variaciones de riqueza entre puntos de muestreo, con excepción del punto HID-LMilp3. En la laguna Milpo no se observó la dominancia de algún orden a diferencia de las lagunas Muyoc, La Rinconada y Dos Colores, donde la riqueza estuvo dominada por órdenes que pertenecen a clases No insecta, seguida del orden Diptera (ver Figura 10-70).

[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"

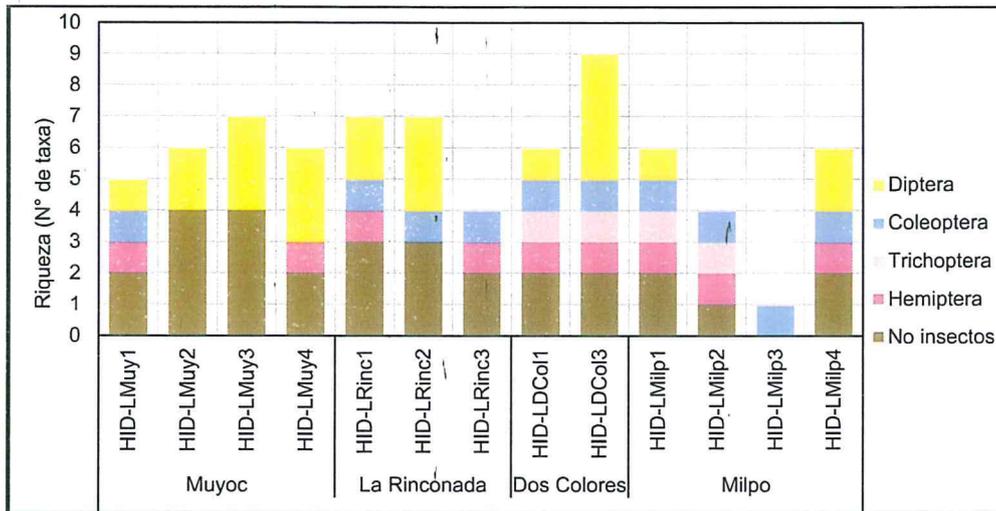


Figura 10-70. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I

• Abundancia

336. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-LRinc1, representado por 162 organismos, en tanto que la menor abundancia correspondió al punto HID-LMilp3, representado por 3 organismos. En la laguna Muyoc y en el punto HID-LRinc1 (laguna La Rinconada) los órdenes más abundantes pertenecieron a clases No insecta, mientras que en las lagunas Milpo, Dos Colores y en los otros dos puntos de la laguna La Rinconada se observó la dominancia del orden Coleóptera, Hemíptera y Díptera, respectivamente (ver Figura 10-71).

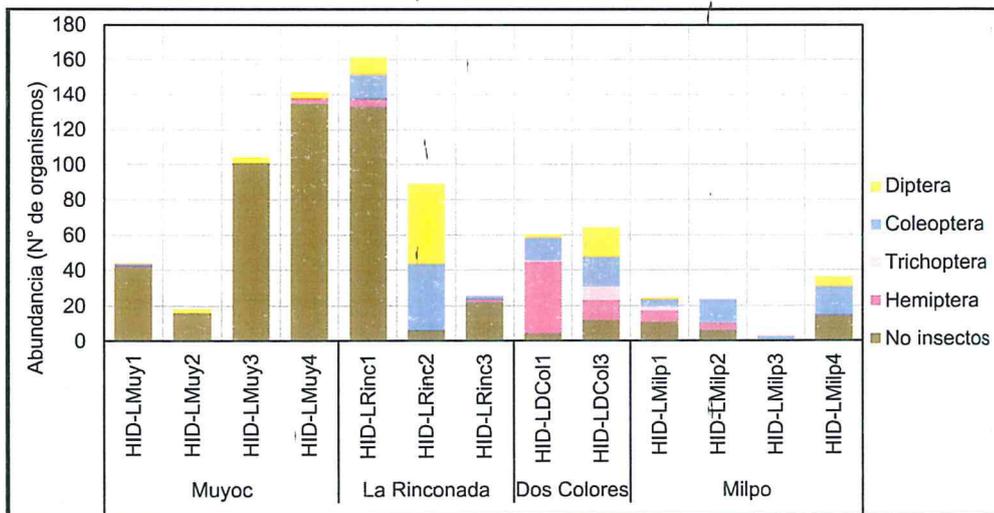


Figura 10-71. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I

• Diversidad alfa

337. Con respecto a los índices de diversidad alfa, los mayores valores de los índices N1 y N2 se encontraron en los puntos HID-LDCol3 y HID-LMuy2, mientras que los



Handwritten signatures and initials in blue ink.

menores valores en el punto HID-LMilp3. En cuanto al índice de Pielou (J'), el mayor valor se presentó en el punto HID-LMuy2, mientras que, el menor valor en el punto HID-LMilp3 (ver Figura 10-72). De acuerdo con los resultados, el punto HID-LDCol3 (laguna Dos Colores) y la laguna Milpo, con excepción del punto HID-LMilp3, son los que presentan indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en dichos puntos. Por otro lado, se observa una distribución equitativa de la abundancia en la laguna Milpo, con excepción del punto HID-LMilp3, y en el punto HID-LDCol3 (laguna Dos Colores); a diferencia de la laguna Muyoc, a excepción del punto HID-LMuy2, que presentó una distribución heterogénea de la abundancia, debido a la dominancia de órdenes de clases no Insecta.

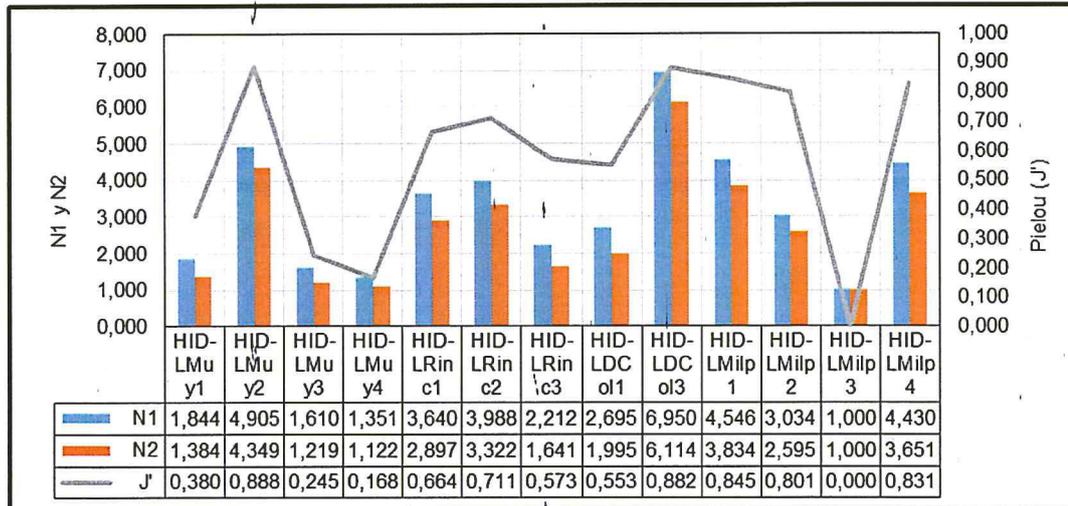


Figura 10-72. Índices de diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I

- Diversidad beta

338. En la Figura 10-73 se presenta el dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se aprecia la formación de dos grupos, el primero de ellos reúne a los puntos evaluados en las lagunas Milpo (HID-LMilp1 – HID-LMilp4), Dos Colores (HID-LDCol1 y HID-LDCol3) y La Rinconada (HID-LRinc2), observándose una asociación de 47 % entre las lagunas Milpo y Dos Colores lo que demuestra la moderada similitud de la abundancia de los taxa en el tramo medio del sector I; además, se destaca la agrupación de los puntos HID-LMilp2 y HID-Milp4 con un 66 % de similitud. Por otro lado, el segundo grupo reúne a las lagunas Muyoc (HID-LMuy1 – HID-LMuy4) y La Rinconada (HID-LRinc1 y HID-LRinc3) con un bajo nivel de asociación; sin embargo, se resalta la asociación de 80 % entre los puntos HID-LMuy3 y HID-LMuy4 y de 60 % entre los puntos HID-LRinc3 y HID-LMuy1 lo que demuestra una alta similitud de las abundancias de los taxa en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos entre el tramo superior e inferior de la zona I conformado por las lagunas Muyoc y La Rinconada.



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large 'Y' at the bottom.

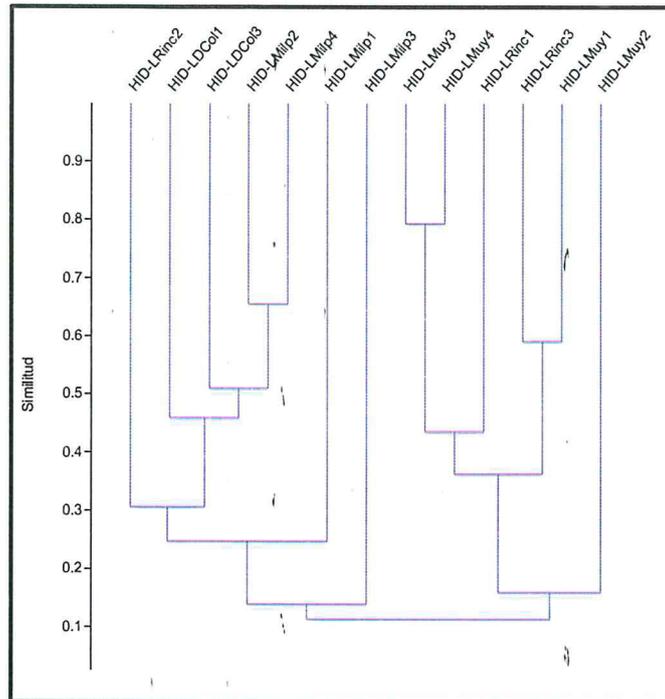


Figura 10-73. Dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona I



b) Zona II

339. En esta zona, fueron evaluadas las comunidades de plancton y macroinvertebrados bentónicos. Para este fin, se colectaron 3 muestras de cada comunidad hidrobiológica en la laguna Lipiac.

b.1) Plancton

340. Teniendo como base los resultados y para mejor entendimiento, el análisis de esta comunidad se presenta por separado para cada uno de sus dos componentes: fitoplancton y zooplancton.

b.1.1) Fitoplancton

- Composición y riqueza

341. Fueron encontrados un total de 29 taxa de fitoplancton, distribuidos en 3 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-LLipi1, representado por 21 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HID-LLipi2, representado por 14 taxa. El phylum Bacillariophyta presentó la mayor riqueza en todos los puntos, excepto en HID-LLipi3 donde Charophyta y Cyanobacteria tuvieron mayor riqueza (ver Figura 10-74).

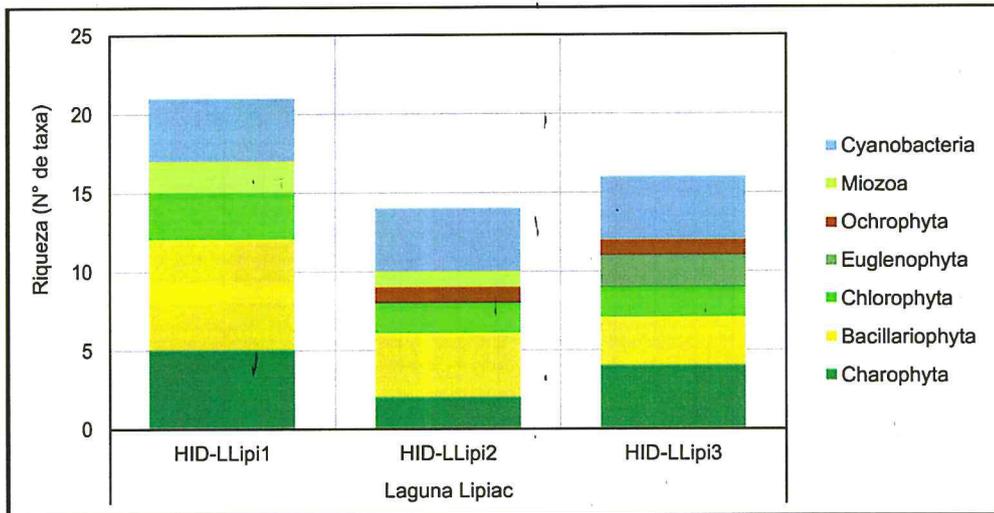


Figura 10-74. Composición y riqueza del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II

• Abundancia

342. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-LLipi2, representado por 9215 organismos, en tanto que la menor abundancia al punto HID-LLipi1, representado por 3334 organismos. El phylum Bacillariophyta presentó una mayor abundancia en todos los puntos, seguido por Chlorophyta (ver Figura 10-75).

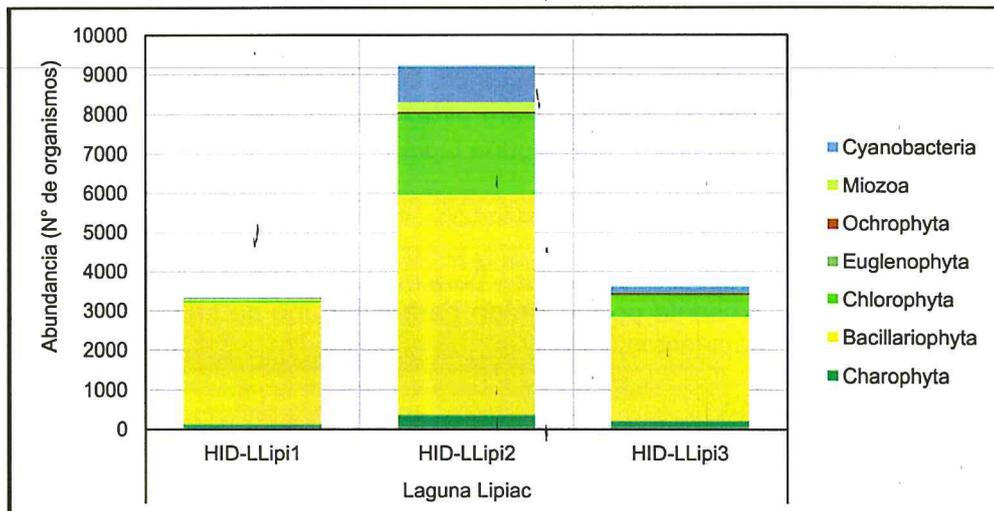


Figura 10-75. Abundancia del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II

• Diversidad alfa

343. Con respecto a los índices de diversidad alfa, los mayores valores de N1 y N2 se presentaron en el punto HID-LLipi2, mientras que los menores valores en el punto HID-LLipi1. En cuanto al índice de Pielou (J'), el mayor valor se presentó en el punto HID-LLipi2, en tanto que el menor valor en el punto HID-LLipi1 (ver Figura 10-76). De acuerdo con los resultados, el punto HID-LLipi2 es el que presenta

[Handwritten signature]

indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en este punto. Además, no se observa una distribución equitativa de la abundancia en cada punto de la laguna Lipiac debido principalmente a la dominancia del phylum Bacillariophyta.

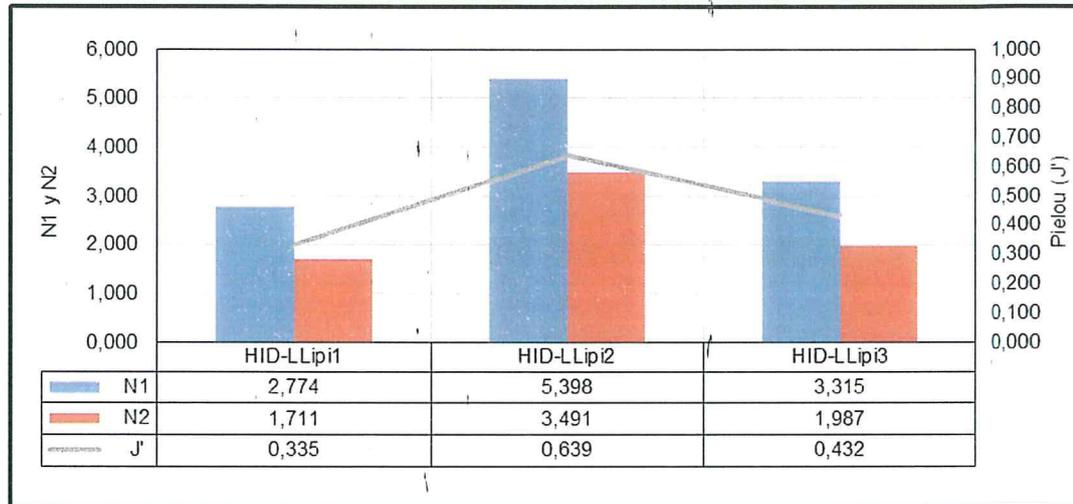


Figura 10-76. Índices de diversidad alfa del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II

- Diversidad beta

344. En la Figura 10-77 se presenta el dendrograma de similitud del fitoplancton calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se observa la agrupación de los puntos HID-LLipi2 y HID-LLipi3 con un 59 % de similitud lo que demuestra una alta cantidad de taxa comunes entre estos puntos. Sin embargo, el tercer punto evaluado en la laguna Lipiac (HID-LLipi1) presentó una similitud de 37 % debido a la presencia de 10 taxa exclusivos en este punto lo que demuestra una moderada similitud de las abundancia de los taxa de fitoplancton entre este punto con el grupo antes descrito.



[Handwritten signature]

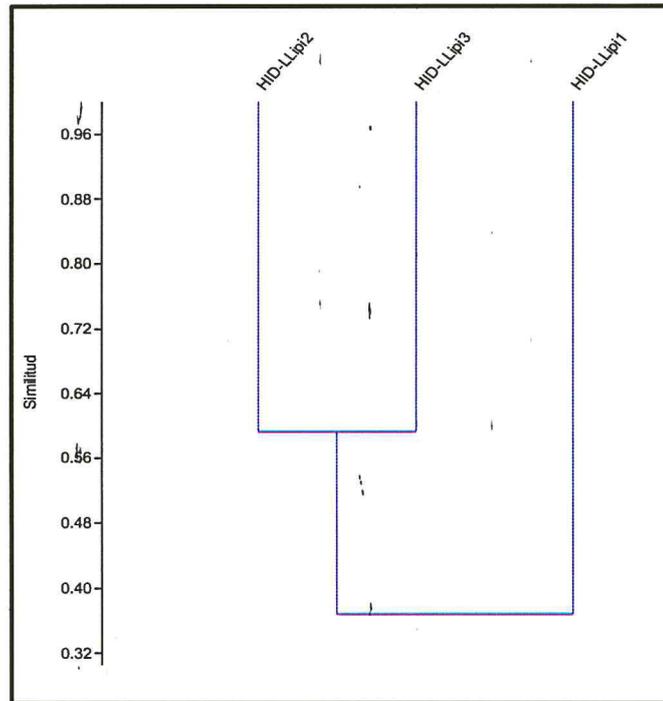


Figura 10-77. Dendrograma de similitud del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II



b.1.2) Zooplancton

- Composición y riqueza

345. Fueron encontrados un total de seis taxa de zooplancton, distribuidos en tres puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-LLipi1, representado por cuatro taxa, mientras que la menor riqueza al punto HID-LLipi3, representado por una taxa. El phylum Rotifera presentó la mayor riqueza en todos los puntos (ver Figura 10-78).

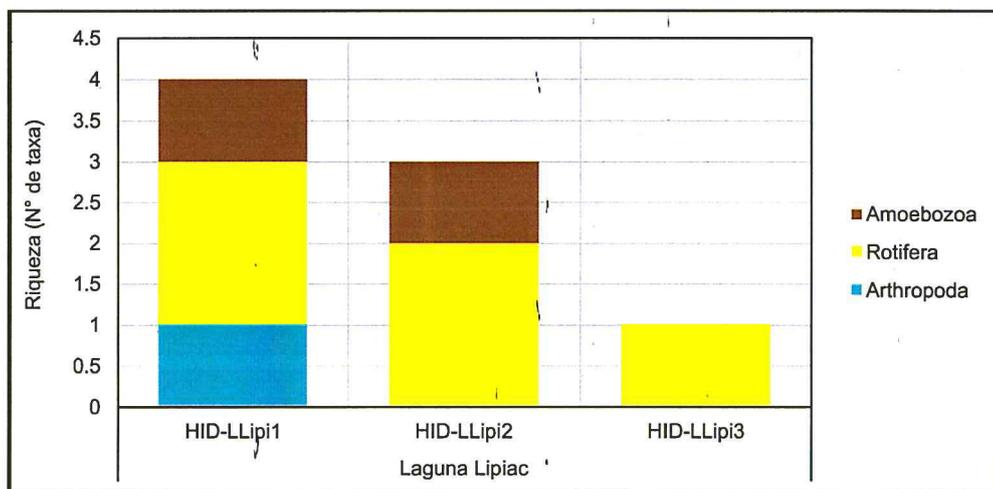


Figura 10-78. Composición y riqueza del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II

[Handwritten signature]

- Abundancia

346. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-LLipi2, representado por 428 organismos, en tanto que la menor abundancia al punto HID-LLipi1, representado por 46 organismos. El phylum Rotifera presentó una mayor abundancia en todos los puntos (ver Figura 10-79).

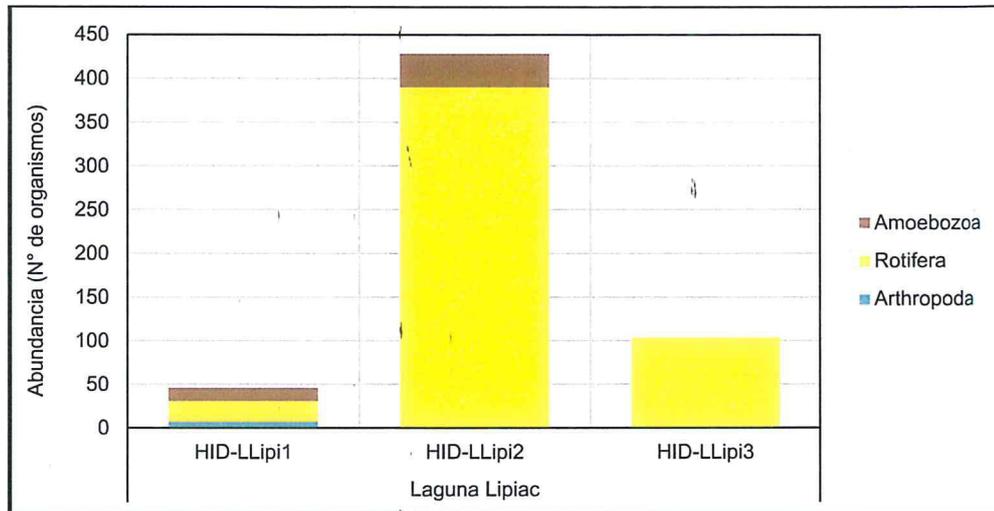


Figura 10-79. Abundancia del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II

- Diversidad alfa

347. Con respecto a los índices de diversidad alfa, los mayores valores de N1 y N2 se presentaron en el punto HID-LLipi1, mientras que los menores valores en el punto HID-LLipi3. En cuanto al índice de Pielou (J'), el mayor valor se presentó en el punto HID-LLipi1, a diferencia del punto HID-LLipi3 donde fue zero debido a la presencia de sólo un taxa (ver Figura 10-80). De acuerdo con los resultados, el punto HID-LLipi1 es el que presenta indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en este punto. Así mismo, no se observa una distribución equitativa de la abundancia en el punto HID-LLipi2 debido a la dominancia del phylum Rotifera; a diferencia del punto HID-LLipi1 donde los taxa presentes tuvieron una distribución de la abundancia equitativa.



[Handwritten signature]

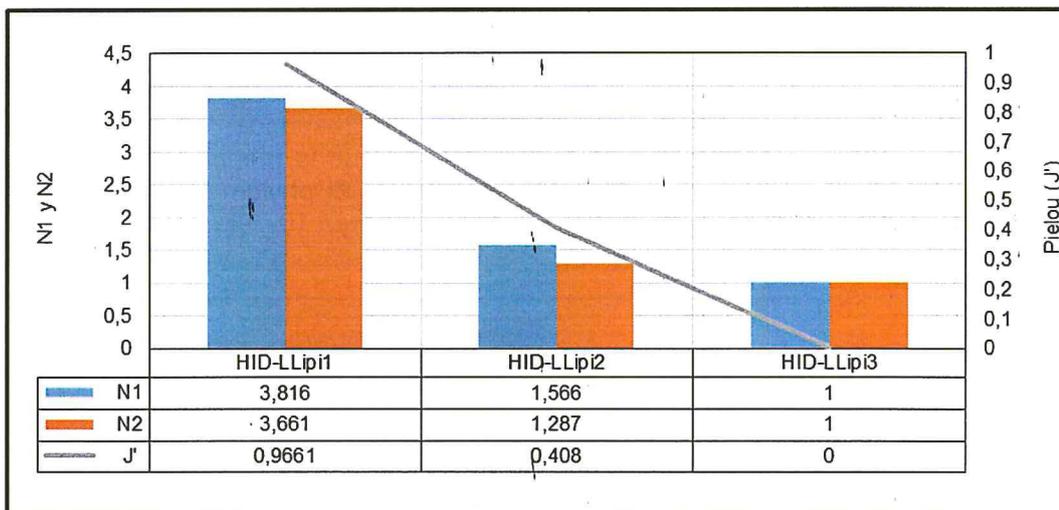


Figura 10-80. Índices de diversidad alfa del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II

- Diversidad beta



348. En la Figura 10-81 se presenta el dendrograma de similitud del zooplancton calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se aprecia la agrupación de los puntos HID-LLipi2 y HID-LLipi3 con un 40 % de similitud lo que demuestra una moderada cantidad de taxa comunes entre estos puntos. Sin embargo, el tercer punto evaluado en la laguna Lipiac (HID-LLipi1) presentó un nivel de asociación de 13 % debido a que tres de los cuatro taxa registrados en este punto fueron exclusivos.

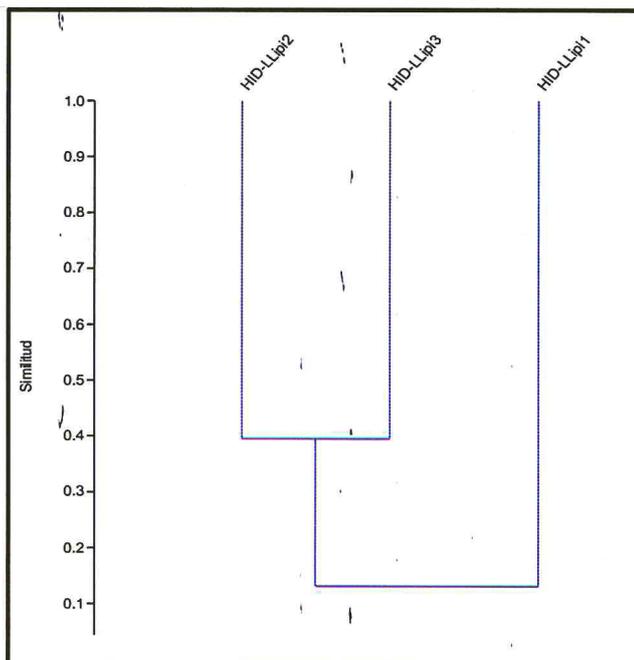


Figura 10-81. Dendrograma de similitud del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II

[Handwritten signature]

b.2) Macroinvertebrados bentónicos

- Composición y riqueza

349. Fueron encontrados un total de ocho taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en tres puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-LLipi1, representado por 6 taxa, mientras que la menor riqueza a los puntos HID-LLipi2 y HID-LLipi3, representados por 5 taxa. No se detectaron grandes variaciones de riqueza entre los puntos de muestreo. En esta laguna, la riqueza estuvo dominada por el orden Diptera, seguido por órdenes de clases No insecta (ver Figura 10-82).

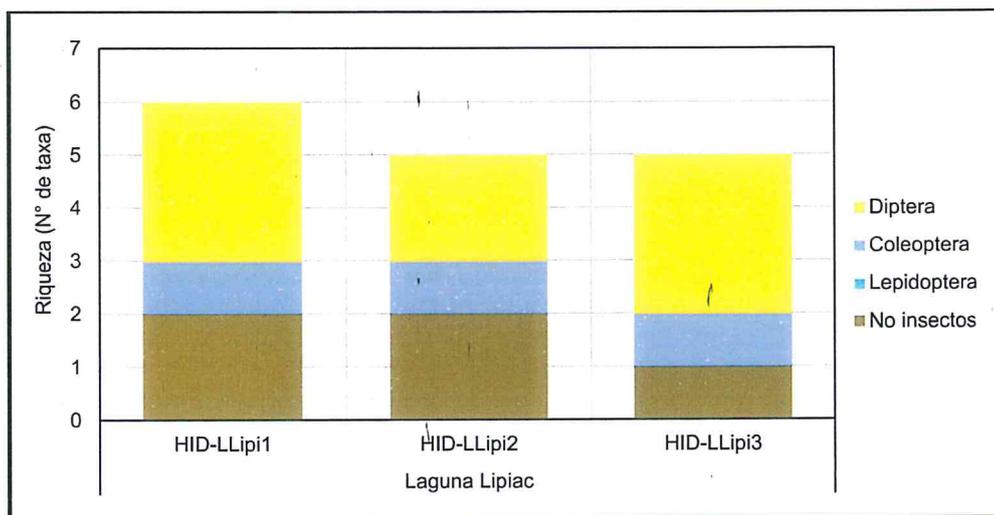


Figura 10-82. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II

- Abundancia

350. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-LLipi2, representado por 142 organismos, en tanto que la menor abundancia al punto HID-LLipi1, representado por 26 organismos. Se observan grandes variaciones de abundancia entre puntos de muestreo, específicamente el punto HID-LLipi1 con respecto al resto de los puntos. El orden Diptera fue el más abundante en todos los puntos (ver Figura 10-83).



[Handwritten signatures and initials in blue ink]

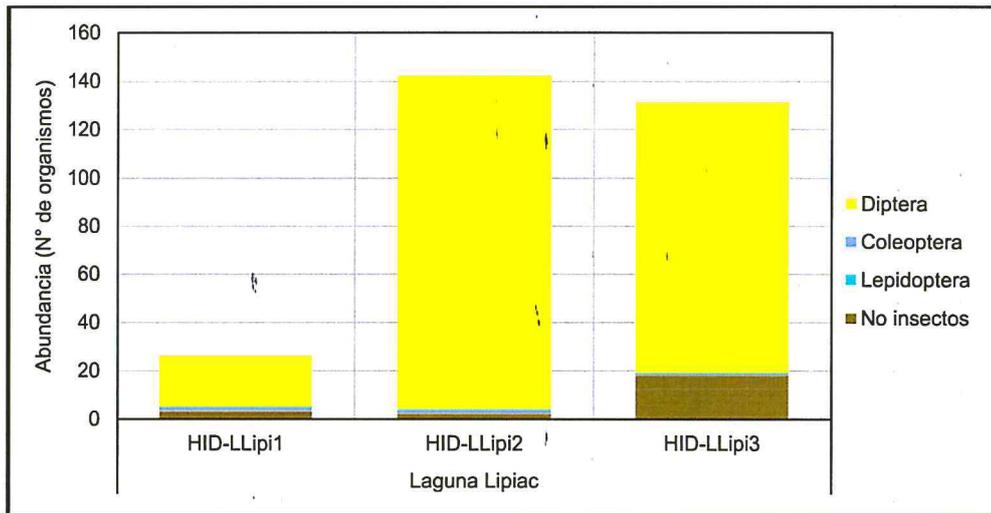


Figura 10-83. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II

• Diversidad alfa

351. Con respecto a los índices de diversidad alfa y equidad de Pielou (J'), los mayores valores se presentaron en el punto HID-LLipi1, mientras que los menores valores en el punto HID-LLipi2 (ver Figura 10-84). De acuerdo con los resultados, el punto HID-LLipi1 es el que presenta indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en este punto. Así mismo, no se observa una distribución equitativa de la abundancia en los puntos HID-LLipi2 y HID-LLipi3 debido a la dominancia del orden Diptera; a diferencia del punto HID-LLipi1 donde los taxa presentes tuvieron una distribución de la abundancia más equitativa.

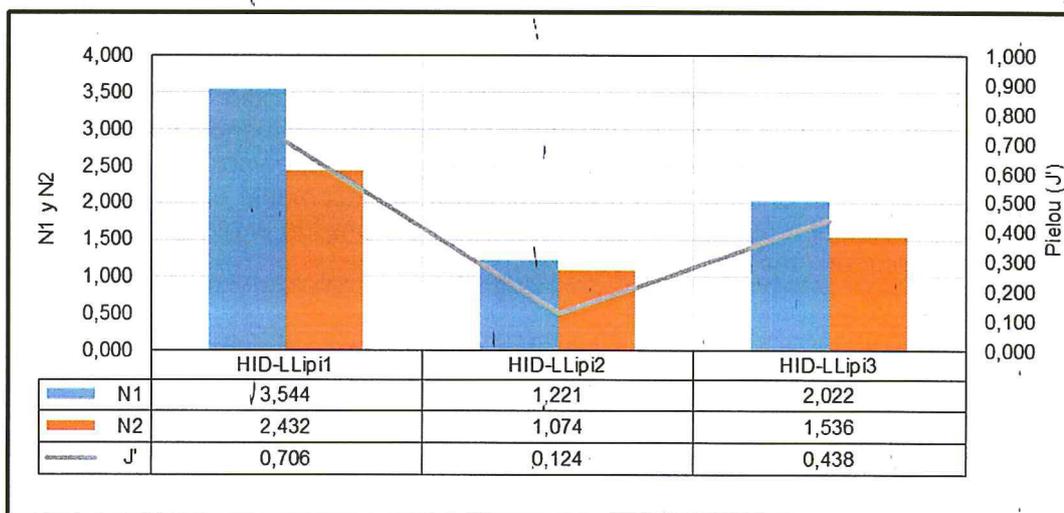


Figura 10-84. Índices de diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II



[Handwritten signature]

- Diversidad beta

352. En la Figura 10-85 se presenta el dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se observa la agrupación de los puntos HID-LLipi2 y HID-LLipi3 con un nivel de asociación de 79 % lo que demuestra una alta cantidad/de taxa compartidos entre estos puntos. Sin embargo, el tercer punto evaluado en la laguna Lipiac (HID-LLipi1) presentó un 24 % de similitud lo que demuestra una baja similitud de las abundancias de los taxa de macroinvertebrados bentónicos entre este punto con el grupo antes descrito.

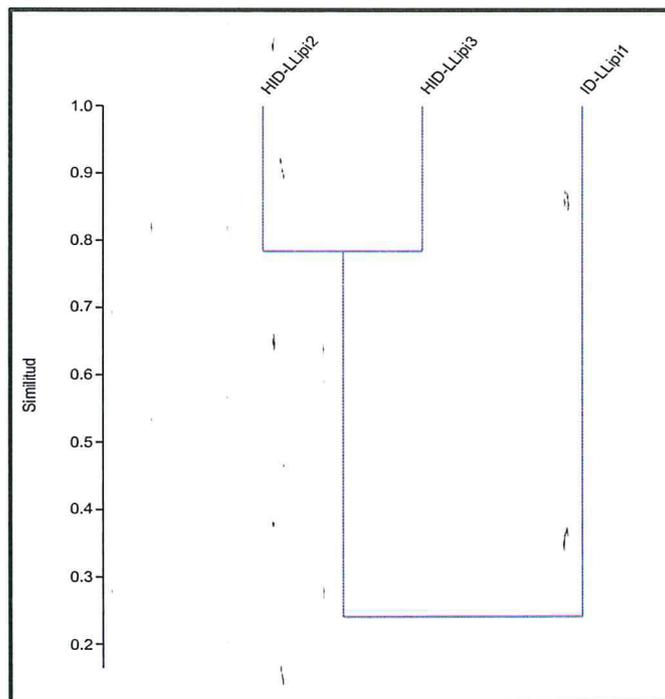


Figura 10-85. Dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona II

c) Zona III

353. En esta zona, fueron evaluadas las comunidades de plancton y macroinvertebrados bentónicos. Para este fin se colectó una muestra de cada comunidad hidrobiológica en la laguna Yanacocha.

c.1) Plancton

354. Fueron encontrados 8824 organismos agrupados en 19 taxa de fitoplancton; donde el phylum Bacillariophyta presentó la mayor riqueza y abundancia, seguido del phylum Charophyta. Con respecto al zooplancton, fueron encontrados un total de 15 organismos de Maxillopoda N.D. y 90 organismos de *Cephalodella* sp., pertenecientes al phylum Arthropoda y Rotífera, respectivamente.



Handwritten signatures and initials in blue ink.

355. No se calcularon índices de diversidad alfa ni beta por haberse hallado una diversidad muy limitada y no tener más puntos de muestreo para realizar comparaciones.

c.2) Macroinvertebrados bentónicos

356. Fueron encontrados un total de 13 organismos agrupados en 4 taxa de macroinvertebrados bentónicos; donde el orden Diptera fue el más abundante, seguido por Odonata.

357. No se calcularon índices de diversidad alfa ni beta por haberse hallado una diversidad muy limitada y no tener más puntos de muestreo para realizar comparaciones.

d) Zona IV

358. En esta zona, fueron evaluadas las comunidades de plancton y macroinvertebrados bentónicos. Para este fin se colectaron dos muestras de cada comunidad hidrobiológica en la laguna Kerosene.

d.1) Plancton

359. Teniendo como base los resultados y para mejorar su entendimiento, el análisis de esta comunidad será realizado por separado para cada uno de sus dos componentes: fitoplancton y zooplancton.

d.1.1) Fitoplancton

- Composición y riqueza

360. Fueron encontrados un total de 36 taxa de fitoplancton, distribuidos en 2 puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-LKero3, representado por 33 taxa, mientras que la menor riqueza al punto HID-LKero2, representado por 13 taxa. El phylum Bacillariophyta presentó la mayor riqueza en el punto HID-LKero2, en tanto que Cyanobacteria presentó la mayor riqueza en el punto HID-LKero3 (ver Figura 10-86).

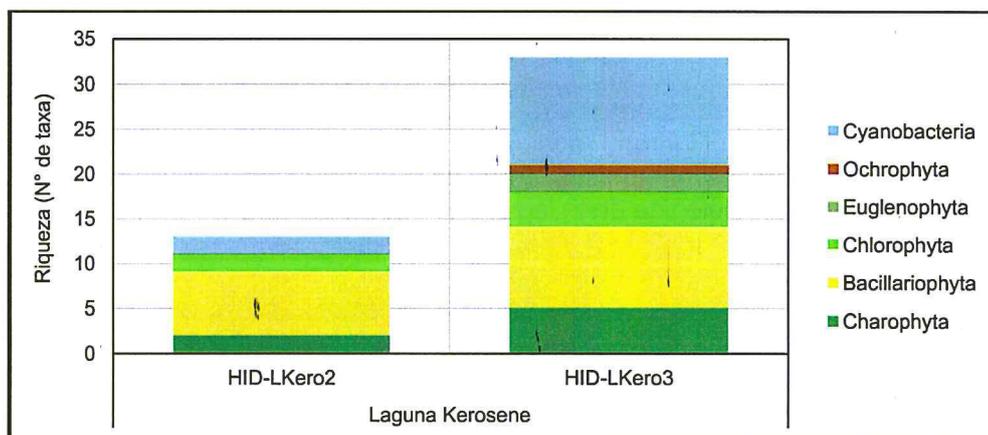


Figura 10-86. Composición y riqueza del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV



Handwritten signature in blue ink.

- Abundancia

361. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-LKero3, representado por 5165 organismos, en tanto que la menor abundancia correspondió al punto HID-LKero2, representado por 702 organismos. El phylum Bacillariophyta presentó una mayor abundancia en el punto HID-LKero2, en tanto que en el punto HID-LKero3 Charophyta tuvo una mayor abundancia (ver Figura 10-87).

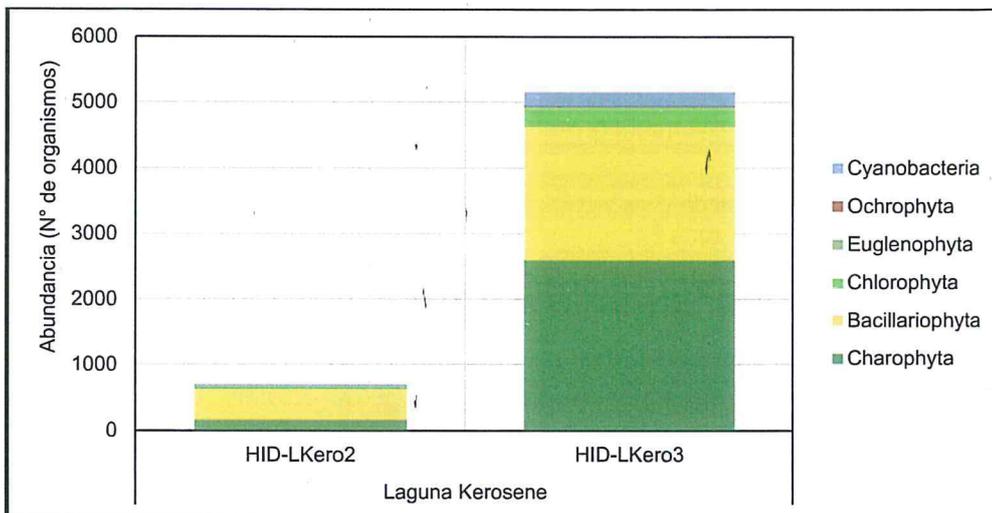


Figura 10-87. Abundancia del fitopláncton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV

- Diversidad alfa

362. Con respecto a los índices de diversidad alfa y equidad de Pielou (J'), los mayores valores se presentaron en el punto HID-LKero2, mientras que los menores valores en el punto HID-LKero3 (ver Figura 10-88). De acuerdo con los resultados, el punto HID-LKero2 es el que presenta indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en dicho punto. Además, se observa una distribución equitativa de la abundancia en el punto HID-LKero2; a diferencia de HID-LKero3 que presentó una distribución regularmente homogénea de la abundancia, debido a la dominancia del phylum Charophyta y Bacillariophyta.



[Handwritten signatures and initials in blue ink]

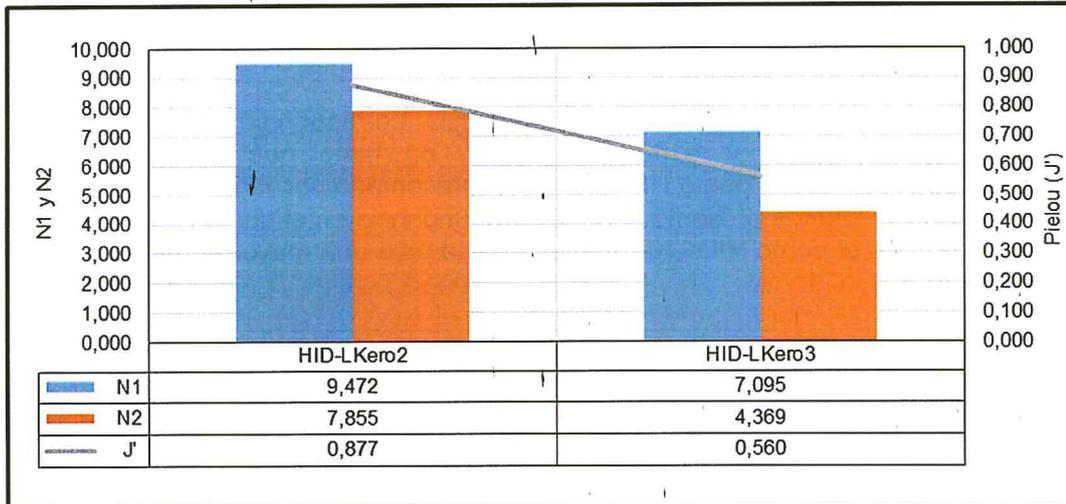


Figura 10-88. Índices de diversidad alfa del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV

- Diversidad beta

363. En la Figura 10-89 se presenta el dendrograma de similitud del fitoplancton calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se aprecia un 18 % de similitud entre los puntos HID-LKero2 y HID-LKero3, lo que demuestra una baja cantidad de taxa compartidos así como una ligera similitud de las abundancias de los taxa entre ambos puntos ubicados en la laguna Kerosene.

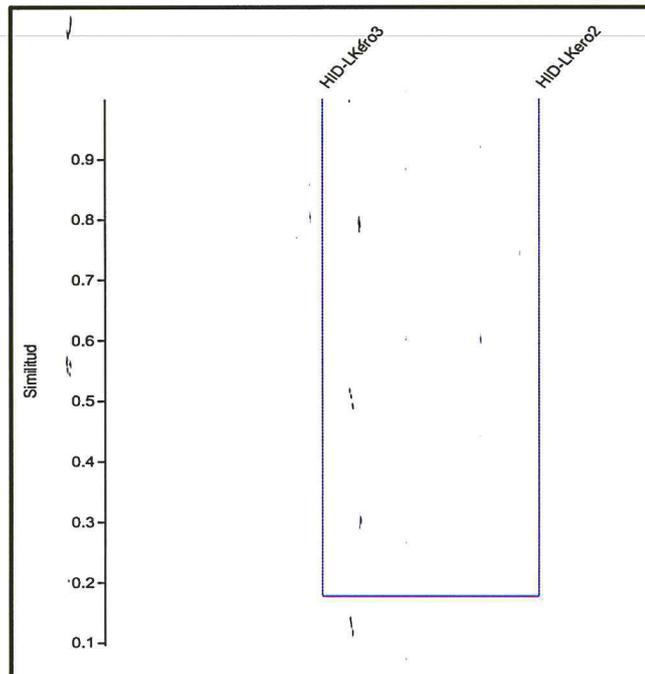


Figura 10-89. Dendrograma de similitud del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV



[Handwritten signature]

d.1.2) Zooplancton

- Composición y riqueza

364. Fueron encontrados un total de nueve taxa de zooplancton, distribuidos en dos puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-LKero2, representado por siete taxa, mientras que la menor riqueza al punto HID-LKero3, representado por seis taxa. El phylum Amoebozoa presentó la mayor riqueza en todos los puntos, seguido del phylum Arthropoda (ver Figura 10-90).

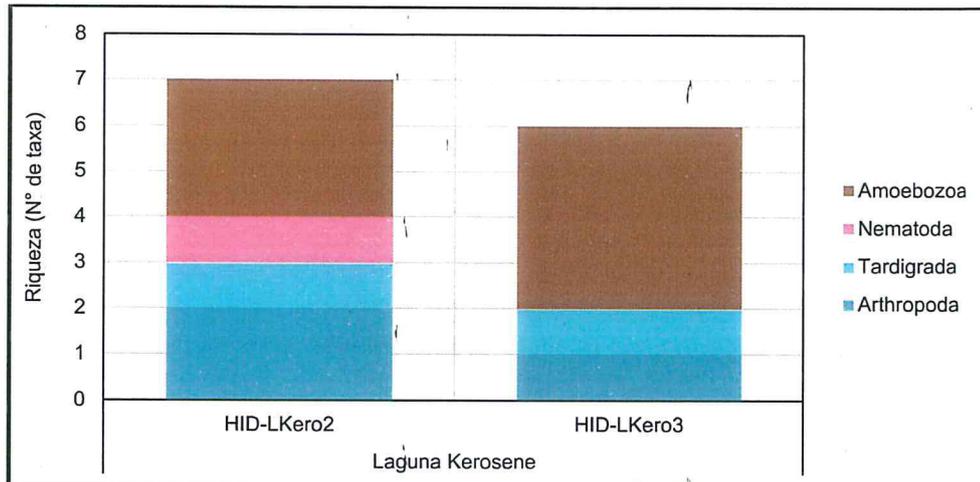


Figura 10-90. Composición y riqueza del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV

- Abundancia

365. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-LKero3, representado por 203 organismos, en tanto que la menor abundancia al punto HID-LKero2, representado por 130 organismos. El phylum Amoebozoa presentó una mayor abundancia en todos los puntos, seguido de Arthropoda (ver Figura 10-91).



[Handwritten signatures and initials in blue ink]

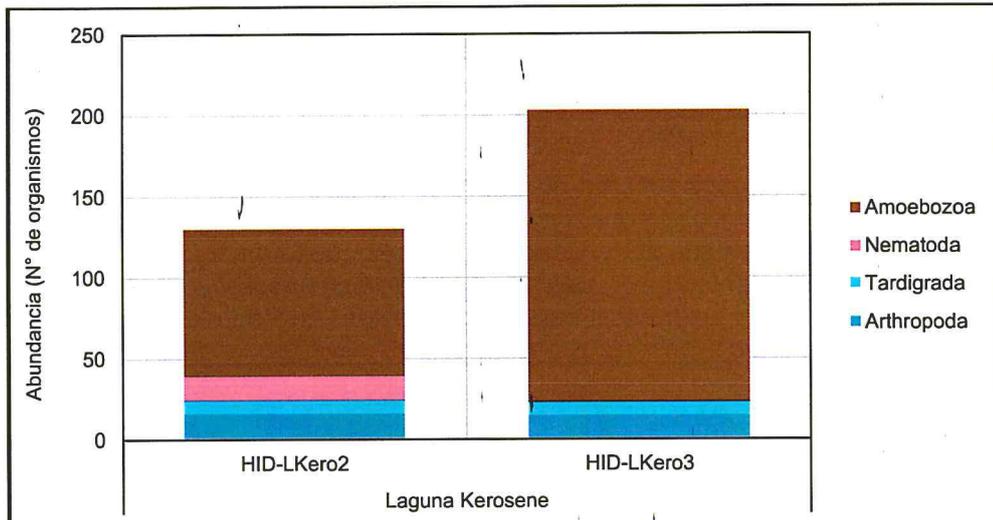


Figura 10-91. Abundancia del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV

• Diversidad alfa

366. Con respecto a los índices de diversidad, el mayor valor del índice N1 se presentó en el punto HID-LKero2, mientras que el menor valor en el punto HID-LKero3. En cuanto al índice N2 y equidad de Pielou (J'), los mayores valores se encontraron en el punto HID-LKero3, en tanto que, los menores valores en el punto HID-LKero2v. De acuerdo con los resultados, ambos puntos presentan indicadores de diversidad semejantes, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en estos puntos. Así mismo, se observa una distribución equitativa de la abundancia en ambos puntos (ver Figura 10-92).

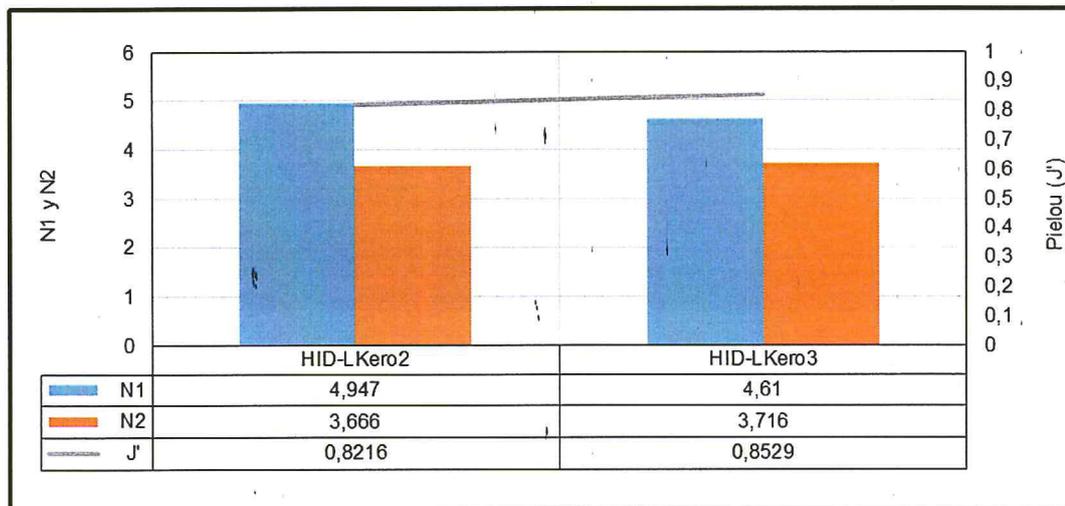


Figura 10-92. Índices de diversidad alfa del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV



[Handwritten signature]

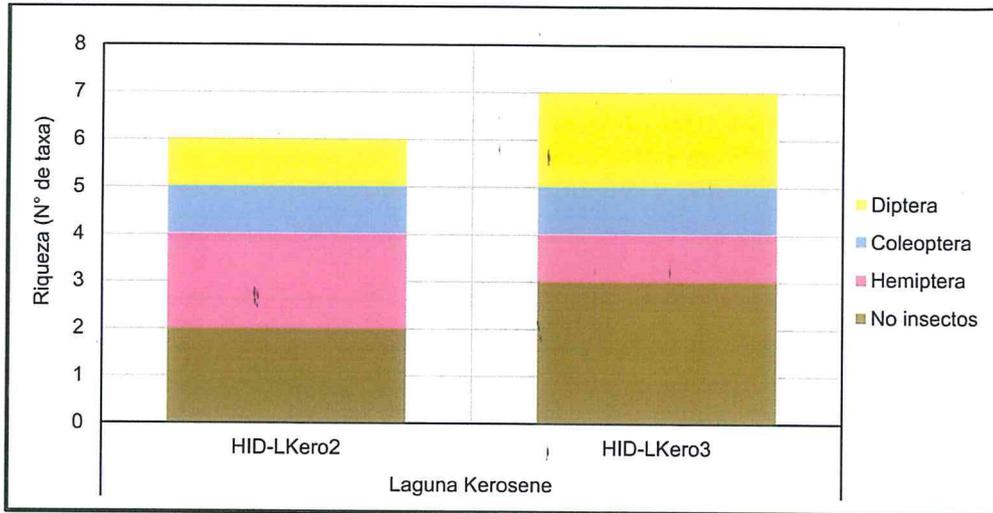


Figura 10-94. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV

- Abundancia

369. Se observó que la mayor abundancia correspondió al punto HID-LKero2, representado por 171 organismos, en tanto que la menor abundancia al punto HID-LKero3, representado por 43 organismos. Se observan grandes variaciones de abundancia entre ambos puntos de muestreo. El orden más abundante en el punto HID-LKero3 fue Hemiptera, a diferencia de HID-LKero2 donde órdenes de clases no Insecta fueron dominantes (ver Figura 10-95).

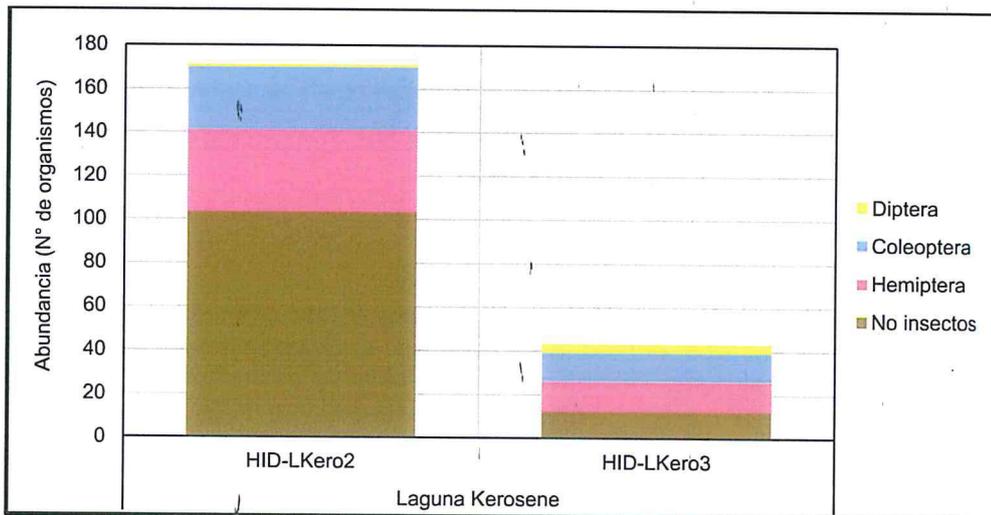


Figura 10-95. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV

- Diversidad alfa

370. Con respecto a los índices de diversidad alfa y equidad de Pielou (J'), los mayores valores se presentaron en el punto HID-LKero3, mientras que los menores valores en el punto HID-LKero2 (ver Figura 10-96). De acuerdo con los resultados, el punto



Handwritten signatures and initials in blue ink on the left margin.

- Diversidad beta

367. En la Figura 10-93 se presenta el dendrograma de similitud del zooplancton calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se observa un 33 % de similitud entre los puntos HID-LKero2 y HID-LKero3, lo que demuestra una baja cantidad de taxa compartidos entre ambos puntos ubicados en la laguna Kerosene.

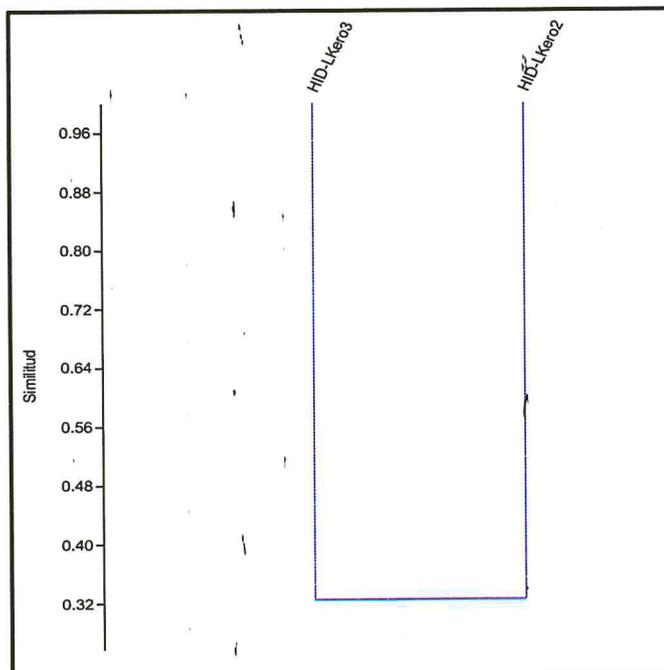


Figura 10-93. Dendrograma de similitud del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV

d.2) Macroinvertebrados bentónicos

- Composición y riqueza

368. Fueron encontrados un total de ocho taxa de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en dos puntos de muestreo. Se observó que la mayor riqueza correspondió al punto HID-LKero3, representado por siete taxa, mientras que la menor riqueza al punto HID-LKero2, representado por seis taxa. No se detectaron grandes variaciones de riqueza entre ambos puntos de muestreo. La riqueza estuvo dominada por órdenes que pertenecen a la clase no insecta, seguidos por los órdenes Diptera y Hemiptera, principalmente (ver Figura 10-94).



[Handwritten signatures and initials in blue ink]



HID-LKero3 es el que presenta indicadores más altos de diversidad, lo cual se relaciona con la riqueza y abundancia encontradas en este punto. Además, se observa una distribución equitativa de la abundancia en el punto HID-LKero3; a diferencia de HID-LKero2 que presentó una distribución regularmente homogénea de la abundancia, debido principalmente a la dominancia de órdenes de clases no Insecta.

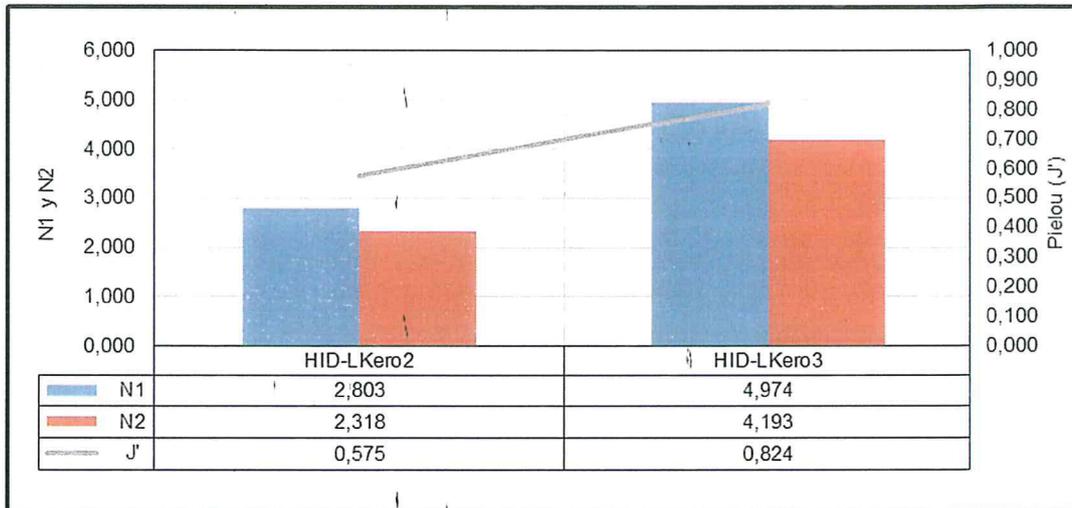


Figura 10-96. Índices de diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV

Diversidad beta

371. En la Figura 10-97 se presenta el dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos calculado mediante el índice de Bray Curtis. Se aprecia una asociación de 34 % entre los puntos HID-LKero2 y HID-LKero3, lo que demuestra una baja cantidad de taxa compartidos entre ambos puntos ubicados en la laguna Kerosene.

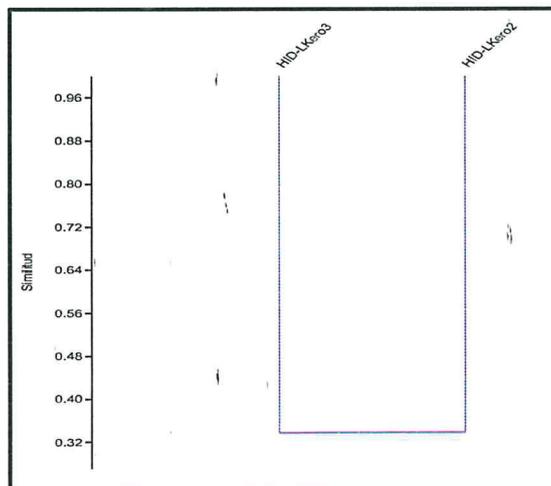


Figura 10-97. Dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la zona IV



Handwritten signatures and initials in blue ink.



11. DISCUSIONES

372. En la presente sección se discuten brevemente los resultados obtenidos para los diferentes componentes ambientales analizados.

11.1. Calidad de agua

373. De la evaluación realizada se tiene que los valores obtenidos de pH en las quebradas ubicadas en la zona I se observa que en los puntos QMilp1 (quebrada Milpo) y QQuin1 (quebrada Quinuacucho) presentan características ácidas. Los valores de pH ácido en el punto QMilp1 (quebrada Milpo, ubicado a 60 m aproximadamente de la salida de la laguna Milpo), puede deberse a que la laguna Milpo, presenta valores de pH 4,21, 4,49 y 4,5 en los puntos LMilp1, LMilp2 y LMilp3¹⁸.

374. Sin embargo, los valores de pH reportados en la quebrada Milpo (QMilp2 y QMilp4) y quebrada Punre (QPunr2) que pertenece a la misma zona evaluada, presentaron características básicas. Este puede deberse a que los puntos mencionados se ubican en una zona de formación geológica Chulec (Km-ch)¹⁹ de acuerdo al mapa geológico presentado en la segunda modificación del estudio de impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración minera El Galeno.

375. Asimismo, se observó comportamientos ácidos en las lagunas La Rinconada (LRinc1, LRinc2 y LRinc3) y Dos Colores (LDCol1, LDCol2 y LDCol3). La acidez presente en las lagunas, podría explicarse porque se encuentra sobre un área abundante en sulfuro de hierro (pirita) y tiene influencia de aguas volcánicas (Moreno, 1986), lo cual guarda relación con los resultados de la línea de base del administrado²⁰.

376. Por otro lado, se observó comportamientos ácidos en los manantiales ubicados en el caserío Santa Rosa de Milpo (FNat7, FNat13 y FNat14). Se conoce que el pH de un cuerpo de agua permanece razonablemente constante a menos que su calidad cambie debido a las influencias de tipo natural o antropogénicas, provocando el aumento de la acidez o basicidad. La acidez de los manantiales puede deberse, a que el manantial es producto de las infiltraciones de la escorrentía causada por las precipitaciones, que a su paso disuelven las rocas, generando iones que ocasionan la acidez, los iones más frecuentes son el Na⁺, K⁺ y Fe⁴⁺, en el caso del Na⁺, este reacciona con el agua, generando NaOH y H⁺ como producto, los NaOH se pierden rápidamente en el suelo (precipitan) y el ion H⁺, queda libre produciendo la acidez del agua (Brown et al., 2004)

377. En la laguna Muyoc, en la zona I el fósforo se encuentra en mayor porcentaje en su forma suspendida. Sin embargo, presentó altas concentraciones de fósforo en los puntos LMuy1, LMuy2, LMuy3 y LMuy4 con valores de 0,063; 0,104; 0,087 y 0,085 mg/L respectivamente que excedieron el ECA para agua Cat4E1, lo cual se

¹⁸ Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) aprobados por el Ministerio de Energía y Minas – MINEM

¹⁹ Esta formación consiste en una secuencia fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema amarillento.

(<http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/GEOLOGIA.pdf> (revisado el 03.01.2018).

²⁰ Segunda modificación del estudio de impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración minera El Galeno



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large 'J' and several other marks.

debe a la actividad ganadera que se realiza en las inmediaciones de la laguna Muyoc.

378. Los puntos LDCol1 y LDCol2, ubicados en la laguna Dos Colores, presentaron concentraciones de cobre, que exceden el ECA para agua Cat4E1. Se precisa que el cobre se encuentra mayoritariamente en su forma disuelta presentando porcentajes de 96 % y 98%, guardando relación la concentración de SST que fueron menores al límite de detección analítico. La presencia de cobre en su forma disuelta se debe a la acidez del agua, donde predominaría el cobre en su forma disuelta (Cu^{+2}) (Pourbaix, 1974).
379. En la zona I, en el área de estudio se observa que el parámetro aluminio se encuentra en su forma suspendida en la mayoría de los puntos, a excepción del punto QMilp1 en la quebrada Milpo y QQuin1 en la quebrada Quinuacucho que se presenta en su forma disuelta, esto se debe a que ambos puntos presentaron características ácidas, con valores de pH de 4,39 y 4,92 respectivamente, a cuyas condiciones predomina el aluminio en su forma catiónica (Al^{+3}) (Pourbaix, 1974), mientras que en los puntos QMilp2, QMilp4 y QPunr2, donde el metal aluminio se encuentra en su forma suspendida, presentan características básicas, con valores de pH de 8,53; 8,42 y 8,44 respectivamente. Similar comportamiento se observó con las concentraciones de hierro y manganeso (ver Figura 11-1).
380. Del análisis realizado en la zona II, se tiene que en la quebrada Papacuay (QPapa1) a 10 m aproximadamente de la salida de la laguna Papacuay se registró un pH básico (9,05 unidades de pH). Este puede deberse a que el punto se ubica en una zona de formación geológica Chulec (Km-ch)²¹, mientras que en la quebrada Lipiac (QLipi1 y QLipi2), se obtuvieron valores de pH dentro del rango según el ECA para agua, Cat3D1 y Cat3D2, al igual que en los manantiales evaluados en esta zona (ver Figura 11-2).
381. Respecto a los resultados de pH obtenidos en la laguna Lipiac ubicada en el caserío San Lorenzo de Lipiac en la zona II, registraron valores de pH ácido en los tres puntos de muestreo (LLipi1, LLipi2 y LLipi3) que no cumplieron el rango del ECA para agua Cat4E1; asimismo, se obtuvieron concentraciones de plomo que excedieron el ECA, en los dos primeros puntos, predominó el plomo en su forma disuelta (95 y 93 % respectivamente) y en el tercer punto ligeramente superior en su forma suspendida (52%). En los demás puntos evaluados en las quebradas, manantiales y lagunas, ubicados en la zona II, no se reportaron concentraciones significativas de metales.
382. En la zona III del área de estudio se ubica el punto de muestreo QLipi1A que corresponde a la quebrada Lipiac antes de la confluencia con la quebrada Yanacocha en el caserío de Chamcas, el cual presentó un pH ácido; asimismo, esta acidez se observó en la Laguna Yanacocha; sin embargo, este comportamiento difiere de lo reportado en los manantiales Yanacocha (MYana1) y La Cortadera (MLCor1), los cuales presentaron características básicas (ver Figura 11-3).

²¹ Esta formación consiste en una secuencia fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema amarillento.
(<http://zeoot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/GEOLOGIA.pdf> (revisado el 03.01.2018)).

383. Finalmente, en la zona IV, se presentan características ácidas las quebradas Kerosene (QKero1) y Chupicario (QChup-01), ambas ubicadas aguas abajo de la captación para riego del caserío Guagayoc, asimismo, la laguna Kerosene en los tres puntos de muestreo (LKero-01, LKero2 y LKero3). La acidez presente en la zona guarda relación los resultados de la línea de base del administrado²² (ver Figura 11-4).
384. Los 68 puntos de muestreo evaluados presentaron 8 facies hidroquímicas, entre sulfatadas (cálcica, cálcica – magnésica, sódica, magnésica – sódica, cálcica – sódica, magnésica) y bicarbonatadas (cálcica, sódica – potásica, sulfatada – clorurada – cálcica). En este sentido es importante precisar que las aguas naturales adquieren su composición química mediante un proceso complejo, donde intervienen factores geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos, climáticos, pedológicos, antrópicos, químico-físicos y otros (Facundo, 1990a). Asimismo, influyen factores relacionados con la litología (composición de los minerales de las rocas), el estado de yacencia de las secuencias estratigráficas, la tectónica, el agrietamiento, la textura y porosidad de las rocas, así como; factores de tipo geomorfológico también influyen en la composición química de las aguas (Facunda & González, 2005).



Handwritten signature in blue ink, consisting of several stylized characters.

²² Segunda modificación del estudio de impacto ambiental semidetallado del proyecto de exploración minera El Galeno

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

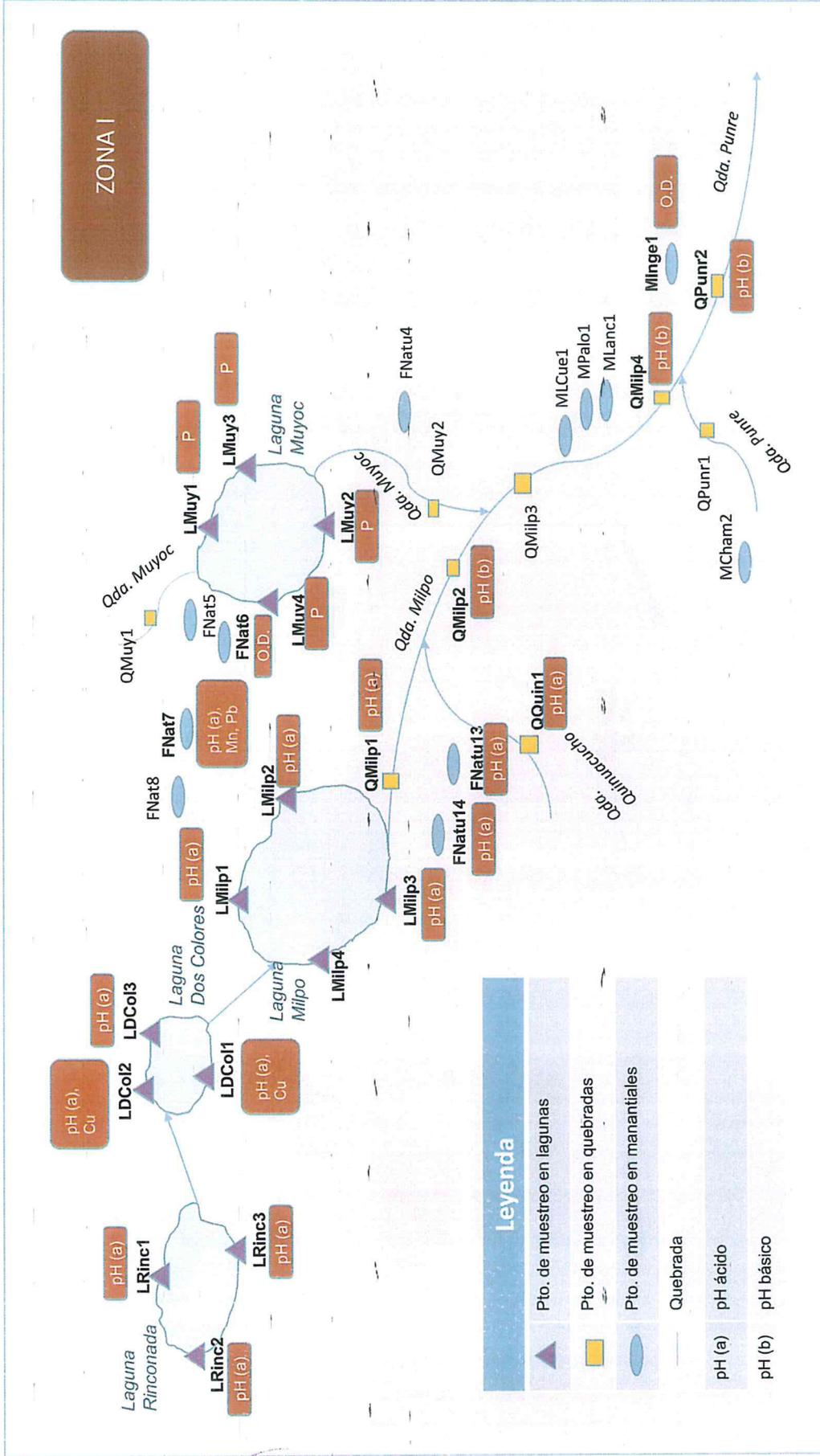


Figura 11-1 Diagrama de parámetros que exceden el ECA para agua en la zona I – Área de influencia del proyecto El Galeno

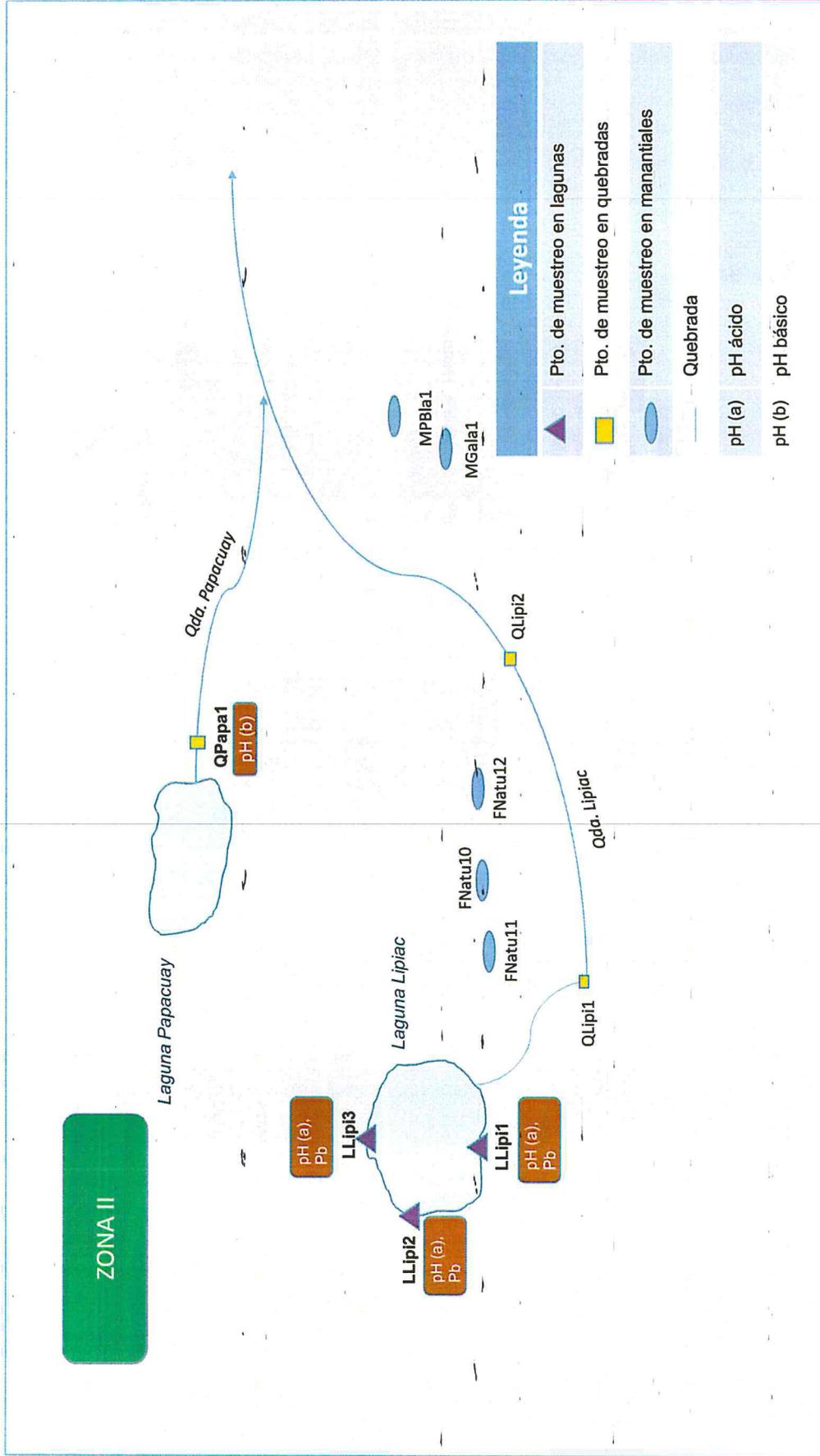


Figura 11-2 Diagrama de parámetros que exceden el ECA para agua en la zona II – Área de influencia del proyecto El Galeno

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

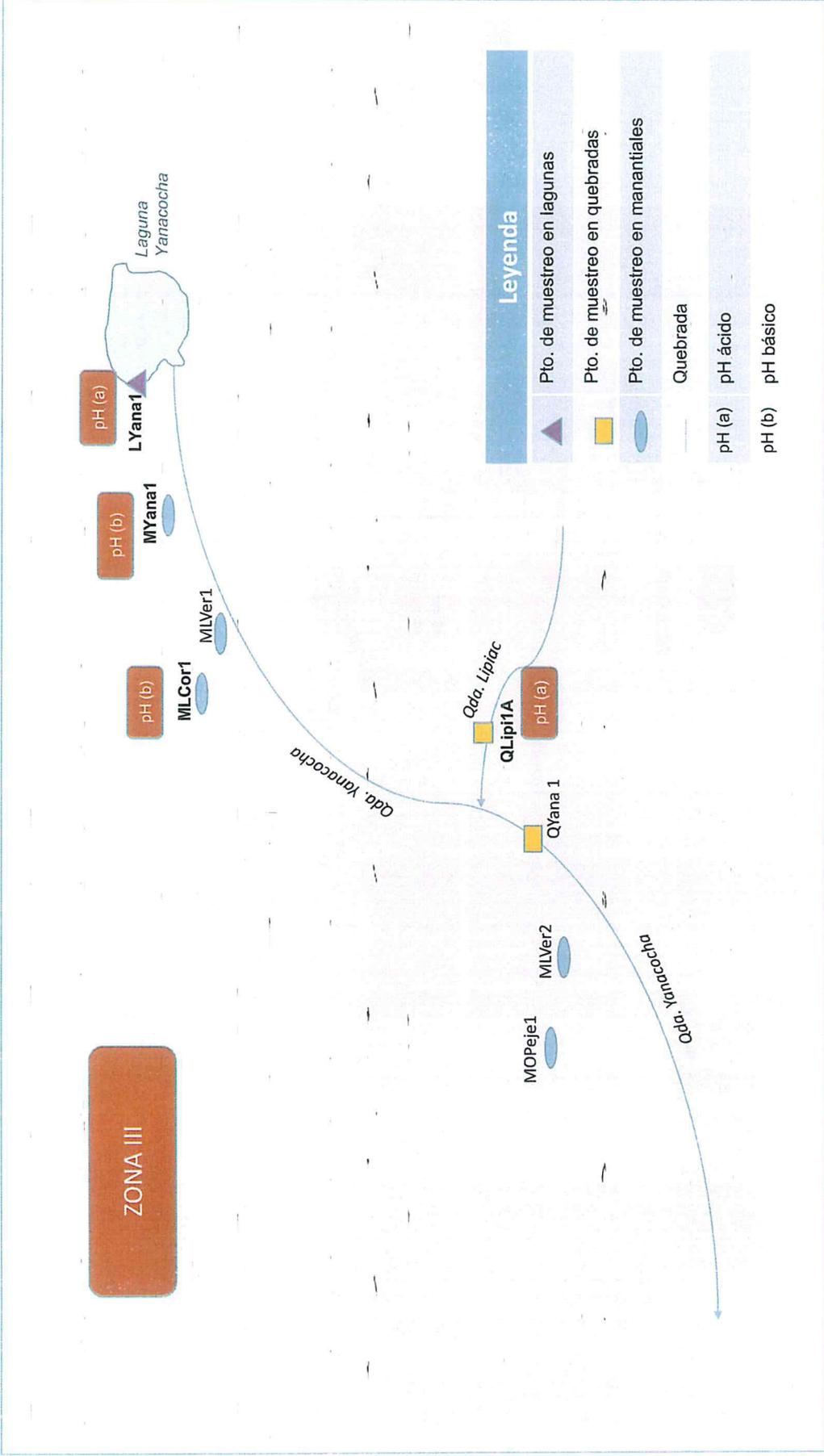


Figura 11-3 Diagrama de parámetros que exceden el ECA para agua en la zona III – Área de influencia del proyecto El Galeno



[Handwritten signature]

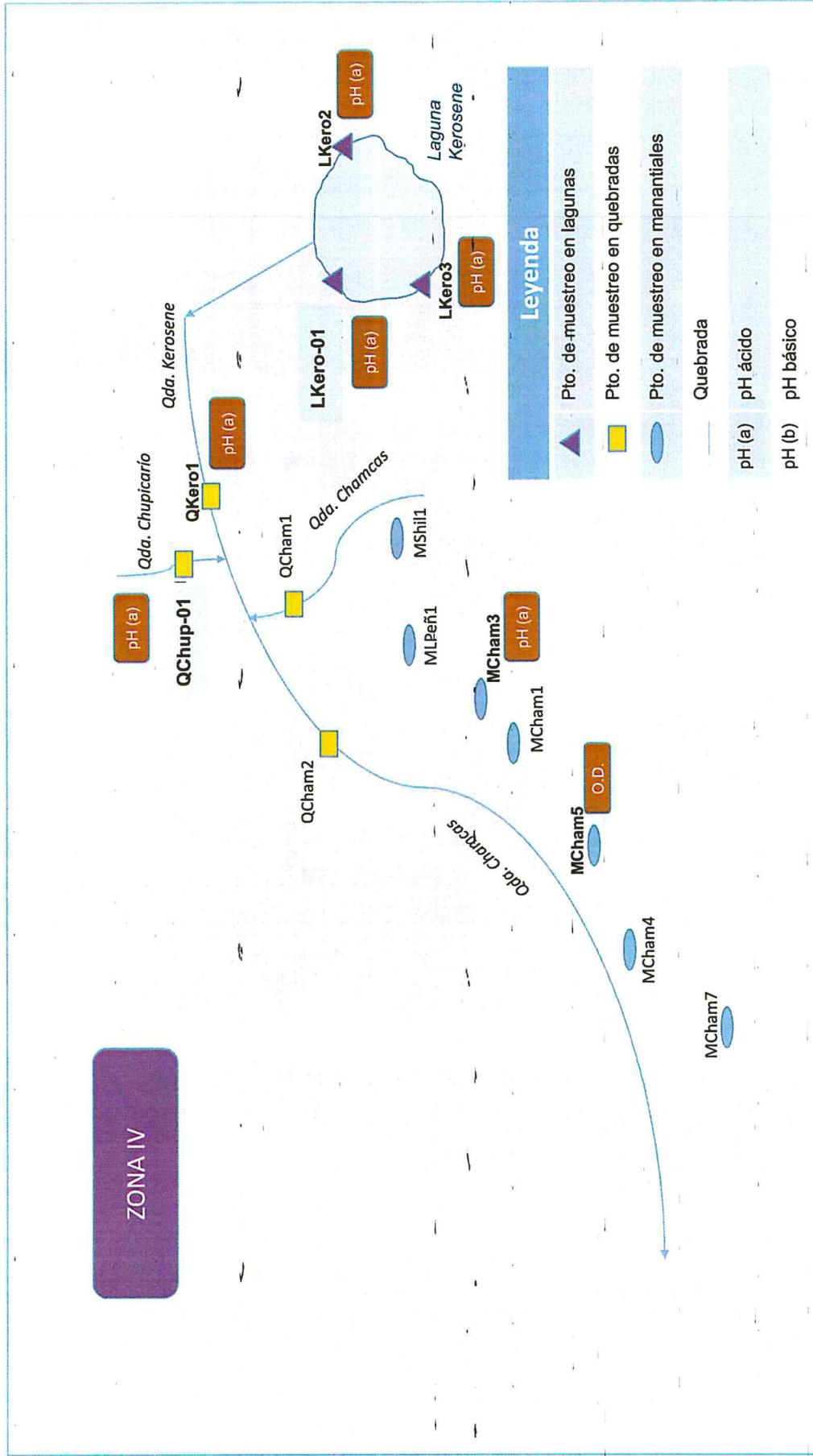


Figura 11-4 Diagrama de parámetros que exceden el ECA para agua en la zona IV – Área de influencia del proyecto El Galeno



11.2. Comunidades hidrobiológicas

385. Las comunidades hidrobiológicas son ampliamente utilizadas como indicadores biológicos en actividades de monitoreo, resaltándose el uso de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados bentónicos en quebradas y ríos (Li et al., 2010) y de plancton en lagunas (Marmorek y Korman, 1993). En el área de influencia del Proyecto Minero El Galeno se evaluaron 28 puntos de muestreo, que corresponden a ambientes lénticos (19 puntos) y ambientes lóticos (9 puntos) de aguas claras. Estos puntos fueron agrupados en cuatro zonas, teniendo en cuenta los componentes del proyecto y la hidrografía del área de influencia.
386. Con respecto al estado del hábitat acuático en el área evaluada, todos los puntos de muestreo se encontraron cerca de actividades humanas relacionadas al proyecto minero y población local. Se observó la presencia de actividades ganaderas cerca de las lagunas Lipiac y Yanacocha, y carreteras cerca de las lagunas Muyoc, La Rinconada, Dos Colores, Milpo y Kerosene. Con respecto a las quebradas, todas presentaron actividades ganaderas, o estuvieron cerca de carreteras o caseríos aguas arriba y abajo del sector evaluado. Cabe resaltar, que también se observó la cercanía del punto HID-LDCol1 (laguna Dos Colores) al área de vertimiento de agua residual del campamento del proyecto minero El Galeno. Además, fue observada la cercanía entre el punto HID-QLipi2 (quebrada Lipiac) y un área de enfriamiento de lácteos del centro poblado La Chorrera.
387. La comunidad del plancton está constituida por organismos microscópicos de naturaleza vegetal (fitoplancton) responsables de la mayor parte de la productividad primaria en los lagos, y por organismos de naturaleza animal (zooplancton) responsables de iniciar la cadena alimenticia (Roldán y Ramírez, 2008). Debido a la gran relevancia ecológica de estos componentes en los ambientes lénticos, el plancton es ampliamente utilizado como bioindicador en los monitoreos de estos cuerpos de agua. Respecto a los resultados, el phylum Bacillariophyta fue el más dominante y el que presentó mayor riqueza en la mayoría de los puntos de muestreo, confirmándose su amplia diversificación en aguas continentales. Sin embargo, en algunos puntos se observó mayor riqueza o abundancia de los phylum Cyanobacteria y Charophyta (HID-LLipi3), Cyanobacteria (HID-LKero3), y Chlorophyta (HID-LMuy2, HID-LMuy3 y HID-LMuy4).
388. El phylum Cyanobacteria se presenta fundamentalmente cuando las condiciones ambientales varían notablemente respecto a las condicionales habituales (Roldán y Ramírez, 2008). Debido a ello, la relación entre la mayor riqueza de Cyanobacteria con la cercanía a áreas ganaderas y presencia de carreteras en puntos HID-LLipi3 y HIDKero3, respectivamente, podría sugerir un cambio en las condiciones químicas del agua a causa de estas actividades. Por otro lado, la mayor abundancia del phylum Chlorophyta, específicamente de los taxa *Volvox* sp. y *Ankyra* sp., en la mayoría de los puntos evaluados en la laguna Muyoc sugiere un estado trófico de alta productividad (Harper, 1992).
389. Con respecto al zooplancton, se corroboró su limitada riqueza y abundancia en los ambientes acuáticos a diferencia del fitoplancton. En relación a los resultados, el phylum Rotifera presentó la mayor riqueza y dominancia en las lagunas Yanacocha y Lipiac, donde se registraron actividades ganaderas cercanas, lo que sugiere una condición muy productiva en estas lagunas debido a que los rotíferos



f
g
L
e
ST
x



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

11 de setiembre de 2014

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

dominan bajo condiciones muy eutróficas (Roldán y Ramírez, 2008). Por otro lado, las lagunas Kerosene, Milpo, Dos Colores y La Rinconada presentaron mayor riqueza y dominancia del phylum Amoebozoa; sin embargo, en la laguna Muyoc hubo una mayor dominancia de los phylum Ciliophora, Rotifera y Arthropoda. Esta dominancia continúa sugiriendo el estado eutrófico de dicha laguna porque el phylum Ciliophora se caracteriza por tolerar bajas concentraciones de oxígeno por lo que pueden habitar aguas contaminadas o con alto contenido de materia orgánica (Roldán y Ramírez, 2008). Además, algunos taxa del phylum Arthropoda como *Moira* sp., al igual que los rotíferos, son organismos filtradores abundantes en lagunas eutróficas debido a la presencia de fitoplancton más pequeño que facilita la filtración (Margalef, 1983).

390. La comunidad del perifiton está compuesta por un gran número de especies con diversas preferencias ecológicas (Van Dam et al., 1994), debido a su corto ciclo de vida y posición en la cadena trófica por lo que es considerada buen indicador biológico. De acuerdo a los resultados, el phylum Bacillariophyta fue dominante en todas las quebradas evaluadas, lo cual es una condición muy común en los ambientes lóticos tal como lo describe Jorgensen (2009). Con respecto al zooperifiton, el phylum Protozoa fue el que presentó mayor riqueza y abundancia en todas las quebradas evaluadas, excepto en el punto de muestreo HID-QMuy2 ubicado en la quebrada Muyoc que registró dominancia de los phylum Protozoa, Rotifera y Tardigrada. Por otro lado, la quebrada Lipiac sólo presentó organismos del phylum Rotifera lo que estaría relacionado con el estado trófico de las quebradas debido a la presencia de actividades ganaderas en la zona. Otro aspecto resaltante es la gran diferencia en la abundancia de organismos del phylum Protozoa y Rotifera entre la quebrada Quinuacucho respecto al resto de quebradas evaluadas, lo que sugiere que la presencia de carreteras y ganadería en la zona evaluada puede estar afectando el estado trófico de dicha quebrada.

391. Con respecto a los macroinvertebrados bentónicos, las lagunas Lipiac y Yanacocha registraron la dominancia del taxa *Tanytarsini* sp. perteneciente a la familia Chironomidae (orden Diptera) que se caracteriza por habitar aguas con alta cantidad de materia orgánica en descomposición y baja concentración de oxígeno disuelto (Roldán y Ramírez, 2008). Por lo que esta comunidad continúa sugiriendo que las actividades ganaderas cercanas a estas lagunas estarían modificando la productividad y estado de conservación de estas lagunas. La mayoría de los puntos de muestreo en las lagunas ubicadas en la zona I y la laguna Kerosene registraron la dominancia de los taxa *Hydrachnidia* sp. y Haptotaxidae, ambos pertenecientes a órdenes de clases no Insecta. Este último conforma el grupo de los oligoquetos acuáticos caracterizados por habitar en aguas con mucha materia orgánica en descomposición y concentraciones bajas de oxígeno. Por otro lado, cabe resaltar que el punto HID-LMilp3 ubicado en la laguna Milpo registró sólo organismos de la familia Dytiscidae (orden Coleoptera), sin embargo, también es considerado un indicador de mala calidad (Ríos et al., 2014). Finalmente, las quebradas evaluadas también registraron la dominancia del orden Diptera, principalmente de las familias Simuliidae y Chironomidae lo que continúa sugiriendo la perturbación en la calidad de los ambientes acuáticos evaluados.



J
L
E
ST
r



12. CONCLUSIONES

392. De la evaluación ambiental temprana, realizada en el área de influencia del proyecto minero El Galeno en los distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), departamento de Cajamarca, se concluye lo siguiente:

12.1. Calidad de agua

- i. El análisis de calidad de agua en los 18 puntos de muestreo establecidos en las quebradas, se ha realizado comparando las concentraciones obtenidas en la EAT con los Estándares de calidad de agua (ECA para agua) aprobado con Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Categoría 3, Subcategorías D1 "Riego de vegetales" (para riego restringido y no restringido) y D2, "Bebida de animales" (Cat3D1 y Cat3D2, respectivamente), asimismo, los 29 puntos de muestreo ubicados en los manantiales, fueron comparados referencialmente con dicha categoría, ya que constituyen afloramientos de agua que se mezclan en el curso de las quebradas, las mismas que son utilizadas con fines agrarios. Por otro lado, los resultados de agua de los 21 puntos en las lagunas fueron comparados con la Categoría 4 "Conservación del ambiente acuático", E1: Lagunas y lagos, que comprende cuerpos naturales de agua lénticos.
- ii. De la evaluación realizada se tiene que los valores obtenidos de pH en los puntos QMilp1 y QQuin1 de la zona I, presentan características ácidas, sin embargo, los valores de pH en la quebrada Milpo (QMilp2 y QMilp4) y quebrada Punre (QPunr2) que pertenecen a la misma zona evaluada, presentaron características básicas así como en el punto QPapa1. Asimismo, se observó comportamientos ácidos en los puntos QLipi1A, QKero1 y QChup-01, en las lagunas La Rinconada (LRinc1, LRinc2 y LRinc3), Dos Colores (LDCol1, LDCol2 y LDCol3), Lipiac ubicada en el caserío San Lorenzo de Lipiac (LLipi1, LLipi2 y LLipi3) y Milpo (LMilp1, LMilp2 y LMilp3). Por otro lado, se observó comportamientos ácidos en los manantiales ubicados en el caserío Santa Rosa de Milpo (FNat7, FNatu13 y FNatu14), en los puntos MLCor1 y MYana1 en la zona III.
- iii. Las concentraciones de manganeso y plomo en el punto FNat7 excedieron el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 comparado referencialmente. Asimismo, la concentración de cobre en los puntos LDCol1 y LDCol2, la concentración de plomo en los puntos LLipi1 y LLipi2 y LLipi3, y las concentraciones de fosforo en la laguna Muyoc (LMuy1, LMuy2, LMuy3 y LMuy4), excedieron el ECA para agua Cat4E1.
- iv. Los cationes predominantes en la evaluación hidroquímica fueron $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^{+} > K^{+}$, mientras que los aniones predominantes fueron $HCO_3^{-} > SO_4^{-}$. Las lagunas Kerosene, Rinconada, Dos Colores, Milpo y Muyoc; las quebradas Lipiac, Yanacocha, Chupiacrio, Chamcas, Punre y Kerosene; y los manantiales de los caserios de Santa Rosa de Milpo (FNat7) y Chamcas (MCham2) presentaron en general características sulfatadas cálcicas; mientras que la laguna Lipiac, las quebrada Milpo, Muyoc, Quinuacocha, Lipiac y Papuacay; y los restantes 27 manantiales ubicados a lo largo de la zona evaluada presentaron características bicarbonatadas cálcicas.



[Handwritten signature]



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

REINICIANDO

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

12.1. Comunidades hidrobiológicas

- v. El fitoplancton estuvo representado por 96 taxa distribuidos en toda el área de evaluación. Esta comunidad mostró un mejor desarrollo de riqueza y abundancia en las lagunas Muyoc, La Rinconada, Lipiac, Yanacocha y Kerosene, en las que el phylum Bacillariophyta fue el más representativo, confirmándose su amplia diversificación en aguas continentales. Sin embargo, en algunos puntos se observó mayor riqueza o abundancia de los phylum Cyanobacteria y Charophyta (HID-LLipi3), Cyanobacteria (HID-LKero3) y Chlorophyta (HID-LMuy2, HID-LMuy3 y HID-LMuy4).
- vi. El zooplancton estuvo representado por 19 taxa distribuidos en toda el área de estudio. Mostró un moderado desarrollo de la riqueza en todos los puntos de muestreo; sin embargo, sólo el punto HID-LMuy4 ubicado en la laguna Muyoc presentó un gran desarrollo de la abundancia debido al phylum Ciliophora. Las lagunas Yanacocha y Lipiac presentaron mayor riqueza y dominancia del phylum Rotifera posiblemente asociado a las actividades ganaderas cercanas que las proveen de una condición muy eutrófica. Por otro lado, la laguna Muyoc tuvo una mayor dominancia de los phyla Ciliophora, Rotifera y Arthropoda, sugiriendo eutrofización asociado al alto contenido de materia orgánica en esta laguna.
- vii. El perifiton estuvo representado por 62 taxa distribuidos en toda el área de evaluación. El ficoperifiton mostró un moderado desarrollo de la riqueza y abundancia en todas las quebradas evaluadas, donde Bacillariophyta fue el phylum más dominante. Con respecto al zooperifiton, se corroboró su escasa representatividad en este tipo de ambientes donde el phylum Protozoa fue el que presentó mayor riqueza y abundancia en la mayoría de las quebradas evaluadas. Por otro lado, se destaca la dominancia de los phyla Rotifera y Protozoa en las lagunas Lipiac y Quinuacucho, respectivamente, lo que estaría relacionado con el estado trófico de las quebradas posiblemente por la presencia de actividades ganaderas y carreteras en la zona.
- viii. Los macroinvertebrados bentónicos estuvieron representados por 52 taxa distribuidos en toda el área de evaluación. Las lagunas Lipiac y Yanacocha registraron la dominancia de *Tanytarsini* sp. (Chironomidae: Diptera) que se caracteriza por habitar aguas con alto contenido de materia orgánica y baja concentración de oxígeno disuelto.
- ix. La mayoría de los puntos de muestreo en las lagunas ubicadas en la zona I y la laguna Kerosene en la zona IV registraron la dominancia de los taxa *Hydrachnidia* sp. y Haplotaxidae, ambos pertenecientes a órdenes de clases No Insecta. Este último caracterizado por habitar aguas con bajas concentraciones de oxígeno o mucha materia orgánica en descomposición.



J
L
E
S
J



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

13. RECOMENDACIONES

- i Remitir una copia del presente informe a la Oficina Desconcentrada de Cajamarca.
- ii Remitir una copia del presente informe a las municipalidades distritales de Sorochuco y La Encañada.
- iii Remitir una copia del presente informe a la municipalidad provincial de Celendín y Cajamarca.
- iv Remitir una copia del presente informe a la Autoridad Nacional del Agua.
- v Remitir una copia del presente informe al Gobierno Regional de Cajamarca (GORE-Cajamarca) – Gobernatura.
- vi Remitir una copia del presente informe a Lumina Copper S.A.C.
- vii Remitir una copia del presente informe a la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA).
- viii Remitir una copia del presente informe a la Dirección de Supervisión del OEFA para conocimiento y fines

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albert, L. (2012). Toxicología Ambiental: Contaminantes Inorgánicos. México D.F. México. 2da ed. Editorial LIMUSA, S.A. 101-211 p.

Albrecht, T. (2007). Using sequential hydrochemical analyses to characterize water quality variability at Mamm Creek gas field area, southeast Piceance basin, Colorado. Memoria para optar al grado de Master of Science (Hidrology) Colorado School of Mines.

Alfayate, J. (2008). Contaminación Ambiental una Visión desde la Química: Características de las Aguas Naturales. Madrid. España. PARANINFO. 41- 62 p.

Alloway B. J. (1995). "Heavy metals in soils". Blakie Academic & Professional. Second Edition. UK.

APHA. (2012). Standard methods for the examination of water and waste water, 22 nd edn. American Public Health Association, Washington, DC.

Amanzo, J., Acosta, R., Aguilar, C., Eckardt, K., Baldeón, S. & Pequeño, T. (2003). Evaluación biológica rápida del Santuario Nacional Tabaconas Namballe y zonas aledañas. Amanzo eds. Informe WWF - OPP: QM-91.

Angulo Pradolongo, F. (2009). Peru. Important Birds Areas Peru. Pp 307 - 316 in C. Devenish, D. F. Díaz Fernández, R. P. Clay, I. Davidson & I. Yépez Zabala Eds. Important Bird Areas Americas - Priority sites for biodiversity conservation. Quito, Ecuador: BirdLife International. BirdLife Conservation Series Nº 16.



Handwritten signature in blue ink.



ANZECC (Australian and New Zealand Environment Conservation Council). (2000). An introduction to the Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. National Water Quality Management Strategy, Canberra, Australia.

Arakeri, G. (2013). Evaluation of the possible role of copper ions in drinking water in the pathogenesis of oral submucous fibrosis: A pilot study. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 52: 24-28.

Armienta-Hernández, M.A., Rodríguez-Castillo, R., Ceniceros N., Juárez F., Cruz O., (1996). Distribution, origin and fate soils in Guanajuato Mexico: *Environmental Pollution*, 9, 391-397.

Arranz-González, J.C. (2008): Planes de actuación sobre territorios con abundantes pasivos ambientales mineros. Seminario: Evaluación y recuperación ambiental de espacios mineros. Pasivos ambientales mineros. Centro de Formación de la AECID, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 14 a 17 de octubre, pp. 2.

ATSDR (Agency for Toxic Substances & Disease Registry). (1999). Reseña toxicológica del mercurio y compuestos del mercurio. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública, 13 p.

ATSDR (Agency for Toxic Substances & Disease Registry). (2000). Reseña toxicológica del cromo. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública, 10 p.

Barrio, J. (2009). Química: Determinación experimental del Ión Cloruro. Madrid. España. EDITEX. 235 p.

Beita, W. (2008). Caracterización fisicoquímica de las aguas superficiales de la cuenca del río Rincón en la Península de Osa, Puntarenas, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Trabajo Final de Graduación sometido a la consideración de la Comisión de Trabajos Finales de Graduación para optar por el grado de Licenciado en Química. 13-28 pp.

Brack, A. (2008). "Perú, país de bosques". Editorial Graf Ediciones. Lima. 178-180 pp.

Brack, A. (1986). Las ecorregiones del Perú. *Boletín de Lima* 44: 57-70.

Barba, L.; (2002). Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del área Académica Santiago de Cali. Colombia.

Bibby C., Jones, M. & Marsden, S. (1998). Expedition Field Techniques; bird surveys, expedition advisory centre, London.

Boesman, P. (2009). Birds of Peru – MP3 Sound Collection (1.0) (Product code MP10). Merelbeke, Belgium.

Bray, J. R., & Curtis, J. T. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological monographs*, 27(4), 325-349.



l
8
2
e
57
r



Convention on Migratory Species (CMS). (2015). Appendices I and II. [Internet]. Disponible en : <http://www.cms.int/en/page/appendix-i-ii-cms> (Fecha de consulta: 6 de octubre 2017).

Crespo, S. (2009). Aves del Bosque Nublado de los Molinos-Lanchuran, Ayabaca, Piura. Naturaleza y Cultura Internacional. Piura, Perú.

Crisci, J.V.; López Armengol, M.F. (1983). Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Washington, DC: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, OEA, Serie de Biología.

CITES. (2017). Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Apéndices, I, II y III. Disponible en: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml/> (Fecha de consulta: 5 setiembre y 6 de octubre 2017).

Chávez, C., A de la Torre, H. Bárcenas, R.A. Medellín, H. Zarza y G. Ceballos. (2013). Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso. Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Delgado-V., C.A., A. Arias-Alzate, S. Botero & J.D. Sánchez-Londoño. (2011). Registro de *Cuniculus taczanowskii* (Rodentia: Cuniculidae) y *Eira barbara* (Carnivora: Mustelidae) en una zona periurbana de Medellín, Colombia. Brenesia 75-76: 124-126.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos – USDA. (2015). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. EEUU. 82 p.

DOCE. (2000). *Directiva Marco en Política de Aguas de la Comunidad Europea (2000/60/CE)*, Bruselas.

Díaz-Pulido, A. y E. Payán Garrido. (2012). Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia. 32 pp.

Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI del 8 de abril de 2014. Lima: Decreto Supremo que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas.

Fagundo, J.R. (1990). Evolución química y relaciones empíricas en aguas naturales. Efecto de los factores geológicos, hidrogeológicos y ambientales. Hidrogeología (Granada), 5: 33-46.

Fagundo, J. & González, P. (2005). Hidrogeoquímica. Centro Nacional de Medicina Natural y Tradicional (CENAMENT) Ministerio de Salud Pública La Habana, Cuba. 314 pp.



l
f
L
e
ST
Y



Fjeldsa, J.; Krabbe, N. (1990). Birds of the High Andes. Copenhagen, Dinamarca, Zoological Museum.

Franke, I. (1992). Biogeografía y ecología de las aves de los bosques montanos del Perú occidental. In Young, K. R. & Valencia, N. (Eds.) Biogeografía, ecología y conservación del bosque montano en el Perú. Memorias del Museo de Historia Natural. Universidad Nacional de San Marcos. U.N.M.S.M. (Lima) 21: 181-188.

Gregory, D. R., Gibbons, W. D. & Donald, F. P. (2005). Bird census and survey techniques. En Sutherland, W. J., Newton, I., & Green, R., Bird Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques. Techniques in Ecology & Conservation Series Oxford University Press Inc., New York. pp.1-371.

González, L. (2011). Química General para las Ciencias Ambientales: Equilibrio Ácido-Base. Valencia. España. Edición Universitat de València 194 p.

González, H. & Ramirez, M. (1995). The effect of nickel mining and metallurgical activities on the distribution of heavy metals in Levisa Bay, Cuba. J. Geochem. Explore 52 (1-2): 183-192.

Guerrero. (1998). Interpretación de Análisis de Suelos y recomendaciones. Universidad Nacional Agraria la Molina – UNALM. Lima, Perú.

Guerrero, J. P., I. Pla-Sentís & R. Camacho. (2004). Génesis de un suelo sódico alcalino en Chaguaramas, Venezuela. Agronomía Trop. 54: 433-460.

Guías de calidad del aire de la OMS. (2006). relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Organización Mundial de la Salud.

Hammer, O., D.A.T. Harper & P.D. Ryan. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Paleontological Electronica 4 (1):9.pp. Disponible en http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.

Hill, M. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54(2), 427-432.

International Union for the Conservation of Nature -IUCN. (2017). IUCN Red List of Threatened Species! [Internet] Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/>. [Fecha de consulta: 4 de setiembre 2017].

Jenkins, D. (2009). Química del Agua: Reacciones de Oxidación-Reducción. México D.F. México. Editorial LIMUSA, S.A. 351-466 p.

Jiménez., C., Quintana, H., Pacheco, V., Melton, D., Torrealva, J., and Tello, G. (2010). Camera trap survey of medium and large mammals in a montane rainforest of northern Peru. *Rev. Peru. biol.* 17(2): 191 – 196, Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM.

Jorgensen, S.E. (2009). *Ecosystem ecology*. London: Elsevier Ltd, Oxford.

Jost, L. (2006). *Entropy and diversity*. *Oikos* 113: 363 – 375.



l
d
a
e
s
r



Lewis, B. & Landing, W. (1992). The investigation of dissolved and suspended particulate trace metals fractionation in the Black Sea. *Mar. Chem.* 40: 105-14.

López, P. (2013). *Fontanería y Uso Racional del Agua: Tuberías de Plomo*. España. 103 p.

Li L., Zheng B. y Liu L. (2010). Biomonitoring and bioindicators used for river ecosystems: definitions, approaches and trends. *Procedia Environ. Sci* 2. 1510 – 1524.

Mackenzie, L. (2005). *Ingeniería y Ciencias Ambientales.: Administración de la Calidad del Agua*. México D.F. México. McGraw-Hill. 279-338 p.

Margalef, R. (1983). *Limnología*. Ediciones Omega, S.A./Platón, 26/Barcelona-6.

McNeely, R. N., V. P. Neimanis & L. Dwyer. (1979). *Water Quality Sourcebook: A guide to water quality parameters*. Ottawa, Ottawa, Canada.

Marr, LL., Cresser, M.S. y Gómez Ariza, J.L. (1990). "Química Analítica del medio ambiente". Ed. Univ. Sevilla.

Metcalf y Eddy. (2014). *Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery: Wastewater Characteristics*. Nueva York. Estados Unidos de América. 5taed. McGraw-Hill. 57- 171 p.

Metcalf & Eddy, INC. (1984). *Ingeniería Sanitaria: tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales*. Ed. Labor. Madrid, 1380 pp.

Ministerio de Agricultura y Riego del Perú - Minagri. (2014). Decreto Supremo que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas. Decreto Supremo No. 004-2014-MINAGRI. Diario Oficial El Peruano, Lima.

Ministerio del Ambiente-Minam. (2015). *Guía de inventario de la fauna silvestre*. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima, Perú.

Moore, J. & Ramammorthy, S. (1984). *Heavy metal in natural waters*. Pergamon Press, U. K. 268 pp.

Moreno, C.E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Manuales & Tesis SEA, Vol. 1, Zaragoza. 84 pp.

Moreno, C. E. & Halffter, G. (2000). Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*, 37(1), 149–158. doi:10.1046/j.1365-2664.2000.00483.x

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.



l
p
2
e
ST
Y



OEFA. (2017). (*in prensa*) Evaluación de fauna silvestre en el monitoreo ambiental participativo realizado en el distrito de Cholón, provincia de Marañón, departamento de Huánuco.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2012). Subíndice de Uso Sustentable del Suelo: Metodología de Cálculo. México. 53 p.

Parker, III. T. A. (1991). On the use of tape recorders in avifaunal surveys. *Auk* 108:443-444.

Parker, III. T. A., Schulenberg, T. S., Graves, G. R. & Braun, M. J. (1985). The avifauna of the Huancabamba region, northern Peru. In Buckley P. A., Foster, M. S., Morton, E. S., Ridgely, R. S. & Buckley F. G. (Eds.). In *Neotropical ornithology. Ornithological Monographs*, no. 36: 169-19.

Pielou, E. C. (1984). *The interpretation of ecological data: a primer on classification and ordination*. New York: John Wiley & Sons.

Pielou, E. C. (1975). *Ecological diversity* (No. 574.524018 P5).

Potash y Phosphate Institute of Canada -PPIC. (1998). *Manual de Fertilidad de los Suelos*. Georgia. 85 p.

Plenge, M. A. (2014). *Especies y subespecies de las aves del Perú*. Lima, Perú. <https://sites.google.com/site/boletinunop/subespecies> (Fecha de consulta: 1 octubre 2017).

Plenge, M. A. (2017). *Lista de las Aves de Perú*. Disponible en <https://sites.google.com/site/boletinunop/checklist> (Fecha de consulta: 2 de octubre 2017).

Plenge, M. A., Schulenberg T.S. & Valqui, T. (2017). *Species lists of birds for South American countries and territories: [Perú]*. Disponible en <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCCountryLists.html>. [Fecha de consulta: 5 noviembre 2017].

Postawa, A. (2013). *Best Practice Guide on the Control of Iron and Manganese in Water Supply*. London. United Kingdom. British Library. 30 p.

Pourbaix, M., *Atlas of electrochemical equilibria in aqueous solutions*. 2d English ed. 1974, Houston, Tex.: National Association of Corrosion Engineers

Rajagopal, S. *Operational and Environmental Consequences of Large Industrial Cooling Water System: Metals*. Nueva York. Estados Unidos de América. Springer. 249 p.

Ralph, C.; Geupel, G.; Pyle, P.; Martin, T.; DeSante, D. & Milá, B. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR- 159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.



Handwritten signature in blue ink.



PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

- Ríos-Uzeda, Boris Robert B. Wallace y Julieta Vargas. (2004). La jayupa de la altura (*Cuniculus taczanowskii*, rodentia, Cuniculidae), un nuevo registro de mamífero para la fauna de Bolivia. *Mastozoología Neotropical / J. Neotrop. Mammal.*; 11(1):109-114.
- Ríos-Touma, Blanca; Acosta, Raúl; Prat, Narcís. (2014). *The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation*. *Revista de Biología Tropical*, Abril, 249-273.
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254-274.
- Roldán, G., & Ramírez, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Universidad de Antioquia. Universidad Católica de Oriente, Accefyn.
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del Agua en Colombia*. Universidad de Antioquia, Colombia. 170 pp.
- Sadid, M. (1992). *Toxic metal chemistry in marine environments*. Pergamon Merce Dekker Inc. New York, USA. 390 pp.
- Sandí, W. (2010). Físico-química de las aguas superficiales de la Cuenca del río Rincón, Península de Osa, Costa Rica: Cloruros. *Cuadernos de Investigaciones UNED*. 2(2): 157-179.
- Scalone. (2015). *Propiedades Físicas de los Suelos*. Instituto de Agrimensura de Uruguay. Uruguay. 43 p.
- Schulenberg, T.S.; Stotz, D.F., Lane, D.F.; O'Neill, J. P. & Parker III, T. A. (2010). *Aves de Perú. Serie Biodiversidad Corbidi 01*. Centro de Ornitología y Biodiversidad-CORBIDI. Lima, Perú.
- Stattersfield, A.; Crosby, M; Long, A. y D. Wege. (1998). *Endemic Bird Area of the World: Priorities for Biodiversity Conservation*. BirdLife Conservation Series N 7. Cambridge U.K: BirdLife International.
- Stolz, D.F., Fitzpatrick, J. W., Parker, T.A. & Moskovits, D. K. (1996). *Neotropical birds: ecology and conservation*: Chicago, EE.UU. Chicago University Press.
- Tobler, M. (2013). *Camera Base Versión 1.6, User guide*. Available on line at <http://www.atriumbiodiversity.org/tools/camerabase/files/CameraBaseDoc1.6.pdf>.
- Tobon C. (2009). *Bosques Andinos y el agua. Serie investigación y sistematización #4*. Programa Regional ECOBONA-INTERCCOOPERATION, CONDESAN. Quito.
- Tóth, J. (2000). Las aguas subterráneas como agente geológico: causas, procesos y manifestaciones. *Boletín Geológico y Minero*, 111 (4): 9-25. Instituto Geológico GeoMinero (España). ISSN 0366-0176.



l
g
z
e
s
y



Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) - Museo de Historia Natural (MHN) y Ministerio del Ambiente (MINAM). (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.

Upadhyayula, V. (2009). Application of Carbon Nanotube Technology for Removal of Contaminants in drinking water. *Science of Total Environment*. 408: 1-13.

Van Dam, H., Mertens, A., & Sinkeldam, J. (1994). A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Aquatic Ecology*, 28(1), 117-133.

Vargas, L. (2004). Tratamiento de Agua para Consumo Humano Plantas de Filtración Rápida: Calidad del Agua. Lima. Perú. 1-47 p.

Vellinga, W. P., Flanagan, J. N. M. & Mark, T. R. (2004). New and interesting records of birds from Ayabaca province, Piura, north-west Peru. *Bull. B. O.C.* 124(2): 124-142.

Warwick, R.M. & Clarke, K.R. (1995). New 'biodiversity' measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Marine Ecology Progress Series*, 129(2), 301-305.

Wetzel, R.G. (2001). *Limnology; lake and River Ecosystem* 3rd ed. Academic Press New York 1006 pp.

Weigend, M.; Rodríguez, E.; C, Arana. (2005). The relict forest of Northwest Peru and Southwest Ecuador. Weigend, Rodríguez y Arana (Comps) *Revista. Peruana. Biología*. 12(2): 185-194.

Webster, J. G., Swedlund, P. J. y Webster, K. S. (1998). *Environmental Science and Technology*, 32, 1361-1368.

Weiner, E. (2013). *Applications of Environmental Aquatic Chemistry: Sulfate*. Estados Unidos de América. 3era ed. Taylor and Francis Group. 527-529 p.

Young, K. R. y N. Valencia. (1992). Los Bosques Montanos del Perú. En: Young, K R. y N. Valencia (Eds), *Biogeografía, Ecología y Conservación del Bosque Montano en el Perú*. Memorias del Museo de Historia Natural, UNMSM (Lima), 21: 5-9.

Zúñiga, M. del C. y Cardona, W. (2009). Bioindicadores de calidad de agua y caudal ambiental. Pp. 167-198, En: Cantera, J., Carvajal, Y. y Castro, L. (Compiladores). *Caudal ambiental: conceptos experiencias y desafíos*. Programa Editorial de la Universidad del Valle, Cali, Colombia.



l
f
r
r
s
y

**15. ANEXOS**

- Anexo A : Actores involucrados
Anexo A1 : Actas y listado de participantes del MAP
Anexo A2 : Actas y listado de participantes del MAP – Etapa de taller de inducción y presentación de propuesta del plan de monitoreo
Anexo A3 : Actas y listado de participantes del MAP – Etapa de ejecución del MAP
- Anexo B : Calidad de agua
Anexo B1 : Mapa de puntos de muestreo de calidad de agua
Anexo B2 : Certificados de calibración de equipos
Anexo B3 : Certificados de acreditación de laboratorio
Anexo B4 : Cadenas de custodia, sistematización e informes de ensayo
Anexo B5 : Registro fotográfico
Anexo B6 : Hojas de campo, registro de ajuste y verificación
Anexo B7 : Mapas hidroquímicos
- Anexo C : Comunidades hidrobiológicas
Anexo C1 : Mapa de puntos de muestreo de hidrobiología
Anexo C2 : Fichas de campo
Anexo C3 : Registro fotográfico
Anexo C4 : Informes de ensayo y cadenas de custodia de las comunidades hidrobiológicas
Anexo C5 : Clasificación taxonómica de las comunidades hidrobiológicas



l
g
L
d
A
r