



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental



A
L
R
A
H
S
M

**EVALUACIÓN AMBIENTAL TEMPRANA EN EL ÁREA
DE INFLUENCIA DEL PROYECTO DE EXPLORACIÓN
MINERA EL GALENO DE LUMINA COPPER S.A.C,
DURANTE EL 2017 Y 2018**

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

2018



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

INFORME N.º 322-2018-OEFA/DEAM-TEC

A : **FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN**
Director de Evaluación Ambiental

DE : **LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS**
Subdirector de la Subdirección Técnica Científica

LUIS ÁNGEL ANCCO PICHUILLA
Coordinador de Evaluaciones Ambientales en Minería y Energía

CESAR GREGORIO ESPIRITU LIMAY
Tercero Evaluador

HEBER OCAS RUMAY
Tercero Evaluador

LISVETH MADELEINE VALENZUELA MENDOZA
Tercero Evaluador

VÍCTOR CHAMA MOSCOSO
Tercero Evaluador

ALEX ADONIS CÁCERES MUÑA
Tercero Evaluador

ALFREDO LEONARDO GUZMÁN CALDAS
Tercero Evaluador

SEGUNDO ISRAEL CRESPO MORE
Tercero Evaluador

MARIO ESCOBEDO TORRES
Tercero Evaluador

ASUNTO : Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto El Galeno de Lumina Copper S.A.C., durante el 2017 y 2018

REFERENCIA : Planefa 2018

FECHA : Lima, 30 OCT. 2018

2018-101-39595

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted para informarle lo siguiente:



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

1. INFORMACIÓN DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL TEMPRANA

Datos generales de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero El Galeno de Lumina Copper S.A.C.

a.	Ubicación general	Distrito de Sorochuco de la provincia de Celendín y La Encañada de la provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca.
b.	Ámbito de influencia	Área de influencia del proyecto minero El Galeno de Lumina Copper S.A.C.
c.	Antecedente	Planefa 2017 y 2018
d.	Objetivo general	Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto El Galeno, de Lumina Copper S.A.C., durante el 2017 y 2018.
e.	Tipo de evaluación	Evaluación ambiental temprana



Cantidad de puntos evaluados por matriz en el área de influencia del proyecto minero El Galeno de Lumina Copper S.A.C., durante el 2017 y 2018.

a.	Fecha de comisión	Primer monitoreo	25/10/2017 al 31/10/2017	
		Segundo monitoreo	10/03/2018 al 25/03/2018	
b.	Puntos evaluados	Primer monitoreo		
		Agua	Afloramientos	29
			Quebradas	20
			Lagunas	19
		Sedimentos	Lagunas	12
			Comunidades hidrobiológicas	Fitoplancton
		Zooplancton		19
		Perifiton		9
		Macroinvertebrados bentónicos		28
		Segundo monitoreo		
		Agua	Afloramientos	51
			Quebradas	22
			Lagunas	28
		Sedimentos	Lagunas	13
			Comunidades hidrobiológicas	Fitoplancton
		Zooplancton		28
		Perifiton		44
		Macroinvertebrados bentónicos		50
		Flora silvestre	EF1	2 transectos
			EF2	1 transecto
			EF3	1 transecto
			EF4	2 transectos
			EF5	1 transecto
EF6	2 transectos			
EF7	8 transectos			
EF8	9 transectos			
EF9	3 transectos			
EF10	4 transectos			
EF11	2 transectos			
EF12	4 transectos			
EF13	2 transectos			
EF14	1 transecto			
EF15	2 transectos			
Fauna silvestre	Anfibios y reptiles	EF1	4 VES*	----
		EF2	4 VES	----
		EF3	1 VES	1 transecto

Handwritten signature and initials in blue ink



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten vertical text: I N A G U A

			EF4	1 VES	2 transectos
			EF5	2 VES	-----
			EF7	8 VES	2 transectos
			EF8	12 VES	2 transectos
			EF9	1 VES	-----
			EF10	4 VES	-----
			EF11	3 VES	2 transectos
			EF12	6 VES	2 transectos
			EF13	2 VES	1 transecto
		Aves	EF1	1 conteo total	1 transecto
			EF2	-----	1 transecto
			EF3	-----	1 transecto
			EF4	1 conteo total	2 transectos
			EF5	1 conteo total	-----
			EF7	1 conteo total	5 transectos y 6 redes
			EF8	1 conteo total	8 transectos y 3 redes
			EF9	1 conteo total	-----
			EF10	1 conteo total	2 transectos
			EF11	-----	2 transectos
			EF12	-----	5 transectos y 4 redes
			EF13	-----	2 transectos
			Mamíferos	EF7	3 cámaras trampa
		EF8		3 cámaras trampa	3 transectos
		EF10		1 cámara trampa	1 transecto
		EF11		-----	1 transecto
		EF12		2 cámaras trampa	1 transecto
		EF13		1 cámara trampa	1 transecto

*VES: Búsqueda por encuentro visual (visual encounter surveys).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Parámetros evaluados que incumplieron la normativa con la cual fue comparada las matrices agua superficial y subterránea (afloramientos), y sedimentos, en el área de influencia del proyecto minero El Galeno de Lumina Copper S.A.C., durante el 2017 y 2018.

Matriz	Parámetro	Cantidad de puntos que incumplieron la norma (1)	
		Primer monitoreo	Segundo monitoreo
Agua	pH	<ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Milpo Afloramientos: FNatu13, FNatu14 y FNat7 Cuerpo de agua: LDCol2 Quebrada Milpo: QMilp1, QMilp2 y QMilp4 Quebrada Quinuacucho: QQuin1 Quebrada Punre: QPunr2 Laguna La Rinconada: LRinc1, LRinc2 y LRinc3 Laguna Dos Colores: LDCol1 y LDCol3 Laguna Milpo: LMilp1, LMilp2 y LMilp3 • Microcuenca de la quebrada Yanacocha Afloramientos: MYana1 y MLCor1 Quebrada Lipiac 1A: QLipi1A Laguna Yanacocha: LYana1 • Microcuenca de la quebrada Kerosene Afloramiento: MCham3 Quebrada Kerosene: LKero1 y QKero1 Quebrada Chupicario: QChup-01 Laguna Kerosene: LKero2 y LKero3 • Microcuenca de la quebrada La Chorrera Quebrada Papacuay: Qpapa1 Laguna Lipiac: LLipi1, LLipi2 y LLipi3 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Milpo Afloramientos: FNat7, MANA-30 y MANA-32 Cuerpo de agua: LDCol2 Quebrada Milpo: QMilp1 Quebrada Quinuacucho: QQuin1 Laguna La Rinconada: LRinc1, LRinc2 y LRinc3 Laguna Dos Colores: LDCol1 y LDCol3 Laguna Milpo: LMilp1, LMilp2, LMilp3 y LMilp4 • Microcuenca de la quebrada Yanacocha Afloramiento: MANA-43 Quebrada Yanacocha: QYana2 Quebrada Lipiac 1A: QLipi1A Laguna Yanacocha: LYana1, LYana2, LYana3, LYana4, LYana5, LYana6 y LYana7 • Microcuenca de la quebrada Kerosene Afloramientos: MANA-29, MANA-50, MANA-58, MANA-61, MANA-62, MANA-63, MANA-67, MANA-73 y MAMA-75 Quebrada Kerosene: LKero1, QKero1, QKero2, QKero3 Quebradas Sin nombre: QD1, QD2 y QSN-3 Laguna Kerosene: LKero2, LKero3 y LKero4. Laguna Seca: LSeca1 y LSeca2
	Oxígeno disuelto	<ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Milpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Milpo



Vertical handwritten signature in blue ink.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Matriz	Parámetro	Cantidad de puntos que incumplieron la norma (1)	
		Primer monitoreo	Segundo monitoreo
		Afloramientos: FNatu14, MInge-01, FNatu4 y FNatu6 <ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Yanacocha Afloramiento: MLCor1 <ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Kerosene Afloramientos: MCham2, MCham3 y MCham5 <ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada La Chorrera Afloramiento: FNatu12	Afloramientos: MANA-10, MANA-11, MANA-13, MANA-14, MANA-18, MANA-19, MANA-20, MANA-21, MANA-22, MANA-25, FNat3, FNatu4, FNatu5, FNatu6 y FNat8 <ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Kerosene Afloramientos: MANA-33, MANA-34, MANA-40, MANA-42, MANA-46, MANA-49, MANA-50, MANA-51, MANA-53, MANA-61, MANA-63, MANA-67 y MANA-73 Laguna Seca: Lseca2
	Aluminio Total	<ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Milpo Afloramiento: FNat7 <ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Kerosene Afloramientos: MLPeñ-01 y MCham7	<ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Milpo Afloramiento: FNat7
	Cadmio Total	<ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Milpo Afloramiento: FNat7	<ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Milpo Afloramiento: FNat7
	Hierro Total	<ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Milpo Afloramiento: FNat7 <ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Kerosene Afloramientos: MLPeñ-01, MCham3 y MCham7	<ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Milpo Afloramientos: MANA-12 y FNat7 <ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Kerosene Afloramientos: MANA-50, MANA-51, MANA-55 y MANA-42
	Manganeso total	<ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Milpo Afloramiento: FNat7	<ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Milpo Quebrada Muyoc: QMuy2
	Plomo total	<ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Milpo Afloramiento: FNat7 <ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada La Chorrera Laguna Lipiac: LLipi1, LLipi2 y LLipi3	<ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Milpo Afloramiento: FNat7 <ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Yanacocha Laguna Yanacocha: Yana7
	Cobre total	<ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Milpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcuenca de la quebrada Milpo



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a large '4' at the bottom and several checkmarks and initials.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Matriz	Parámetro	Cantidad de puntos que incumplieron la norma (1)	
		Primer monitoreo	Segundo monitoreo
		Laguna Dos Colores: LDCol1	Laguna Dos Colores: LDCol1 • Microcuenca de la quebrada Kerosene Afloramiento: MANA-75 Quebradas Sin Nombre: QD1 y QD2 Quebrada Kerosene: QKero3
	Fósforo total	• Microcuenca de la quebrada Milpo Laguna Muyoc: LMuy1, LMuy2, LMuy3 y LMuy4	• Microcuenca de la quebrada Milpo Laguna Muyoc: LMuy1, LMuy2 y LMuy4
	DQO	• Microcuenca de la quebrada Milpo Afloramientos: FNatu13, FNatu14 y FNatu6 • Microcuenca de la quebrada Yanacochoa Afloramiento: MCham7	Parámetro no evaluado en la segunda evaluación
		Laguna Muyoc: SED-LMuy3	Laguna Muyoc: SED-LMuy2 y SED-LMuy3
Sedimentos	Arsénico total	Laguna La Rinconada: SED-LRinc1, SED-LRinc2 y SED-LRinc3 Laguna Dos Colores: SED-LDCol1 y LDCol2	Laguna Yanacochoa: SED-LYana5, SED-LYana6 y SED-LYana7 Laguna Kerosene: SED-LKero2
	Cadmio total		Laguna Yanacochoa: SED-LYana6
	Cobre total	Laguna La Rinconada: SED-LRinc3.	Laguna Yanacochoa: SED-LYana6
		Laguna Dos Colores: SED-LDCol1 Laguna Kerosene: SED-LKero2 y SED-LKero3.	Laguna Kerosene: SED-LKero2, SED-LKero3 y SED-LKero4
	Mercurio total	Laguna Dos Colores: SED-LDCol3	Laguna Muyoc: SED-LMuy1 Laguna Kerosene: SED-LKero4
	Plomo total	Laguna La Rinconada: SED-LRinc2	Laguna Muyoc: SED-LMuy3 Laguna Kerosene: SED-LKero2
	Zinc total	Laguna La Rinconada: SED-LRinc2. Laguna Dos Colores: SED-LDCol1.	El parámetro presentó concentraciones inferiores a los valores referenciales de comparación

(1) Agua: D.S. N°. 015-2015-MINAM y D.S. N°. 004-2017-MINAM. Y para Sedimento: Valor PEL de la CEQG (Guía de Calidad Ambiental Canadiense-Canadian Environmental Quality Guidelines-Sediment Quality Guidelines for freshwater).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

2. CONCLUSIONES

2.1 Agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas

Las características litológicas de las microcuencas determinaron las diferentes facies hidroquímicas en los afloramientos, las que influenciaron directamente sobre las quebradas y lagunas a las que aportan. En los 2 meses evaluados no hubo diferencia significativa de estas facies en los cuerpos de agua, aunque en general los valores más altos de los iones correspondieron a la temporada de lluvias (marzo de 2018).

Las aguas de los afloramientos, las quebradas y lagunas tienen baja mineralización (<5,4 meq/L), en las cuales predominan los bicarbonatos de las calcitas relacionadas principalmente a la formación geológica Chulec (Km-ch), en la microcuenca de la quebrada La Chorrera; y al grupo Pullucana (Km-p), en la microcuenca de la quebrada Milpo.

En tanto, las aguas sulfatadas o en la que no se pudo determinar su facie hidroquímica (debido a sus concentraciones debajo del límite de cuantificación) se relacionan con las formaciones Chimu (Ki-chi), Santa (Ki-Sa), Carhuaz (Ki-ca) e Inca (Km-in), esta última relacionada al mayor porcentaje de hierro en la laguna Lipiac. En relación a su caudal o flujo, se determinó que de los 103 afloramientos caracterizados en la temporada de lluvia o lluviosa (febrero y marzo de 2018) y seca (agosto de 2018), 41 registraron caudal en ambas temporadas y 23 tuvieron poco flujo o indicio de permanencia (64 afloramientos permanentes), mientras que 36 se secaron completamente en la temporada seca (afloramientos temporales).

De otro lado, la laguna Dos Colores, y las quebradas Sin nombre (QD1 y QD2), ubicadas en la naciente de las microcuencas de las quebradas Milpo y Kerosene, respectivamente, se encuentran en el área del afloramiento de rocas ígneas (Tima), el que influenciaría en la concentración de cobre que excede el ECA para agua Cat4E1, en el caso de la laguna Dos Colores; la Cat3 D1 y D2, en la quebrada Sin nombre QD2; y solo la Cat3D1 en la quebrada Sin nombre QD1. El punto LDCol2 también presentó cobre que superó el ECA para agua Cat4E1, debido a la influencia directa de la laguna Dos Colores.

La mineralización en las quebradas se incrementó de forma gradual en el sentido de la corriente de agua. Esta se dio de distinta magnitud en cada microcuenca, y como consecuencia, en mayor y menor medida, de la adición de iones (bicarbonatos y calcio) provenientes de los afloramientos y los tributarios, y la lluvia ligeramente ácida (debido al ácido carbónico) que se infiltra a través del sustrato carbonatado de los suelos; estas precipitaciones a su vez erosionan y arrastran partículas sólidas que contienen minerales de aluminio, hierro y manganeso, incrementándose tanto la forma suspendida de estos metales como los sólidos suspendidos totales, alcanzando concentraciones que exceden el ECA para agua Cat1A1.

Asimismo, las lagunas La Rinconada, Dos Colores, Milpo, Yanacocha, Kerosene y Lipiac registraron concentraciones de metales en sedimentos por encima del valor referencial ISQG y PEL de la norma canadiense (CEQG-SQG), de los que se destaca el plomo al registrar concentraciones que exceden el ECA para agua Cat4E1 en las lagunas Yanacocha y Lipiac. Además, se resalta las altas concentraciones de metales en el agua y sedimento como el hierro registrado en el interior de la laguna Yanacocha.



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a vertical list of letters: 'A', 'B', 'C', 'D', 'E', 'F', 'G', 'H', 'I', 'J', 'K', 'L', 'M', 'N', 'O', 'P', 'Q', 'R', 'S', 'T', 'U', 'V', 'W', 'X', 'Y', 'Z'.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Estas lagunas además se caracterizaron como mesotróficas con tendencia a la oligotrofia, debido a las bajas concentraciones de nutrientes, como el fósforo total y la clorofila a; a diferencia de la laguna Muyoc, que fue determinada como mesotrófica con tendencia a la eutrofia, debido principalmente a las mayores concentraciones de fósforo total. Estas condiciones abióticas favorecieron la dominancia de taxa característicos de ecosistemas con baja o alta productividad primaria en todas las comunidades hidrobiológicas evaluadas.

Las comunidades hidrobiológicas presentaron cambios en las quebradas, conforme el cuerpo de agua descendiendo y se une a otros tributarios. Respecto a los macroinvertebrados bentónicos, generalmente presentaron mayor riqueza y abundancia de organismos aguas arriba de las quebradas, por la mayor conservación de su hábitat, a diferencia del perifiton, que presentó mayor riqueza y abundancia aguas abajo, debido al incremento de estructuras duras donde estas se establecen y a la afluencia de tributarios.



2.2 Microcuenca de la quebrada Milpo

Los afloramientos se distribuyen principalmente en el caserío Santa Rosa de Milpo; estos presentaron generalmente pH básico, facie bicarbonatada cálcica y baja carga de metales, debido a la influencia y predominancia de las calizas del Grupo Pullucana (Km-p), en donde estos se emplazan. En cambio, el punto FNat7, ubicado sobre la misma formación, es ácida, de facie sulfatada aluminica y próxima a presentar una alta carga de metales; condiciones que se deberían a la influencia de las filtraciones de los drenajes provenientes de los socavones ubicados en la parte superior del punto (cerro Hilórico), las que presentan concentraciones de aluminio, cadmio y hierro que excedieron el ECA para agua Cat1A1, manganeso que excedió el ECA para agua Cat3, y plomo que excedió el ECA para agua Cat1A1 y Cat3, y que se encuentran en mayor porcentaje en sus formas disueltas y en sus especies químicas Al^{3+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Pb^{2+} y Cd^{2+} .

La concentración de hierro en el afloramiento MANA-12 excedió el ECA para agua Cat1A1; este metal está en mayor porcentaje en su forma suspendida, a consecuencia de las escorrentías que arrastra el material sólido de los suelos, lo que alteraría sus condiciones fisicoquímicas inherentes

Las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo, ubicadas en la cabecera de la quebrada Milpo, se caracterizan por ser ácidas, predominantemente de facie sulfatada aluminica, sulfatada aluminica sódica y sulfatada aluminica-cálcica con baja carga de metales debido a que yacen sobre la formación Carhuaz (Ki-Ca) y con cambios temporales de dichas facies a sulfatada cálcica y sulfatada cálcica-aluminica por incremento de calcio y bicarbonatos (LRinc3) producto de las lluvias y su interacción con el suelo mediante las escorrentías. Asimismo, estas lagunas son mesotróficas con tendencia a la oligotrofia debido a las bajas concentraciones de nutrientes, como el fósforo total y la clorofila a. Estas condiciones abióticas favorecieron la dominancia de taxa característicos de ecosistemas con baja productividad primaria, como los phylum Bacilliarophyta y Ochrophyta, en el fitoplancton y ficoperifiton; los phylum Arthropoda y Amoebozoa, en el zooplancton; el phylum Cercozoa, en el zooperifiton; y los órdenes Trichoptera, Diptera, Coleoptera y no Insecta, en los macroinvertebrados bentónicos.

El sector oeste de la laguna Dos Colores (LDCol1) y el curso de agua que lo conecta con su sector este (LDCol2) registraron concentraciones de cobre que excedieron el ECA para agua Cat4E1; este metal está en mayor porcentaje en sus formas disueltas y divalentes (Cu^{2+}). Estas concentraciones estarían relacionadas



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

con los sedimentos que presentaron valores de cobre por encima del PEL de la CEQG-SQG. Esta laguna se encuentra emplazada cerca del afloramiento de roca ígnea (Ti-ma), que contiene minerales de cobre como la calcopirita. Las concentraciones de cobre no influyeron sobre la estructura de las comunidades hidrobiológicas debido a su adaptación a esas condiciones ambientales; no obstante, se destaca la alta abundancia del género trinema (ficoperifiton) en el punto LDCol1.

A diferencia de las lagunas mencionadas, la laguna Muyoc se distingue por ser básica, de facie bicarbonatada cálcica y de baja carga de metales; al igual que los afloramientos que la recargan, puesto que yacen principalmente sobre el Grupo Pullucana (Km-p). Además, esta laguna se caracterizó como eutrófica en octubre de 2017 y mesotrófica con tendencia a la eutrofia en marzo de 2018, debido a las mayores concentraciones de nutrientes como el fósforo total y la clorofila a.

Estas condiciones favorecieron al desarrollo de taxa característicos de ecosistemas con alta productividad, como los phylum Charophyta, Cyanobacteria, Euglenozoa y Chlorophyta, en el fitoplancton y ficoperifiton; los phylum Rotifera, Ciliophora y Arthropoda, en el zooplancton; los phylum Rotifera, Ciliophora y Amoebozoa, en el zooperifiton; y los órdenes Diptera y no Insecta, en los macroinvertebrados bentónicos. Cabe resaltar que el fitoplancton en la laguna Muyoc fue más abundante que en el resto de lagunas; representado principalmente por géneros característicos de ambientes eutróficos como *Spirogyra* y *Mougeotia*. Asimismo, se observó que el fitoplancton fue más abundante en octubre de 2017 debido a su dependencia a la luz solar para proliferar en los cuerpos acuáticos y a su vulnerabilidad a las precipitaciones.

La quebrada Milpo y sus tributarios (Quinuacucho y Punre) presentaron baja carga de metales y tuvieron cambios en las facies hidroquímicas de sulfatadas bicarbonatadas a bicarbonatadas cálcicas, debido principalmente a las precipitaciones y al aporte de los afloramientos. La variación más resaltante se presentó en la quebrada Milpo (QMilp3), a causa del incremento de los bicarbonatos, debido a la afluencia de la quebrada Muyoc de facie bicarbonatada cálcica. Cabe resaltar que en la quebrada Muyoc (QMuy2), en relación con la naciente de la quebrada (QMuy1), se registró el incremento de las concentraciones en 27 de 32 metales con predominio de la forma suspendida, destacándose el manganeso que excede el ECA para agua Cat3, debido al disturbio de la ribera y el lecho por el paso del ganado.

Asimismo, las comunidades hidrobiológicas presentaron cambios en las quebradas, conforme el cuerpo de agua desciende y se une a otros tributarios. Respecto a los macroinvertebrados bentónicos, estos registraron mayor riqueza y abundancia de organismos aguas arriba de las quebradas, por la mayor conservación de su hábitat, a diferencia del perifiton, que presentó mayor riqueza y abundancia aguas abajo debido al incremento de estructuras duras donde establecerse y a la afluencia de tributarios. Esta última condición no se cumpliría en el punto HIB-LDCol2 (curso de agua entre los sectores de la laguna Dos Colores), pues presentó la mayor riqueza y abundancia del perifiton aguas arriba, lo que demostraría su tolerancia al pH ácido y a la alta concentración de cobre en el agua en este punto.

El phylum predominante con mayor número de especies en la mayoría de las quebradas en el ficoperifiton fue Bacillariophyta, confirmando su amplia distribución en los cuerpos de agua continentales. En comparación con los puntos aguas arriba de las quebradas Muyoc (HIB-QMuy2), Milpo (HIB-QMilp3) y Quinuacucho (HIB-



Vertical handwritten notes in blue ink, including arrows and the word 'LDCol1'.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

QQuin2), sus puntos aguas abajo registraron mayor riqueza de los phylum Bacillariophyta, Cyanobacteria y Chlorophyta, lo que muestra su relación directa con las mayores concentraciones de bicarbonatos y calcio. En dichos puntos se observó un incremento en la riqueza de phylum, como Cyanobacteria, característicos de ambientes con aportes externos de nutrientes; sin embargo, la abundancia de este phylum fue menor respecto a otros, como Chlorophyta (HIB-QQuin2), lo que sugiere un aporte posiblemente por el pastoreo de ganado realizado en este tramo.

Los puntos de muestreo HIB-LDCol2 y HIB-QMilp1 presentaron gran abundancia de macroinvertebrados bentónicos, en los que predominaron órdenes de clases no Insecta (Trombidiformes, Naididae y Haplotoxidae), en HIB-LDCol2; y el género *Gigantodax* (Simuliidae, Diptera), en HIB-QMilp1. Dichas dominancias sugieren la perturbación de estos ambientes acuáticos debido a que los taxa mencionados se caracterizan por habitar aguas con mucha materia orgánica en descomposición y concentraciones bajas de oxígeno. Esta condición, sumada a las características hidromorfológicas como estructura y naturalidad de la vegetación de ribera regular y manchas grandes en la continuidad de la vegetación riparia, determinaron a estos puntos con una calidad ecológica moderada (HIB-LDCol2) y mala (HIB-QMilp1).

Los puntos HIB-QMilp2 (quebrada Milpo), HIB-QMuy2 (quebrada Muyoc) y HIB-QQuin2 (quebrada Quinuacucho) presentaron baja abundancia, representada principalmente por Orthoclaadiinae (Chironomidae, Diptera), en los 2 primeros puntos, y por Haplotoxidae (no Insecta), en el punto ubicado en la quebrada Quinuacucho. La presencia de estos taxa, especialmente de la familia Chironomidae, podría indicar aguas mesotróficas a eutróficas o con contaminación orgánica. Debido a ello, estos puntos de muestreo se calificaron con una mala calidad ecológica, a pesar de tener características hidromorfológicas de calidad moderada, como canal natural y moderada estructura de la vegetación riparia.

El punto HIB-QMilp3 (quebrada Milpo) presentó dominancia del orden Ephemeroptera, representado por los géneros *Andesiops* (Baetidae) y *Meridialaris* (Leptophlebiidae). Esta abundancia indicaría la buena calidad biológica de este cuerpo de agua, debido a que la familia Baetidae es considerada sensible, y Leptophlebiidae está ausente en ambientes acuáticos perturbados. Sin embargo, en este punto también se encontró el género *Gigantodax* (Simuliidae, Diptera), característico de ambientes acuáticos perturbados. De esta manera, la presencia de los taxa mencionados y las características del hábitat, como vegetación riparia discontinua con manchas grandes, determinaron a este punto con moderada calidad ecológica.

Los puntos HIB-QMuy1 (quebrada Muyoc) y HIB-QQuin1 (quebrada Quinuacucho), presentaron la mayor riqueza y diversidad de órdenes respecto al resto de puntos. El primero estuvo representado por los géneros *Meridialaris* (Leptophlebiidae, Ephemeroptera), *Cailloma* (Hydrobiosidae, Trichoptera) y *Anomalocosmoecus* (Limnephilidae, Trichoptera), a diferencia del segundo, en donde la familia Leptoceridae (Trichoptera) fue predominante. De este modo, la mayor riqueza y diversidad de taxa determinaron una buena calidad biológica en estos puntos, debido a la presencia de familias como Hydrobiosidae, Limnephilidae, Leptoceridae y principalmente Leptophlebiidae, que son consideradas buenos indicadores biológicos; asimismo, características del hábitat, como vegetación riparia continua, determinaron una buena calidad hidromorfológica en estos puntos. Por ello, se encontró una calidad ecológica buena en ambos puntos, destacándose el estado de conservación de HIB-QMuy1, que obtuvo el mayor puntaje en la evaluación de esta microcuenca.



Handwritten signature and initials in blue ink.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Se observó cambios en la calidad ecológica de algunos puntos entre octubre de 2017 y marzo de 2018, debido principalmente al incremento de las precipitaciones que produjo variaciones en la química (acidez) y capacidad de carga de los cuerpos de agua (volumen). Por ello, se observa una variación en la calidad ecológica del punto HIB-QQuin1 (quebrada Quinuacucho) de mala en octubre de 2017 a buena en marzo de 2018, debido a una baja riqueza de taxa en octubre por la acidez del agua, a diferencia de marzo de 2018, cuando el punto presentó mayor volumen de agua y por ende se incrementó su capacidad de soportar mayor riqueza de taxa.

Asimismo, en el punto HIB-QMuy1 la calidad ecológica fue buena en octubre de 2017 y marzo de 2018, debido a la conservación de las características del hábitat acuático y, principalmente, a la permanencia de taxa característicos de cuerpos de agua con buena calidad biológica; mientras que aguas abajo, en el punto HIB-QMuy2, la calidad fue entre pésima y mala con relación a ambos meses, debido a la perturbación del sustrato por el pastoreo. La calidad ecológica en la quebrada Milpo (HIB-QMilp1 y HIB-QMilp2) fue mala en octubre de 2017 y moderada en marzo de 2018. Además, la quebrada Quinuacucho (HIB-QQuin1) pasó de mala a buena en octubre de 2017 y marzo de 2018.

La mejora en la calidad ecológica en marzo de 2018 se debería al aumento en las precipitaciones, las que incrementaron las dimensiones de los cuerpos de agua y permitieron el acceso de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos a nuevos hábitats.

2.3 Microcuenca de la quebrada Yanacochoa

Los 7 afloramientos evaluados en la microcuenca de la quebrada Yanacochoa están distribuidos en la margen derecha de esta quebrada. De estos, 2 afloramientos (MYana1 y MOPej1) se distribuyeron sobre distintas formaciones geológicas, y presentaron pH ácido y diferente facie hidroquímica: MYana1 yace en la formación Carhuaz (Ki-ca) y es sulfatada aluminica y MOPej1 se ubica en la formación Farrat (Ki-fa) y es de facie bicarbonatada cálcica. Otro afloramiento (MLCor1) se encuentra próximo al contacto entre estas formaciones geológicas y tiene facie sulfatada bicarbonatada cálcica y pH básico que excedió el ECA para agua Cat3D2. Los otros 4 afloramientos (MLVer1, MLVer2, MANA-41 y MANA-43) yacen sobre la formación Farrat (Ki-fa) y son de aguas básicas, de facie bicarbonatada cálcica y de baja carga de metales.

La laguna Yanacochoa yace sobre la formación Carhuaz (Ki-ca) y se caracteriza por ser ácida, principalmente de facie sulfatada cálcica y de baja carga de metales. Además, recibe las aguas que recorren por una falla que corta la formación Chimu (K-Chi), formada por cuarcitas granulares y lutitas. En esta laguna se registró una concentración de plomo que excedió el ECA para agua Cat4E1 (1 de 7 puntos), la cual se encuentra en mayor porcentaje en su forma suspendida.

Asimismo, dicha laguna se clasificó como mesotrófica con tendencia a la oligotrofia, debido a las bajas concentraciones de nutrientes como el fósforo total y la clorofila a. Estas condiciones abióticas favorecieron la dominancia de taxa característicos de ecosistemas con baja productividad primaria, como el phylum Bacilliarophyta (géneros *Eutonia* y *Frustulia*), en el fitoplancton y ficoperifiton; los phylum Arthropoda y Rotifera, en el zooplancton; y los órdenes Coleoptera, Diptera y Hemiptera y no Insecta, en los macroinvertebrados bentónicos.

El tramo evaluado en la quebrada Yanacochoa fue ácido y no registró cambio en su facie sulfatada-bicarbonatada cálcica y sulfatada cálcica; sin embargo, presentó



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



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

incremento de sulfatos debido a la afluencia de la quebrada Lipiac-A, de facie sulfatada aluminica-cálcica. Estas quebradas tienen baja carga de metales, donde los parámetros evaluados cumplieron con el ECA para agua Cat3.

Las comunidades hidrobiológicas en la quebrada Yanacocha (QYana1 y QYana2) presentaron cambios conforme esta desciende y se une a la quebrada Lipiac-A (QLipi1A). Tanto el perifiton como los macroinvertebrados bentónicos registraron mayor abundancia de organismos aguas abajo, debido al incremento de sustratos duros donde el perifiton pudo establecerse y a la afluencia de la quebrada Lipiac que facilitó la abundancia de organismos tolerantes en los macroinvertebrados bentónicos. El phylum predominante con mayor número de taxa en el ficoperifiton fue Bacillariophyta, confirmando su amplia distribución en los cuerpos de agua continentales; sin embargo, se resalta la gran abundancia de *Pseudanabaena* sp. (Cyanobacteria) en el punto HIB-QYana1, en marzo de 2018, debido posiblemente al traslado de excretas de ganado por la escorrentía.

El punto HIB-QYana2 presentó gran abundancia de macroinvertebrados bentónicos, donde dominaron los géneros *Gigantodax* (Simuliidae, Diptera) y *Cricotopus* (Chironomidae, Diptera). Estas dominancias sugieren la perturbación de estos ambientes acuáticos, debido a que los taxa mencionados se caracterizan por habitar aguas mesotróficas a eutróficas o con perturbación antropogénica. Los puntos HIB-QYana1 y HIB-QLipi1A también presentaron dichos géneros; sin embargo, la presencia de *Metrichia* sp. (Hydroptilidae, Trichoptera), en la quebrada Yanacocha; y *Cailloma* sp. (Hydrobiosidae, Trichoptera), en la quebrada Lipiac, caracterizaron a estos puntos con una calidad biológica moderada, debido a que organismos de las familias Hydroptilidae e Hydrobiosidae son considerados buenos indicadores biológicos.

La calidad biológica moderada, sumada a las características hidromorfológicas como vegetación riparia continua, determinó la calidad ecológica mala en HIB-QYana2 (aguas arriba) y moderada en HIB-QYana1 (aguas abajo), debido al aporte de la quebrada Lipiac A (HIB-QLipi1A), que también presentó calidad ecológica moderada.

2.4 Microcuenca de la quebrada Kerosene

Los afloramientos estuvieron caracterizados por tener un rango variable de pH, siendo ácidos y sulfatados los MANA-62 y MANA-75 (ubicados en la margen derecha de la quebrada Kerosene) y el MANA-29 (próximo al bofedal Pajablanca) por estar ubicados en la formación Carhuaz (Ki-ca). En los afloramientos MCham1, MCham2, MCham4 y MCham5, en la parte baja de la microcuenca, las condiciones hidroquímicas cambiaron a facie bicarbonatada cálcica, debido posiblemente a su relación con la formación Farrat (Ki-f). MANA-75 presentó la mayor carga de metales que los otros afloramientos.

En los afloramientos MLPeñ-01 y MCham7 se registraron concentraciones de aluminio y hierro que excedieron el ECA para agua Cat1A1. Estos metales están en mayor porcentaje en su forma suspendida y con altas concentraciones de sólidos suspendidos totales, a consecuencia del arrastre de material sólido de los suelos por las escorrentías en sus puntos de surgencia.

La laguna Kerosene, si bien conservó sus condiciones de ligeramente ácido en octubre de 2017 y en marzo de 2018, presentó una variación hidroquímica, de facie sulfatada a bicarbonatada, lo que mostraría su susceptibilidad ante variaciones en los factores ambientales, entre los cuales está la lluvia (que aporta bicarbonatos).



Handwritten blue ink notes on the left margin, including a vertical arrow pointing upwards and several illegible scribbles.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

La laguna Seca (evaluada solo en marzo de 2018) también fue ligeramente ácida y tuvo el mismo comportamiento bicarbonatado, debido a que ambas lagunas están ubicadas en la formación Carhuaz (Ki-ca). Todos los parámetros evaluados cumplieron con los ECA para Agua Cat4E1.

Asimismo, la laguna Kerosene se determinó como mesotrófica con tendencia a la oligotrofia, debido a las bajas concentraciones de nutrientes como el fósforo total y la clorofila *a*. Estas condiciones abióticas favorecieron la dominancia de taxa característicos de ecosistemas con baja productividad primaria, como los phylum Bacillariophyta y Charophyta, en el fitoplancton; el phylum Bacillariophyta, en el ficoperifiton; los phylum Amoebozoa y Arthropoda, en el zooplancton; y los órdenes de clases no Insecta como Haplotaxidae y Trombidiformes, en los macroinvertebrados bentónicos.

El fitoplancton fue más abundante en octubre de 2017, debido a su dependencia a la luz solar y a su vulnerabilidad a las precipitaciones por estar suspendidos en la columna de agua, a diferencia de los macroinvertebrados bentónicos que fueron más abundantes en marzo de 2018, por el aumento de la capacidad de carga de los cuerpos de agua en la temporada lluviosa, lo que permitió un mejor desarrollo de esta comunidad.

Los macroinvertebrados bentónicos, colectados en la orilla de la laguna Kerosene, mostraron asociación con diferentes metales registrados en el sedimento, como molibdeno y cobre, resaltándose la alta concentración de cobre que superó la normativa canadiense (CEQG-SQG). No obstante, no se observó algún comportamiento extraño en la estructura de los macroinvertebrados bentónicos, ya que la alta concentración de cobre sería una condición habitual en la laguna a la que los organismos estarían adaptados.

En la laguna Seca no se determinó el estado trófico; no obstante, presentó remoción en la orilla, ligera proliferación de algas y plantas acuáticas, y accesibilidad al pastoreo realizado en la zona, lo que podría modificar su productividad. Asimismo, la baja concentración de bicarbonatos y el pH ácido guardan relación con la riqueza y abundancia de las comunidades hidrobiológicas en esta laguna. De este modo, la laguna Seca se destacó por presentar a los phylum Bacillariophyta y Charophyta en el fitoplancton, pero principalmente a la especie *Closterium setaceum* (Charophyta), quién se caracteriza por ser abundante en cuerpos de agua ácidos, con poca cantidad de nutrientes y de color café, debido a la concentración de material húmico en la superficie.

Respecto al ficoperifiton, se destacó la mayor riqueza del phylum Charophyta, seguido de Cyanobacteria; sin embargo, se registró la dominancia del phylum Bacillariophyta representado principalmente por los taxa *Eutonia* y *Frustulia*. Asimismo, se destaca la abundancia de *Closterium setaceum*, tal como fue observado en el fitoplancton. Por otro lado, en el zooperifiton se destacó la abundancia del género *Lecane* (Rotifera), que si se incrementa indicaría una variación en el estado trófico, debido a que altas abundancias de este género son comúnmente encontradas en ambientes eutrofizados.

En la laguna Seca se encontró una baja riqueza de taxa y de abundancia de macroinvertebrados bentónicos, lo que sugiere que esta comunidad estaría influenciada por el pH bajo de esta laguna. Entre los órdenes que destacaron en riqueza y abundancia se encuentran Diptera y Hemiptera. El taxa *Ecternmostega* (Hemiptera), característico de ambientes con calidad regular, fue dominante en ambos puntos (HIB-LSeca1 y HIB-LSeca2); y el taxa Chironominae (Chironomidae,



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



Diptera), característico de ambientes con calidad mala, fue dominante en HIB-LSeca2.

Las quebradas Sin nombre (QD1 y QD2) fueron ácidas y de diferentes facies hidroquímicas con predominancia de sulfatos y aluminio (sulfatada-bicarbonatada aluminica y sulfatada aluminica, respectivamente); además de registrar concentraciones de cobre y valores de pH que incumplieron los ECA para agua Cat3. Este metal estuvo en mayor porcentaje en sus formas disueltas y divalentes (Cu^{2+}), cabe resaltar que ambas quebradas están cercanas al afloramiento de la roca ígnea (Ti-ma) que presenta minerales de cobre, como la calcopirita.

La quebrada Kerosene, desde la descarga de la laguna Kerosene (LKero1) hasta antes de la carretera que une los caseríos Chamcas y Guagayoc (QKero1), registra similares facies hidroquímicas en octubre de 2017, pero diferentes en marzo de 2018. Luego de la afluencia de las quebradas Sin nombre QD1 y QD2 se incrementan los sulfatos, el aluminio y el cobre, este último hasta exceder el ECA para agua Cat3; no obstante, las concentraciones de estos metales disminuyen en el punto QKero1, al pasar por un bofedal.

En el tramo evaluado en la quebrada Chamcas, octubre de 2017, el pH cambia de ácido a básico, así como, de sulfatada cálcica a sulfatada-bicarbonatada cálcica; mientras que en marzo de 2018, el pH fue básico y de facie bicarbonatada cálcica, similar a lo registrado en la laguna Seca. En ambos meses, las concentraciones de bicarbonatos se incrementaron, debido principalmente a la disolución de minerales calcáreos.

Las comunidades hidrobiológicas en las quebradas evaluadas presentaron cambios en la riqueza y abundancia de organismos conforme el cuerpo de agua desciende y se une a otros tributarios, debido principalmente a los cambios en el pH y la influencia de altas concentraciones de algunos metales. En cuanto al fitoplancton, no se observó una tendencia definida en el número de taxa y la abundancia de organismos durante el recorrido de los cuerpos de agua; aunque el phylum Bacillariophyta presentó mayor riqueza y abundancia en la mayoría de los puntos evaluados, lo cual confirma su amplia distribución en las quebradas.

Los puntos HIB-QD2, HIB-QCham1 y HIB-QCham2 presentaron dominancia de los taxa *Encyonema* (Bacillariophyta), *Tabellaria flocculosa* (Bacillariophyta) y *Pseudanabaena* (Cyanobacteria), respectivamente. De estos, la especie *Tabellaria flocculosa* es característica de cuerpos de agua mesotróficos, mientras que la gran abundancia de *Pseudanabaena* en HIB-QCham2, podría deberse al traslado de excretas de ganado por la escorrentía.

En el punto HIB-QD1, al igual que en HIB-QCham2, el phylum Cyanobacteria fue dominante, lo que sugiere que en ambos puntos ocurrieron modificaciones en las condiciones ambientales, como el aumento en la concentración del fósforo que favorece al incremento de cianofíceas que fijan nitrógeno al ecosistema acuático.

En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos, se destaca la mayor abundancia de organismos en HIB-LKero1 (descarga de la laguna Kerosene), respecto al resto de puntos, la cual está representada por los taxa *Ectemnostega* (Corixidae, Hemiptera), *Cricotopus* (Chironomidae, Diptera), Dyticidae (Coleoptera), Trombidiformes, Haplotoxidae y Naididae. Estas dominancias, principalmente de familias como Chironomidae y Dyticidae, denotan una calidad biológica mala, debido a que estas son encontradas en ambientes acuáticos alterados. Asimismo, características del hábitat como canal modificado y manchas aisladas de



Handwritten notes in blue ink, including a large arrow pointing upwards and the word 'HIB' written vertically.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

vegetación riparia determinaron una calidad hidromorfológica mala para este punto. En consecuencia, este punto presentó una calidad ecológica mala.

Los puntos HIB-QD1 (quebrada Sin nombre), HIB-QKero3 (quebrada Kerosene), HIB-QSn-3 (quebrada Sin nombre) y HIB-QCham1 (quebrada Chamcas) presentaron baja abundancia de organismos respecto al resto de puntos. Esta abundancia estuvo representada por familias como Chironomidae y Simuliidae, características de ambientes acuáticos perturbados, así como Scirtidae, Limoniidae y nemátodos, que también son considerados como indicadores de mala calidad biológica. De este modo, estos puntos de muestreo fueron determinados con una calidad ecológica mala, debido a la presencia de los taxa mencionados, la acidez del agua, y la mala calidad hidromorfológica a causa de la modificación del sustrato y ausencia de la vegetación riparia.

Por otro lado, la presencia de la familia Leptoceridae (Trichoptera) caracterizó al HIB-QSn2 (quebrada Sin nombre) con buena calidad biológica, debido a que dicha familia es considerada como un indicador de buena calidad biológica. Asimismo, este punto fue determinado con buena calidad hidromorfológica por presentar vegetación riparia continua y sustrato heterogéneo, a pesar de su ubicación paralela a la carretera.

El resto de puntos evaluados en esta microcuenca (HIB-QD2, HIB-QKero2, HIB-QKero1, HIB-QChup-01 y HIB-QCham2) presentaron generalmente organismos de los órdenes Diptera y Coleoptera, y características del hábitat típicos de ambientes modificados o perturbados, por los que fueron caracterizados como cuerpos de agua con calidad ecológica moderada. Asimismo, la parte alta de la microcuenca presentó calidad ecológica entre mala a moderada, mientras que en la parte baja presentó calidad ecológica moderada, debido al aporte de la quebrada Chupicario, de calidad ecológica buena.

2.5 Microcuenca de la quebrada La Chorrera

Los afloramientos se ubicaron en la margen izquierda de la quebrada Lipiac, y son bicarbonatadas cálcicas debido a que yacen sobre una formación Chulec (Km-ch), integrada por calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas.

La laguna Lipiac fue ácida y de facie sulfatada alumínica/sulfatada cálcica, se ubica en la formación Inca (Km-in) que contiene areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas (con registros de mayores porcentajes de hierro) y lechos de cuarcitas. En esta laguna se registró una concentración de plomo y valores de pH que incumplieron el ECA para agua Cat4E1; este metal se encontró en mayor porcentaje en su forma disuelta en los puntos LLipi1 y LLipi2, y en su forma suspendida en LLipi3 debido a la inestabilidad del sustrato de ribera.

Asimismo, laguna Lipiac se clasificó como mesotrófica con tendencia a la oligotrofia, lo que se debería a las bajas concentraciones de nutrientes como el fósforo total y la clorofila *a*. De ahí que, en esta laguna se destaca la presencia en el fitoplancton de organismos del phylum Bacillariophyta, Charophyta y Cyanobacteria, en el que predominó el género *Eutonia* (Bacillariophyta). Siendo el punto HIB-LLipi2 el que registró la mayor abundancia de organismos del plancton, representados por *Eutonia* (Bacillariophyta) y *Cephalodella* (Rotifera), confirmando las condiciones oligotróficas en este punto.

En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos de esta laguna, se registró baja riqueza y abundancia de organismos debido a su acidez; sin embargo, esta



condición facilitaría la predominancia de algunas taxa como Tanytarsini (Diptera), pues demostraron su tolerancia principalmente en los puntos HIB-LLipi2 y HIB-LLipi3.

El tramo evaluado de la quebrada Lipiac (QLipi1 y QLipi2) es básica y de facie bicarbonatada cálcica, debido principalmente a los aportes de los 10 afloramientos ubicados en la margen izquierda. Cabe indicar que 7 de estos afloramientos se ubican en el bosque de *Polylepis* (queuña); además, yacen sobre la formación Chulec (Km-ch).

Respecto al ficoperifiton, la quebrada Lipiac aguas abajo presentó mayor número de taxa y un incremento en la abundancia de organismos. El phylum más abundante y con mayor número de taxa fue Bacillariophyta, confirmandose su amplia distribución en la quebrada.

En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos, se registró una ligera variación en la riqueza de taxa entre HIB-QLipi1 y HIB-QLipi2; sin embargo, se destacó la mayor abundancia en HIB-QLipi2, representada por los taxa de la familia Chironomidae Tanytarsini y *Alotanypus*, característicos de aguas mesotróficas a eutróficas o con perturbación antropogénica, por lo que este punto presentó una calidad biológica mala. Sin embargo, el punto HIB-QLipi1 presentó la dominancia del taxa *Cricotopus* (Chironomidae), por lo que también presentó calidad biológica mala. Luego de evaluar las características físicas del hábitat, como vegetación riparia continua, se pudo determinar una calidad hidromorfológica moderada en ambos puntos; por ende, ambos puntos tuvieron una calidad ecológica mala.

2.6 Flora silvestre

Se evaluaron 15 zonas, donde se hallaron 17 ecosistemas frágiles (9 bofedales, 7 lagunas y 1 bosque de *Polylepis*); en estas zonas se diferenciaron 5 tipos de formaciones vegetales (bofedal, roquedales, pajonales, césped y queuña), de las cuales, la formación vegetal bofedal fue la más representativa.

Se registraron 261 especies agrupadas en 62 familias botánicas y 164 géneros, siendo Asteraceae y Poaceae las familias más diversas, y *Senecio* y *Calamagrostis* los géneros más diversos. La vegetación de roquedal y la formación vegetal asociada a las orillas de las lagunas fueron las que presentaron mayor riqueza con 131 y 132 especies respectivamente, seguida de la formación vegetal de bofedal con 114 especies. Sin embargo, respecto a la cobertura vegetal, la formación vegetal de roquedal presentó en promedio menor porcentaje de cobertura con 65,6 %; mientras que la formación bofedal fue la que presentó mayor cobertura con 85,5 %. Por otro lado, las herbáceas corresponden al estrato más diverso con el 67,8 % de las especies registradas en el área de estudio.

Las especies con mayor abundancia relativa en el área evaluada son *Stipa ichu*, *Loricaria ferruginea* y *Paspalum bonplandianum*. Estas especies se presentaron en mayor proporción en los bofedales, en donde además fueron abundantes las especies *Werneria stuebelii*, *Disterigma empetrifolium*, *Cortaderia hapalotricha* y *Loricaria leptothamna*. Asimismo, en el roquedal fueron las especies *Ribes hirtum* y *Eupatoriadelphus* sp.; mientras que en el pajonal fueron las especies *Paspalum tuberosum* y *Stipa ichu*; y, finalmente, en el queuña las especies de mayor abundancia relativa fueron *Polylepis racemosa* y *Lachemilla orbiculata*.

Las formaciones vegetales evaluadas en los bofedales, pajonales y en la orilla de las lagunas fueron más diversas respecto a los roquedales y queñaes. Por otro



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

lado, las zonas más diversas se encontraron en la microcuenca Milpo (EF7, EF2 y EF3).

El análisis estadístico multivariado (NMDS) y de similitud muestran que las formaciones vegetales evaluadas están bien definidas (agrupadas); de las cuales, los bofedales poseen alta similitud con las lagunas; mientras que el pajonal, césped y roquedal forman otro grupo bien definido; entretanto, la formación vegetal queuña es la menos similar con las demás formaciones.

Con respecto al estado de conservación o endemismo, de las 261 especies reportadas 11 especies se encuentran protegidas por la legislación peruana, 11 especies se encuentran en algún grado de amenaza de acuerdo a la IUCN y 8 especies se encuentran en los listados CITES; asimismo, 32 especies son endémicas de Perú, de las cuales 3 especies ampliaron su rango de distribución.



2.7 Fauna silvestre

Anfibios y reptiles

En el área de evaluación se registraron 3 especies de anfibios: *Gastrotheca peruana*, *Pristimantis simonsii* y *Pristimantis pinguis*; y 2 especies de reptiles: *Stenocercus stigmus* y *Petracola ventrimaculata*.

Los anfibios presentaron una mayor riqueza y abundancia con respecto a los reptiles registrados, siendo el anfibio *Pristimantis pinguis* la especie con mayores valores de abundancia. En cuanto a los reptiles, la especie *Stenocercus stigmus* registró mayor abundancia que *Petracola ventrimaculata*.

Los renacuajos de la especie *Gastrotheca peruana* presentaron valores altos de abundancia debido a su capacidad de desarrollo en los cuerpos de agua encontrados en los bofedales.

Los hábitats pajonal y roquedal presentaron la mayor riqueza de especies de anfibios y reptiles debido a sus características estructurales como el tipo de vegetación y sustrato, entre otras.

Las zonas de ecosistemas frágiles pertenecientes a las microcuencas Yanacocha y La Chorrera (EF12 y EF8) fueron las zonas con mayor riqueza y abundancia de anfibios y reptiles con respecto a lo registrado en la microcuenca Milpo (EF2, EF3, EF4 y EF5).

De todas las especies de anfibios registrados en la evaluación, la rana del páramo de los andes (*Pristimantis simonsii*) y la rana (*Pristimantis pinguis*) se encuentran categorizadas como amenazadas En Peligro Crítico (CR) y En Peligro (EN) respectivamente, por la IUCN; y según la legislación nacional ambas especies se encuentran en la categoría de amenaza En Peligro Crítico (CR).

Respecto a los reptiles registrados, la lagartija de paja (*Petracola ventrimaculata*) se encuentra incluida en la lista de especies amenazadas clasificada como Vulnerable (VU) según la legislación nacional.

Aves

En el área de estudio la avifauna registrada es típica de los ecosistemas altoandinos del norte de Perú. De este modo, se registraron 54 especies



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

pertenecientes a 21 familias y 11 órdenes. Los órdenes que presentaron mayor número de especies fueron los Passeriformes (31 especies) y Apodiformes (7 especies). Las familias con mayor número de especies fueron Thraupidae (10 especies), Furnaridae (7 especies), Trochilidae (7 especies), Tyrannidae (6 especies) y Anatidae (4 especies).

Las 54 especies registradas son consideradas residentes, de las cuales, 44 especies son de ambientes terrestres y 10 de ambientes acuáticos.

La mayoría de las especies se encuentran dentro de su rango de distribución conocida, sin embargo se reportó un nuevo registro para el departamento de Cajamarca, el Pato Crestón (*Lophonetta specularoides*).

Cada hábitat evaluado presenta especies generalistas y especialistas. El bofedal y pajonal son los hábitats que comparten especies terrestres, siendo el bofedal un hábitat frecuentado también por especies acuáticas. El roquedal es el hábitat que registró la mayor riqueza de especies terrestres. Mientras que las lagunas son importantes para la reproducción y alimentación de las aves acuáticas.

Las zonas de ecosistemas frágiles que presentaron mayor riqueza, abundancia y diversidad fueron EF7, EF8, EF12 pertenecientes a las microcuencas Milpo, La Chorrera y Yanacocha respectivamente, debido que estas zonas de ecosistemas frágiles albergaban la mayor diversidad de hábitats y presentaron áreas con cobertura arbustiva.

Las zonas de ecosistemas frágiles que presentaron la menor riqueza fueron EF5 y EF9, pertenecientes a las microcuencas Milpo y Yanacocha respectivamente, debido a que sólo se evaluó el hábitat laguna.

La riqueza de especies es muy significativa en el área de estudio, debido a que se registró 25 especies de interés para la conservación; de las cuales, 5 especies son endémicas de Perú y 12 restringidas al bioma de los Andes Centrales.

Se registraron la Monterita de Cajamarca (*Microspingus alticola*), especie amenazada en la categoría En Peligro (EN); según la legislación peruana y la IUCN, y el Zambullidor Plateado (*Podiceps occipitalis*) categorizada como Casi Amenazada (NT), según la legislación nacional. La primera especie es terrestre y se reportó en parches con presencia de áreas arbustivas (matorral) y la segunda especie es acuática y se reportó en el cuerpo de agua de las lagunas.

Mamíferos

El las metodologías de censos por transectos, entrevistas y cámaras trampa se registraron 7 especies de mamíferos silvestres, 5 de ellos confirmados para el área evaluada (transecto y cámaras trampa) y 2 especies potenciales (entrevista).

Para los censos de mamíferos silvestres se realizó un esfuerzo de 22:35:00 horas/censo, lo cual nos permitió abarcar una cobertura de 5120 m, este esfuerzo nos permitió registrar 5 especies de mamíferos silvestres.

El mayor valor del índice de ocurrencia lo presentó el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) con 25 puntos, seguido del venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*) con 19 puntos.



Vertical handwritten signature and initials on the left margin.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

En cuanto al mayor valor del índice de abundancia, el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) presentó 20 puntos, seguido del venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*) con 14 puntos.

Con las cámaras trampa se lograron 20 registros independientes pertenecientes a 5 géneros, 5 familias y 5 especies de mamíferos grandes y medianos, que se encuentran en los diferentes hábitats de la zona de evaluación.

Las 5 especies de mamíferos registrados en el presente estudio representan el 100 % de mamíferos grandes y medianos que se encuentran en los ecosistemas frágiles y hábitats asociados.

De acuerdo a la legislación nacional (D.S. 004-2014-AG) y al Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú, ninguna especie se encuentra comprendida en alguna categoría de conservación.

En cuanto a la Lista Roja de Especies Amenazadas a nivel internacional (IUCN), se encontró que todas las especies están comprendidas en la categoría de preocupación menor (LC).

En la lista de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Silvestres (CITES), el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) se encuentra en el Apéndice II por lo que esta especie no está fuertemente amenazada, pero podría llegar a esa situación.



3. RECOMENDACIONES

- Aprobar el informe de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero El Galeno de Lumina Copper S.A.C., durante el 2017 y 2018, en vista que cuenta con el sustento técnico requerido.
- Remitir copia del presente informe a la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas del OEFA

Atentamente:

LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS
Subdirector de la Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

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

CESAR GREGORIO ESPIRITU LIMAY
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

HEBER OCAS RUMAY
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

LISVETH M. VALENZUELA MENDOZA
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

VICTOR CHAMA MOSCOSO
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

ALEX ADONIS CÁCERES MUÑA
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

ALFREDO LEONARDO GUZMÁN CALDAS
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

SEGUNDO ISRAEL CRESPO MORE
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

MARIO ESCOBEDO TORRES
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

Lima, 30 OCT. 2018

Visto el Informe N.º 322 -2018-OEFA/DEAM-STEC, la Dirección de Evaluación Ambiental ha dispuesto su aprobación.

Atentamente:

FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN
Director de Evaluación Ambiental
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES	1
2.1. Actividades extractivas o productivas identificadas.....	2
2.2. Recopilación, revisión y análisis de la información	2
2.2.1. Instrumentos de Gestión Ambiental.....	2
2.2.2. Acciones realizadas en el marco de la función evaluadora del OEFA.....	2
3. OBJETIVOS.....	2
3.1 Objetivo general.....	2
3.2 Objetivos específicos	2
4. ÁREA DE ESTUDIO.....	3
5. CONTEXTO SOCIAL	5
6. METODOLOGÍA.....	10
6.1 Agua.....	10
6.1.1 Guías utilizadas para la evaluación	10
6.1.2 Ubicación de puntos.....	11
6.1.3 Parámetros y métodos de análisis.....	21
6.1.4 Equipos utilizados	24
6.1.5 Aseguramiento de la calidad.....	25
6.1.6 Criterios de comparación	26
6.1.7 Procesamiento de datos	27
6.2 Sedimentos	37
6.2.1 Guías utilizadas para la evaluación	37
6.2.2 Ubicación de puntos.....	37
6.2.3 Parámetros y métodos de análisis.....	39
6.2.4 Equipos utilizados	39
6.2.5 Aseguramiento de la calidad.....	39
6.2.6 Criterios de comparación	40
6.2.7 Procesamiento de datos	40
6.3 Comunidades hidrobiológicas.....	40
6.3.1 Guías utilizadas para la evaluación	41
6.3.2 Ubicación de puntos.....	41
6.3.3 Parámetros y métodos de análisis.....	44
6.3.4 Equipos utilizados	45
6.3.5 Aseguramiento de la calidad.....	46
6.3.6 Criterios de comparación	46
6.3.7 Procesamiento de datos	46



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



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

6.4 Flora Silvestre	52
6.4.1 Guías utilizadas para la evaluación	52
6.4.2 Ubicación de puntos.....	53
6.4.3 Parámetros y métodos de análisis.....	56
6.4.4 Equipos utilizados	58
6.4.5 Aseguramiento de la calidad.....	58
6.4.6 Criterios de comparación	58
6.4.7 Procesamiento de datos	58
6.5 Fauna Silvestre	62
6.5.1 Guías utilizadas para la evaluación	62
6.5.2 Ubicación de puntos.....	63
6.5.3 Parámetros y métodos de análisis.....	74
6.5.4 Equipos utilizados	77
6.5.5 Aseguramiento de la calidad.....	78
6.5.6 Criterios de comparación	78
6.5.7 Procesamiento de datos	78
7. RESULTADOS	83
7.1 Comparación con los estándares aprobados en el EIA _s y estándares vigentes	83
7.1.1 Agua	83
7.1.2 Sedimento	115
7.2 Comparación con los resultados del IGA	129
7.2.1 Agua	129
7.2.2 Comunidades hidrobiológicas.....	171
7.3 Control de calidad	183
7.4 Estudios especializados.....	188
7.4.1 Relaciones de los parámetros de agua superficial.....	188
7.4.2 Evaluación hidroquímica	201
7.4.3 Clasificación geoquímica	211
7.4.4 Análisis multivariado	216
7.4.5 Comunidades hidrobiológicas.....	229
7.4.6 Flora Silvestre	308
7.4.7 Fauna Silvestre	340
7.5 Análisis temporal.....	380
7.5.1 Agua.....	380
7.5.2 Sedimento	421
7.5.3 Comunidades hidrobiológicas.....	430
8. DISCUSIÓN.....	456
8.1 Por componente.....	456



Vertical handwritten signature in blue ink



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

8.1.1	Agua	456
8.1.2	Sedimentos	458
8.1.3	Comunidades hidrobiológicas	458
8.2	Por microcuenca	465
8.2.1	Microcuenca de la quebrada Milpo	465
8.2.2	Microcuenca de la quebrada Yanacocha	497
8.2.3	Microcuenca de la quebrada Kerosene	507
8.2.4	Microcuenca de la quebrada La Chorrera	528
8.3	Flora y fauna silvestre	534
8.3.1	Flora Silvestre	534
8.3.2	Fauna Silvestre	542
9.	CONCLUSIONES	555
9.1	Agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas	555
9.1.1	Microcuenca de la quebrada Milpo	556
9.1.2	Microcuenca de la quebrada Yanacocha	559
9.1.3	Microcuenca de la quebrada Kerosene	560
9.1.4	Microcuenca de la quebrada La Chorrera	563
9.2	Flora Silvestre	564
9.3	Fauna Silvestre	565
9.3.1	Anfibios y reptiles	565
9.3.2	Aves	565
9.3.3	Mamíferos	566
10.	RECOMENDACIÓN	567
10.1	Agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas	567
10.2	Flora Silvestre	567
10.3	Fauna Silvestre	567
11.	ANEXOS	568
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	569



Handwritten signature and vertical text on the left margin.

Faint handwritten notes on the right margin.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1. Agrupación de los cuerpos de agua por microcuencas	5
Tabla 5-1. Actores sociales en el área de influencia del proyecto El Galeno	8
Tabla 5-2. Ejecución de las etapas de participación ciudadana	8
Tabla 6-1. Protocolos de muestreo para agua superficial y subterránea en el área de influencia del proyecto El Galeno.....	11
Tabla 6-2. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial (quebradas y lagunas)	12
Tabla 6-3. Ubicación de los puntos de muestreo de afloramientos de agua subterránea .	16
Tabla 6-4. Parámetros, método de análisis y cantidad de puntos de muestreo de agua superficial evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018	22
Tabla 6-5. Parámetros y cantidad de puntos de muestreo de afloramientos de agua subterránea evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018	23
Tabla 6-6. Equipos utilizados para el muestreo de la calidad de agua en octubre de 2017	25
Tabla 6-7. Equipos utilizados para el muestreo de la calidad de agua en marzo de 2018	25
Tabla 6-8. Controles de calidad establecidos para agua	25
Tabla 6-9. Relación conductividad y Error de Balance Iónico (EBI)	29
Tabla 6-10. Manuales referenciales para la toma de muestra de sedimentos en el área de influencia del proyecto El Galeno.....	37
Tabla 6-11. Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos	38
Tabla 6-12. Parámetros, método de análisis y cantidad de puntos de muestreo de sedimento evaluados en 2017 y 2018	39
Tabla 6-13. Equipos utilizados para el muestreo de calidad de sedimentos en octubre de 2017.....	39
Tabla 6-14. Equipos utilizados para el muestreo de calidad de sedimentos en marzo de 2018	39
Tabla 6-15. Controles de calidad establecidos para sedimentos.....	39
Tabla 6-16. Protocolo de muestreo para las comunidades hidrobiológicas (plancton, perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces) en el área de influencia del proyecto El Galeno	41
Tabla 6-17. Ubicación de los puntos de muestreo de las comunidades hidrobiológicas ...	41
Tabla 6-18. Parámetros, método de análisis y cantidad de puntos de muestreo evaluados para las comunidades hidrobiológicas.....	44
Tabla 6-19. Equipos utilizados para el muestreo de las comunidades hidrobiológicas en octubre de 2017.....	45
Tabla 6-20. Equipos utilizados para el muestreo de las comunidades hidrobiológicas en la marzo de 2018.....	45
Tabla 6-21. Calidad hidromorfológica del río.....	49
Tabla 6-22. Puntuación por familia de macroinvertebrados bentónicos de acuerdo con el índice ABI	49
Tabla 6-23. Valoración de la calidad biológica con el índice ABI.....	50
Tabla 6-24. Escala de calidad ecológica de un río y/o quebrada	50
Tabla 6-25. Escala de valores del estado trófico en los cuerpos de agua.....	51
Tabla 6-26. Fórmulas para estimar el estado trófico aplicando los indicadores de eutrofia	51
Tabla 6-27. Protocolos para la evaluación de flora silvestre.....	53
Tabla 6-28. Ubicación de los transectos para la evaluación de flora silvestre	53
Tabla 6-29. Parámetros, método de análisis y cantidad de zonas de evaluación de flora silvestre.....	57
Tabla 6-30. Equipos usados en la evaluación de flora silvestre	58



Vertical handwritten signature and date



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 6-31. Manuales referenciales para la evaluación de fauna silvestre 63

Tabla 6-32. Ubicación de los puntos de búsqueda por encuentro visual (VES)..... 64

Tabla 6-33. Ubicación de los transectos en hábitats acuáticos realizados para la evaluación de los anfibios y reptiles 66

Tabla 6-34. Ubicación de los transectos lineales realizados para la evaluación de aves.. 67

Tabla 6-35. Ubicación de las lagunas evaluadas por conteos totales para evaluación de aves 69

Tabla 6-36. Ubicación de puntos de instalación de redes de niebla para evaluación de aves 70

Tabla 6-37. Ubicación de los sitios de instalación de las cámaras trampa para la evaluación de mamíferos..... 70

Tabla 6-38. Ubicación de los transectos evaluados para los censos de mamíferos 72

Tabla 6-39. Parámetros, método de análisis y cantidad de zonas de evaluación para fauna silvestre..... 74

Tabla 6-40. Equipos de campo para la evaluación de anfibios y reptiles 77

Tabla 6-41. Equipos de campo para la evaluación de aves..... 77

Tabla 6-42. Equipos de campo para la evaluación de mamíferos 78

Tabla 6-43. Puntaje para diferentes tipos de evidencias utilizado para calcular el índice de ocurrencia 79

Tabla 7-1. Puntos de los IGA y de la Evaluación ambiental temprana 129

Tabla 7-2. Puntos de muestreo en común entre Lumina Copper S.A.C. y el OEFA, y las comunidades hidrobiológicas evaluadas por punto de muestreo..... 171

Tabla 7-3. Resultados de metales totales de los duplicados de agua evaluados en octubre de 2017 184

Tabla 7-4. Resultados de metales totales de los duplicados de agua, sedimentos y blanco de campo evaluados en octubre de 2017 185

Tabla 7-5. Resultados de metales totales de los duplicados de agua evaluados en marzo de 2018..... 186

Tabla 7-6. Resultados de metales totales de los duplicados de agua, blanco de campo y blanco de viajero evaluados en marzo de 2018 187

Tabla 7-7. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de los afloramientos en octubre de 2017..... 193

Tabla 7-8. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de los afloramientos en marzo de 2018..... 194

Tabla 7-9. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de las quebradas en octubre de 2017..... 196

Tabla 7-10. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de las quebradas en marzo de 2018..... 197

Tabla 7-11. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de las lagunas en octubre de 2017..... 199

Tabla 7-12. Porcentaje de metales disueltos en los puntos de muestreo de las lagunas en marzo de 2018..... 200

Tabla 7-13. Test de KMO y explicación de la varianza evaluados con los metales totales de los afloramientos 216

Tabla 7-14. Test de KMO y explicación de la varianza evaluados con los metales disueltos de los afloramientos 216

Tabla 7-15. Carga (loadings) de factores para los parámetros (incluyen los metales totales) de los afloramientos 217

Tabla 7-16. Carga (loadings) de factores para los parámetros (incluyen los metales disueltos) de los afloramientos..... 217



Handwritten signature and arrows pointing to the stamp

Handwritten signature



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and vertical text on the left margin

Tabla 7-17. Puntuaciones (scores) de factores de los afloramientos considerando los metales totales 218

Tabla 7-18. Puntuaciones (scores) de factores de los afloramientos considerando los metales disueltos..... 218

Tabla 7-19. Test de KMO y explicación de la varianza evaluados con los metales totales de las quebradas 221

Tabla 7-20. Test de KMO y explicación de la varianza evaluados con los metales disueltos de las quebradas 221

Tabla 7-21. Carga (loadings) estandarizadas de factores para los parámetros (incluyen los metales totales) de las quebradas 222

Tabla 7-22. Carga (loadings) estandarizadas de factores para los parámetros (incluyen los metales disueltos) de las quebradas..... 222

Tabla 7-23. Puntuaciones (scores) estandarizadas de factores de las quebradas considerando los metales totales 222

Tabla 7-24. Puntuaciones (scores) estandarizadas de factores de las quebradas considerando los metales disueltos 222

Tabla 7-25. Test de KMO y explicación de la varianza evaluados con los metales totales de las lagunas..... 225

Tabla 7-26. Test de KMO y explicación de la varianza evaluados con los metales disueltos de las lagunas 225

Tabla 7-27. Carga (loadings) de factores para los parámetros (incluyen los metales totales) de las lagunas 226

Tabla 7-28. Carga (loadings) de factores para los parámetros (incluyen los metales disueltos) de las lagunas..... 226

Tabla 7-29. Puntuaciones (scores) de factores de los puntos de muestreo de las lagunas considerando los metales totales 227

Tabla 7-30. Puntuaciones (scores) de factores de los puntos de muestreo de las lagunas considerando los metales disueltos 227

Tabla 7-31. Comunidades hidrobiológicas evaluadas por punto de muestreo 229

Tabla 7-32. Calidad hidromorfológica en las 3 microcuencas evaluadas 297

Tabla 7-33. Calidad biológica según el índice ABI en las 3 microcuencas evaluadas 298

Tabla 7-34. Calidad ecológica según el protocolo CERA-S en las 3 microcuencas evaluadas 298

Tabla 7-35. Número de familias, géneros y especies por cada clase registradas en los EF del PM El Galeno..... 308

Tabla 7-36. Cobertura vegetal de los ecosistemas frágiles, por transecto y formación vegetal en el área de influencia del PM El Galeno 321

Tabla 7-37. Índices de diversidad alfa obtenido de los transectos* evaluados en los EF del PM El Galeno 331

Tabla 7-38. Índices de similitud entre las formaciones vegetales presentes en los EF del PM El Galeno, con el Índice Morisita..... 334

Tabla 7-39. Índices de similitud entre los EF presentes en el área de influencia del PM El Galeno, con el Índice Morisita..... 335

Tabla 7-40. Especies de flora registradas en las zonas de evaluación que están protegidas por el Estado Peruano o categorizadas por la UICN y CITES 338

Tabla 7-41. Orden, familia y especies de anfibios y reptiles 340

Tabla 7-42. Abundancia relativa de anfibios 341

Tabla 7-43. Abundancia relativa de los renacuajos..... 342

Tabla 7-44. Abundancia relativa de reptiles 342



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



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

Tabla 7-45. Abundancia, riqueza e índices de diversidad de los anfibios en toda el área del proyecto 343

Tabla 7-46. Colecta de especímenes de anfibios y reptiles realizadas en los ecosistemas frágiles evaluados..... 345

Tabla 7-47. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por hábitat..... 345

Tabla 7-48. Abundancia, riqueza e índices de diversidad de los anfibios por hábitat 348

Tabla 7-49. Abundancia, riqueza e índices de diversidad de los anfibios por hábitat 348

Tabla 7-50. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por ecosistema frágil en el proyecto El Galeno 349

Tabla 7-51. Abundancia, riqueza e índices de diversidad de los anfibios por ecosistemas frágiles 353

Tabla 7-52. Abundancia, riqueza e índices de diversidad de los reptiles por ecosistemas frágiles 353

Tabla 7-53. Lista de especies de anfibios y reptiles incluidos en categorías de conservación o endémicos 355

Tabla 7-54. Orden, familia y número de especies de aves registradas 355

Tabla 7-55. Resumen de la riqueza y abundancia por hábitat..... 357

Tabla 7-56. Riqueza de especies y abundancia registrada en las lagunas..... 358

Tabla 7-57. Riqueza de especies y abundancia registrada en los bofedales..... 359

Tabla 7-58. Riqueza de especies y abundancia registrada en el bosque de *Polylepis*.... 359

Tabla 7-59. Riqueza de especies y abundancia registrada en los pajonales 360

Tabla 7-60. Riqueza de especies y abundancia registrada en los roquedales..... 361

Tabla 7-61. Riqueza de especies y abundancia registrada en el césped..... 362

Tabla 7-62. Abundancia, riqueza e índices de diversidad por hábitat 363

Tabla 7-63. Valores del Índice de Similitud de Morisita entre los hábitats..... 363

Tabla 7-64. Abundancia, riqueza e índices de diversidad por zona ecosistemas frágiles 367

Tabla 7-65. Valores del Índice de Similitud de Morisita entre las zonas ecosistemas frágiles 368

Tabla 7-66. Lista de especies incluidas en categorías de conservación y endémicas..... 369

Tabla 7-67. Actividad reproductiva de las aves registradas en los puntos de evaluación 370

Tabla 7-68. Usos de las aves por la población local 370

Tabla 7-69. Total de especies de mamíferos registrados el área de influencia del proyecto minero El Galeno 371

Tabla 7-70. Esfuerzo de muestreo en la evaluación por censos de mamíferos 371

Tabla 7-71. Diversidad de mamíferos silvestres registrados por censos 372

Tabla 7-72. Diversidad de mamíferos silvestres registrados por censos 373

Tabla 7-73. Diversidad de mamíferos silvestres registrados por las cámaras trampa 374

Tabla 7-74. Riqueza y composición de mamíferos registrados en las cámaras trampas 376

Tabla 7-75. Riqueza y composición de mamíferos registrados en las cámaras trampas por tipo de hábitat 376

Tabla 7-76. Especies de fauna silvestre comprendida en alguna categoría de conservación 379

Tabla 7-77. Facie hidroquímica de los afloramientos comunes evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018..... 395

Tabla 7-78. Diferencias de iones predominantes de la Facie hidroquímica de los afloramientos comunes evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018 396

Tabla 7-79. Facie hidroquímica de los iones predominantes de los puntos de muestreo de las quebradas comunes evaluadas en octubre de 2017 y marzo de 2018 398

Tabla 7-80. Diferencias de los iones predominantes de la Facie hidroquímica de las quebradas comunes evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018..... 399



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Vertical handwritten signature in blue ink.

Tabla 7-81. Facie hidroquímica de los iones predominantes de los puntos de muestreo de las lagunas comunes evaluadas en octubre de 2017 y marzo de 2018 401

Tabla 7-82. Diferencias de los iones predominantes de la Facie hidroquímica de las lagunas comunes evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018 402

Tabla 7-83. Test de KMO y explicación de la varianza evaluados con los metales totales de los afloramientos comunes 410

Tabla 7-84. Test de KMO y explicación de la varianza evaluados con los metales disueltos de los afloramientos comunes 410

Tabla 7-85. Carga (loadings) de factores para los parámetros (incluyen los metales totales) de los afloramientos comunes 410

Tabla 7-86. Carga (loadings) de factores para los parámetros (incluyen los metales disueltos) de los afloramientos comunes 410

Tabla 7-87. Puntuaciones (scores) de factores de los puntos de muestreo de afloramientos comunes considerando los metales totales 411

Tabla 7-88. Puntuaciones (scores) de factores de los puntos de muestreo de afloramientos comunes considerando los metales disueltos 411

Tabla 7-89. Test de KMO y explicación de la varianza evaluados con los metales totales de de las quebradas comunes 412

Tabla 7-90. Test de KMO y explicación de la varianza evaluados con los metales disueltos de las quebradas comunes 412

Tabla 7-91. Carga (loadings) de factores estandarizadas para los parámetros (incluyen los metales totales) de las quebradas comunes 413

Tabla 7-92. Carga (loadings) de factores estandarizadas para los parámetros (incluyen los metales disueltos) de las quebradas comunes 413

Tabla 7-93. Puntuaciones (scores) estandarizadas de factores de las quebradas comunes considerando los metales totales 414

Tabla 7-94. Puntuaciones (scores) estandarizadas de factores de las quebradas comunes considerando los metales disueltos 414

Tabla 7-95. Test de KMO y explicación de la varianza evaluados con los metales totales de las lagunas comunes 416

Tabla 7-96. Test de KMO y explicación de la varianza evaluados con los metales disueltos de las lagunas comunes 416

Tabla 7-97. Carga (loadings) de factores para los parámetros (incluyen los metales totales) de las lagunas comunes 416

Tabla 7-98. Carga (loadings) de factores para los parámetros (incluyen los metales disueltos) de las lagunas comunes 416

Tabla 7-99. Puntuaciones (scores) de factores de los puntos de muestreo de afloramientos comunes considerando los metales totales 417

Tabla 7-100. Puntuaciones (scores) de factores de los puntos de muestreo de afloramientos comunes considerando los metales disueltos 417

Tabla 7-101. Especies químicas de los metales que superaron el ECA en los puntos de muestreo evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018 420

Tabla 7-102. Test de KMO y varianza explicada del AF evaluado con metales de los sedimentos de las lagunas 426

Tabla 7-103. Carga (loadings) estandarizadas de factores para metales de sedimentos de las lagunas 427

Tabla 7-104. Puntuaciones (scores) estandarizadas de factores de los puntos de muestreo de sedimentos de las lagunas 427

Tabla 7-105. Puntos de muestreo en común entre la primera y segunda evaluación realizada por el OEFA y las comunidades hidrobiológicas evaluadas por punto de muestreo 430



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 7-106. Riqueza de especies en las microcuencas con puntos de muestreo en común entre la primera y segunda evaluación realizada por el OEFA y número de especies registrado en cada comunidad hidrobiológica evaluada..... 432

Tabla 7-107. Abundancia de organismos en las microcuencas con puntos de muestreo en común entre la primera y segunda evaluación realizada por el OEFA y número de individuos registrado en cada comunidad hidrobiológica evaluada..... 432

Tabla 7-108. Calidad hidromorfológica en las 3 microcuencas evaluadas..... 454

Tabla 7-109. Calidad biológica según el índice ABI en las 3 microcuencas evaluadas... 454

Tabla 7-110. Calidad ecológica según el protocolo CERA-S en las 3 microcuencas evaluadas 455

Tabla 7-111. Estado trófico de las lagunas en las microcuencas evaluadas 456

Tabla 8-1. Taxa representativos en las comunidades hidrobiológicas evaluadas en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 485



Handwritten signature and initials in blue ink, including the name 'ENRIQUE'.





ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 4-1. Ubicación del área de influencia ambiental del proyecto El Galeno 3

Figura 4-2. Esquema de distribución de las microcuencas en el ámbito del proyecto El Galeno 4

Figura 5-1. Procedimiento de la participación ciudadana durante el proceso de la evaluación ambiental temprana en el proyecto El Galeno 9

Figura 6-1. Relación de los sólidos disueltos totales (TDS) con los valores de k para diferentes tipos de agua 28

Figura 6-2. A) EBI sin H₃O⁺, B) EBI con H₃O⁺ y sin especiación y C) EBI con H₃O⁺ y con especiación 30

Figura 6-3. Diagramas hidroquímicos: a) Stiff y b) Piper 31

Figura 6-4. Clasificación geoquímica (diagrama de Ficklin) para el agua basado en la suma de metales disueltos (Zn, Cu, Cd, Pb, Co, Ni) y el valor de pH 32

Figura 6-5. Relación de la solución de llenado KCl del electrodo de referencia (Ag/AgCl) y la temperatura (°C) 33

Figura 6-6. Relación de Temperatura (°C) y el potencial de electrodo de referencia Ag/AgCl con solución de relleno KCL 3M (Eh°) 34

Figura 7-1a. Valor de pH en los afloramientos ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo 85

Figura 7-1b. Valor de pH en los afloramientos ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo 85

Figura 7-2a. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo 86

Figura 7-2b. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo 86

Figura 7-3. Concentración de demanda química de oxígeno (DQO) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo 87

Figura 7-4a. Concentración de aluminio total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo 89

Figura 7-4b. Concentración de aluminio total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo 89

Figura 7-5a. Concentración de cadmio total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo 90

Figura 7-5b. Concentración de cadmio total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo 90

Figura 7-6a. Concentración de hierro total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo 91

Figura 7-6b. Concentración de hierro total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo 91

Figura 7-7a. Concentración de manganeso total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo 92

Figura 7-7b. Concentración de manganeso total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo 92

Figura 7-8a. Concentración de plomo total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo 93

Figura 7-8b. Concentración de plomo total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo 93

Figura 7-9. Valor de pH en los afloramientos de la microcuenca la quebrada Yanacocha 94

Figura 7-10. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 95



Handwritten signature and initials in blue ink.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin.

Figura 7-11. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Yanacocha..... 95

Figura 7-12. Concentración de demanda química de oxígeno (DQO) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene 97

Figura 7-13a. Valor de pH en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene 98

Figura 7-13b. Valor de pH en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene 98

Figura 7-14a. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene 99

Figura 7-14b. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene 99

Figura 7-15a. Concentración de aluminio total (Al) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene 100

Figura 7-15b. Concentración de aluminio total (Al) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene 100

Figura 7-16a. Concentración de cobre total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene 101

Figura 7-16b. Concentración de cobre total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene 101

Figura 7-17a. Concentración de hierro total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene 102

Figura 7-17b. Concentración de hierro total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene 102

Figura 7-18. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada La Chorrera 103

Figura 7-19. Concentración de demanda química de oxígeno (DQO) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada La Chorrera..... 104

Figura 7-20. Valor de pH en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 105

Figura 7-21. Concentración de manganeso total en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 105

Figura 7-22. Valor de pH en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 106

Figura 7-23. Valor de pH en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 107

Figura 7-24. Concentración de cobre total en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 107

Figura 7-25. Valor de pH en las quebradas de la microcuenca de la quebrada La Chorrera 108

Figura 7-26. Valor de pH en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo 110

Figura 7-27. Concentración de fósforo total en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo 110

Figura 7-28. Concentración de cobre total en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo 111

Figura 7-29. Valor de pH en la laguna Yanacocha 112

Figura 7-30. Concentración de plomo total en la laguna Yanacocha 113

Figura 7-31. Valor de pH en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene .. 113

Figura 7-32. Concentración de oxígeno disuelto en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 114



Handwritten signature and date: 2014

Figura 7-33. Valor de pH en la laguna Lipiac de la microcuenca de la quebrada La Chorrera 115

Figura 7-34. Concentración de plomo total en la laguna Lipiac de la microcuenca de la quebrada La Chorrera 115

Figura 7-35. Concentración de arsénico en los sedimentos de las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo 119

Figura 7-36. Concentración de cadmio en los sedimentos de las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo 119

Figura 7-37. Concentración de cobre en los sedimentos de las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo 120

Figura 7-38. Concentración de mercurio en los sedimentos de las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo 120

Figura 7-39. Concentración de plomo en los sedimentos de las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo 121

Figura 7-40. Concentración de zinc en los sedimentos de las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo 121

Figura 7-41. Concentración de arsénico en los sedimentos de la laguna Yanacocha-microcuenca de la quebrada Yanacocha 122

Figura 7-42. Concentración de cadmio en los sedimentos de la laguna Yanacocha-microcuenca de la quebrada Yanacocha 123

Figura 7-43. Concentración de cobre en los sedimentos de la laguna Yanacocha-microcuenca de la quebrada Yanacocha 123

Figura 7-44. Concentración de mercurio en los sedimentos de la laguna Yanacocha-microcuenca de la quebrada Yanacocha 124

Figura 7-45. Concentración de plomo en los sedimentos de la laguna Yanacocha-microcuenca de la quebrada Yanacocha 124

Figura 7-46. Concentración de zinc en los sedimentos de la laguna Yanacocha-microcuenca de la quebrada Yanacocha 125

Figura 7-47. Concentración de arsénico en los sedimentos de la laguna Kerosene-microcuenca de la quebrada Kerosene 126

Figura 7-48. Concentración de cadmio en los sedimentos de la laguna Kerosene-microcuenca de la quebrada Kerosene 126

Figura 7-49. Concentración de cobre en los sedimentos de la laguna Kerosene-microcuenca de la quebrada Kerosene 127

Figura 7-50. Concentración de mercurio en los sedimentos de la laguna Kerosene-microcuenca de la quebrada Kerosene 127

Figura 7-51. Concentración de plomo en los sedimentos de la laguna Kerosene-microcuenca de la quebrada Kerosene 128

Figura 7-52. Concentración de zinc en los sedimentos de la laguna Kerosene-microcuenca de la quebrada Kerosene 129

Figura 7-53. Valor de pH reportado por Lumina Copper S.A.C. y el OEFA en M14 y FNat8 131

Figura 7-54. Valor de conductividad eléctrica reportado por Lumina Copper S.A.C. en M14 y el OEFA en FNat8 132

Figura 7-55. Concentración de aluminio total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M14 y el OEFA en FNat8 132

Figura 7-56. Concentración de cadmio total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M14 y el OEFA en FNat8 133

Figura 7-57. Concentración de cobre total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M14 y el OEFA en FNat8 134



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Figura 7-58. Concentración de hierro total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M14 y el OEFA en FNat8 134

Figura 7-59. Concentración de manganeso total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M14 y el OEFA en FNat8 135

Figura 7-60. Concentración de plomo total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M14 y el OEFA en FNat8 136

Figura 7-61. Valor de pH reportado por Lumina Copper S.A.C. en M44 y OEFA en LDCol2 137

Figura 7-62. Valor de conductividad eléctrica por Lumina Copper S.A.C. en M44 y el OEFA en LDCol2 137

Figura 7-63. Concentración de aluminio total por Lumina Copper S.A.C. en M44 y el OEFA en LDCol2 138

Figura 7-64. Concentración de cobre total por Lumina Copper S.A.C. en M44 y el OEFA en LDCol2 139

Figura 7-65. Concentración de hierro total por Lumina Copper S.A.C. en M44 y el OEFA en LDCol2 139

Figura 7-66. Concentración de plomo total por Lumina Copper S.A.C. en M44 y el OEFA en LDCol2 140

Figura 7-67. Valor de pH reportado por Lumina Copper S.A.C. en M8 y el OEFA en QMilp1 141

Figura 7-68. Valor de conductividad eléctrica reportado por Lumina Copper S.A.C. en M8 y el OEFA en QMilp1 141

Figura 7-69. Concentración de aluminio total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M8 y el OEFA en QMilp1 142

Figura 7-70. Concentración de cobre total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M8 y el OEFA en QMilp1 143

Figura 7-71. Concentración de hierro total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M8 y el OEFA en QMilp1 143

Figura 7-72. Concentración de manganeso total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M8 y el OEFA en QMilp1 144

Figura 7-73. Valor de pH reportado por Lumina Copper S.A.C. en M37 y el OEFA en Qs/n2 145

Figura 7-74. Valor de conductividad eléctrica reportado por Lumina Copper S.A.C. en M37 y el OEFA en Qs/n2 146

Figura 7-75. Concentración de aluminio total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M37 y el OEFA en Qs/n2 146

Figura 7-76. Concentración de cobre total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M37 y el OEFA en Qs/n2 147

Figura 7-77. Concentración de hierro total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M37 y el OEFA en Qs/n2 148

Figura 7-78. Concentración de manganeso total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M37 y el OEFA en Qs/n2 148

Figura 7-79. Valor de pH reportado por Lumina Copper S.A.C. en M1 y el OEFA en QCham2 149

Figura 7-80. Valor de conductividad eléctrica reportado por Lumina Copper S.A.C. en M1 y el OEFA en QCham2 150

Figura 7-81. Concentración de aluminio total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M1 y el OEFA en QCham2 150

Figura 7-82. Concentración de cobre total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M1 y el OEFA en QCham2 151



Vertical handwritten signature or initials in blue ink.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



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

Figura 7-83. Concentración de hierro total reportado reportado por Lumina Copper S.A.C. en M1 y el OEFA en QCham2..... 152

Figura 7-84. Concentración de manganeso total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M1 y el OEFA en QCham2..... 153

Figura 7-85. Valor de pH reportado por Lumina Copper S.A.C. en M28 y el OEFA en QLipi2 154

Figura 7-86. Valor de conductividad eléctrica reportado por Lumina Copper S.A.C. en M28 y el OEFA en QLipi2..... 154

Figura 7-87. Concentración de aluminio total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M28 y el OEFA en QLipi2..... 155

Figura 7-88. Concentración de cobre total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M28 y el OEFA en QLipi2 156

Figura 7-89. Concentración de hierro total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M28 y el OEFA en QLipi2 156

Figura 7-90. Concentración de manganeso total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M28 y el OEFA en QLipi2..... 157

Figura 7-91. Concentración de plomo total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M28 y el OEFA en QLipi2..... 158

Figura 7-92. Valor de pH reportado por Lumina Copper S.A.C. en M6 y el OEFA en LRinc3 159

Figura 7-93. Valor de conductividad eléctrica reportado por Lumina Copper S.A.C. en M6 y el OEFA en LRinc3..... 159

Figura 7-94. Concentración de aluminio total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M6 y el OEFA en LRinc3..... 160

Figura 7-95. Concentración de cobre total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M6 y el OEFA en LRinc3..... 161

Figura 7-96. Concentración de hierro total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M6 y el OEFA en LRinc3..... 161

Figura 7-97. Concentración de plomo total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M6 y el OEFA en LRinc3..... 162

Figura 7-98. Valor de pH reportado por Lumina Copper S.A.C. en M5 y el OEFA en LKero2, LKero3 y LKero4..... 163

Figura 7-99. Valor de conductividad eléctrica reportado por Lumina Copper S.A.C. en M5 y el OEFA en LKero2, LKero3 y LKero4 164

Figura 7-100. Concentración de aluminio total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M5 y el OEFA en LKero2, LKero3 y LKero4 164

Figura 7-101. Concentración de cobre total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M5 y el OEFA en LKero2, LKero3 y LKero4..... 165

Figura 7-102. Concentración de hierro total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M5 y el OEFA en LKero2, LKero3 y LKero4 166

Figura 7-103. Concentración de plomo total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M5 y el OEFA en LKero2, LKero3 y LKero4..... 166

Figura 7-104. Valor de pH reportado por Lumina Copper S.A.C. en M27 y el OEFA en LLipi1, LLipi2 y LLipi3..... 167

Figura 7-105. Valor de conductividad eléctrica reportado por Lumina Copper S.A.C. en M27 y el OEFA en LLipi1, LLipi2 y LLipi3 168

Figura 7-106. Concentración de aluminio total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M27 y el OEFA en LLipi1, LLipi2 y LLipi3 169

Figura 7-107. Concentración de cobre total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M27 y el OEFA en LLipi1, LLipi2 y LLipi3 169



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Figura 7-108. Concentración de hierro total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M27 y el OEFA en LLipi1, LLipi2 y LLipi3 170

Figura 7-109. Concentración de plomo total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M27 y el OEFA en LLipi1, LLipi2 y LLipi3 171

Figura 7-110. Puntos de muestreo en común entre Lumina Copper S.A.C. y el OEFA ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo..... 172

Figura 7-111. Riqueza y abundancia de las comunidades hidrobiológicas evaluadas por Lumina Copper S.A.C. y el OEFA en los 5 puntos de muestreo comunes ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo durante la primera y segunda evaluación 173

Figura 7-112. Riqueza del fitoplancton evaluado por Lumina Copper S.A.C. y el OEFA en los 5 puntos de muestreo comunes ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo durante la primera y segunda evaluación 174

Figura 7-113. Abundancia del fitoplancton evaluado por Lumina Copper S.A.C. y el OEFA en los 5 puntos de muestreo comunes ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo durante la primera y segunda evaluación 174

Figura 7-114. Riqueza del zooplancton evaluado por Lumina Copper S.A.C. y el OEFA en los 5 puntos de muestreo comunes ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo durante la primera y segunda evaluación 177

Figura 7-115. Abundancia del zooplancton evaluado por Lumina Copper S.A.C. y el OEFA en los 5 puntos de muestreo comunes ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo durante la primera y segunda evaluación 177

Figura 7-116. Riqueza de los macroinvertebrados bentónicos evaluado por Lumina Copper S.A.C. y el OEFA en los 5 puntos de muestreo comunes ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo durante la primera y segunda evaluación 178

Figura 7-117. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos evaluado por Lumina Copper S.A.C. y el OEFA en los 5 puntos de muestreo comunes ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo durante la primera y segunda evaluación 178

Figura 7-118. Análisis Anova two way para la riqueza de especies del fitoplancton evaluado por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA durante la primera y segunda evaluación 179

Figura 7-119. Análisis Anova two way para la abundancia de organismos del fitoplancton evaluado por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA durante la primera y segunda evaluación 180

Figura 7-120. Análisis Anova two way para la riqueza de especies del zooplancton evaluado por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA durante la primera y segunda evaluación 180

Figura 7-121. Análisis Anova two way para la abundancia de organismos del zooplancton evaluado por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA durante la primera y segunda evaluación 181

Figura 7-122. Análisis Anova two way para la riqueza de especies de los macroinvertebrados bentónicos evaluado por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA durante la primera y segunda evaluación 182

Figura 7-123. Análisis Anova two way para la abundancia de organismos de los macroinvertebrados bentónicos evaluado por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA durante la primera y segunda evaluación 182

Figura 7-124. Relación lineal entre la conductividad y los sólidos disueltos totales (SDT) de los puntos de muestreo evaluados en el 2017 188

Figura 7-125. Relación lineal entre la conductividad y los sólidos disueltos totales (SDT) de los puntos de muestreo evaluados en el 2018 189

Figura 7-126. Relación lineal entre la conductividad y la suma de cationes de los puntos de muestreo evaluados en el 2017 190



Handwritten signature and initials in blue ink.



Vertical handwritten signature and initials in blue ink.

Figura 7-127. Relación lineal entre la conductividad y la suma de cationes de los puntos de muestreo evaluados en el 2018 190

Figura 7-128. Resultados lineal entre la conductividad y la suma de aniones de los puntos de muestreo evaluados en octubre de 2017..... 191

Figura 7-129. Resultados lineal entre la conductividad y la suma de aniones de los puntos de muestreo evaluados en marzo de 2018..... 191

Figura 7-130. Curva potencial obtenida de la relación de conductividad y EBI establecida por Custodio y Llamas, 1976..... 201

Figura 7-131. Diagrama de Piper de los afloramientos evaluados en marzo de 2018 203

Figura 7-132. Diagrama de Stiff de los afloramientos evaluados en marzo de 2018..... 205

Figura 7-133. Diagrama de Piper de las quebradas evaluadas en marzo de 2018 206

Figura 7-134. Diagrama de Stiff de las quebradas evaluadas en marzo de 2018 208

Figura 7-135. Diagrama de Piper de las lagunas evaluadas en marzo de 2018 209

Figura 7-136. Diagrama de Stiff de las lagunas evaluadas en marzo de 2018..... 210

Figura 7-137. Clasificación geoquímica en base al diagrama de Ficklin de los afloramientos evaluados en marzo de 2018 213

Figura 7-138. Clasificación geoquímica en base al diagrama de Ficklin de las quebradas evaluadas en marzo de 2018 214

Figura 7-139. Clasificación geoquímica en base al diagrama de Ficklin de las lagunas evaluadas en marzo de 2018 215

Figura 7-140. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales totales) y las puntuaciones de los afloramientos..... 219

Figura 7-141. Diagrama biplot de los Factores 3 y 4 de las cargas (parámetros que incluyen los metales totales) y las puntuaciones de los afloramientos..... 219

Figura 7-142. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales disueltos) y las puntuaciones de los afloramientos 220

Figura 7-143. Diagrama biplot de los Factores 1 y 3 de las cargas (parámetros que incluyen los metales disueltos) y las puntuaciones de los afloramientos 220

Figura 7-144. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales totales) y las puntuaciones estandarizadas de las quebradas..... 223

Figura 7-145. Diagrama biplot de los Factores 1 y 3 de las cargas (parámetros que incluyen los metales totales) y las puntuaciones estandarizadas de las quebradas..... 223

Figura 7-146. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales disueltos) y las puntuaciones estandarizadas de las quebradas 224

Figura 7-147. Diagrama biplot de los Factores 1 y 3 de las cargas (parámetros que incluyen los metales disueltos) y las puntuaciones estandarizadas de las quebradas 224

Figura 7-148. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales totales) y las puntuaciones de las lagunas 228

Figura 7-149. Diagrama biplot de los Factores 1 y 3 de las cargas (parámetros que incluyen los metales totales) y las puntuaciones de las lagunas 228

Figura 7-150. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales disueltos) y las puntuaciones de las lagunas 229

Figura 7-151. Composición y riqueza del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo 232

Figura 7-152. Abundancia del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo 232

Figura 7-153. Diversidad alfa del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo 233

Figura 7-154. Diversidad beta del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo 234



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Figura 7-155. Composición y riqueza del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo 234

Figura 7-156. Abundancia del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo 235

Figura 7-157. Diversidad alfa del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo 236

Figura 7-158. Diversidad beta del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo 236

Figura 7-159. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo 237

Figura 7-160. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo 238

Figura 7-161. Diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo 238

Figura 7-162. Diversidad beta de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo 239

Figura 7-163. Composición y riqueza del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 240

Figura 7-164. Abundancia del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 241

Figura 7-165. Diversidad alfa del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 241

Figura 7-166. Diversidad beta del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 242

Figura 7-167. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 243

Figura 7-168. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 243

Figura 7-169. Diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 244

Figura 7-170. Diversidad beta de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 245

Figura 7-171. Composición y riqueza del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 246

Figura 7-172. Abundancia del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 246

Figura 7-173. Diversidad alfa del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 247

Figura 7-174. Diversidad beta del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 248

Figura 7-175. Composición y riqueza del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 248

Figura 7-176. Abundancia del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 249

Figura 7-177. Diversidad alfa del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 250

Figura 7-178. Diversidad beta del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 251

Figura 7-179. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene... 251



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large signature and the letters 'R', 'A', 'S', 'H' written vertically.



Handwritten signature and date in blue ink

Figura 7-180. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene..... 252

Figura 7-181. Diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene..... 253

Figura 7-182. Diversidad beta de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene..... 253

Figura 7-183. Composición y riqueza del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 254

Figura 7-184. Abundancia del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 255

Figura 7-185. Diversidad alfa del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 256

Figura 7-186. Diversidad beta del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 257

Figura 7-187. Composición y riqueza del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 257

Figura 7-188. Abundancia del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 258

Figura 7-189. Diversidad alfa del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 259

Figura 7-190. Diversidad beta del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 260

Figura 7-191. Composición y riqueza del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 261

Figura 7-192. Abundancia del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 261

Figura 7-193. Diversidad alfa del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 262

Figura 7-194. Diversidad beta del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 263

Figura 7-195. Composición y riqueza del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 263

Figura 7-196. Abundancia del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 264

Figura 7-197. Diversidad alfa del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 265

Figura 7-198. Diversidad beta del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 266

Figura 7-199. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo 267

Figura 7-200. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo 267

Figura 7-201. Diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo 268

Figura 7-202. Diversidad beta de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo 269

Figura 7-203. Composición y riqueza del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 270

Figura 7-204. Abundancia del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 270



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a large 'A' and 'S'.

Figura 7-205. Diversidad alfa del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 271

Figura 7-206. Diversidad beta del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 272

Figura 7-207. Composición y riqueza del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 272

Figura 7-208. Abundancia del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 273

Figura 7-209. Diversidad alfa del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 274

Figura 7-210. Diversidad beta del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 274

Figura 7-211. Composición y riqueza del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 275

Figura 7-212. Abundancia del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 276

Figura 7-213. Diversidad alfa del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 276

Figura 7-214. Diversidad beta del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 277

Figura 7-215. Composición y riqueza del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 278

Figura 7-216. Abundancia del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 278

Figura 7-217. Diversidad alfa del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 279

Figura 7-218. Diversidad beta del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 280

Figura 7-219. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 280

Figura 7-220. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 281

Figura 7-221. Diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 282

Figura 7-222. Diversidad beta de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 282

Figura 7-223. Composición y riqueza del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 283

Figura 7-224. Abundancia del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 284

Figura 7-225. Diversidad alfa del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 285

Figura 7-226. Diversidad beta del fitoplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 285

Figura 7-227. Composición y riqueza del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 286

Figura 7-228. Abundancia del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 287

Figura 7-229. Diversidad alfa del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 287



Handwritten signature or initials in blue ink

Figura 7-230. Diversidad beta del zooplancton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene..... 288

Figura 7-231. Composición y riqueza del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene..... 289

Figura 7-232. Abundancia del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene..... 289

Figura 7-233. Diversidad alfa del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene..... 290

Figura 7-234. Diversidad beta del ficoperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene..... 291

Figura 7-235. Composición y riqueza del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene..... 291

Figura 7-236. Abundancia del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene..... 292

Figura 7-237. Diversidad alfa del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene..... 293

Figura 7-238. Diversidad beta del zooperifiton en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene..... 293

Figura 7-239. Composición y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 294

Figura 7-240. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 295

Figura 7-241. Diversidad alfa de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 295

Figura 7-242. Diversidad beta de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene 296

Figura 7-243. Concentración del fósforo total y la clorofila a en las lagunas Muyoc, Yanacocha y Kerosene 299

Figura 7-244. Índice de estado trófico de las lagunas Muyoc, Yanacocha y Kerosene... 300

Figura 7-245. Análisis de correspondencia canónica (ACC) del perifiton en las quebradas de toda el área evaluada..... 301

Figura 7-246. Análisis de correspondencia canónica (ACC) de los macroinvertebrados bentónicos en las quebradas de toda el área evaluada 302

Figura 7-247. Análisis de correspondencia canónica (ACC) del plancton en las lagunas de toda el área evaluada..... 304

Figura 7-248. Análisis de correspondencia canónica (ACC) del perifiton en las lagunas de toda el área evaluada..... 305

Figura 7-249. Análisis de correspondencia canónica (ACC) de los macroinvertebrados bentónicos en la orilla de las lagunas de toda el área evaluada 306

Figura 7-250. Análisis de correspondencia canónica (ACC) de los macroinvertebrados bentónicos en el interior y orilla de las lagunas Kerosene, Muyoc y Yanacocha..... 307

Figura 7-251. Porcentaje de especies por clase registradas en los EF del PM El Galeno..... 308

Figura 7-252. Familias más diversas, indicando número de géneros y especies registradas en los EF del PM El Galeno 309

Figura 7-253. Familias con mayor porcentaje de especies. Por encima del 2% de especies registradas en los EF del PM El Galeno 309

Figura 7-254. Géneros con mayor número de especies registradas en los EF del PM El Galeno 310

Figura 7-255. Formas de crecimiento de la flora vascular registrada en los EF del PM El Galeno 310



Figura 7-256. Número de especies, géneros y familias presentes en las 5 formaciones vegetales en los EF del PM El Galeno..... 311

Figura 7-257. Número de especies, géneros y familias por formación vegetal en los ecosistemas frágiles (EF) del PM El Galeno 313

Figura 7-258. Familias más diversas por formación vegetal en el EF1 del PM El Galeno 314

Figura 7-259. Familias más diversas en el EF2 (laguna Dos Colores A) del PM El Galeno 314

Figura 7-260. Familias más diversas en el EF4 (laguna Dos Colores B) del PM El Galeno 315

Figura 7-261. Familias más diversas por ecosistema EF3 y EF5 en el PM El Galeno 316

Figura 7-262. Familias más diversas por formación vegetal en EF7 y EF6 del PM El Galeno 316

Figura 7-263. Familias más diversas por formación vegetal en el EF8 del PM El Galeno 317

Figura 7-264. Familias más diversas por formación vegetal en los EF12 y EF9 del PM El Galeno 318

Figura 7-265. Familias más diversas por formación vegetal en el EF10 del PM El Galeno 319

Figura 7-266. Familias más diversas por formación vegetal en el EF11 y EF14 del PM El Galeno 319

Figura 7-267. Familias más diversas por formación vegetal en el EF13 y EF15 del PM El Galeno 320

Figura 7-268. Especies con mayor abundancia relativa presentes en los EF del PM El Galeno 322

Figura 7-269. Especies con mayor abundancia relativa en la formación vegetal de bofedales presentes en los EF del PM El Galeno 323

Figura 7-270. Especies con mayor abundancia relativa en la formación vegetal de roquedal presente presentes en los EF del PM El Galeno 323

Figura 7-271. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de pajonal presentes en los EF del PM El Galeno 324

Figura 7-272. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación asociada a las lagunas presentes en los EF del PM El Galeno 325

Figura 7-273. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación asociada a queuñales en el área de influencia del PM El Galeno 325

Figura 7-274. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación asociada como césped presente en los EF del PM El Galeno 326

Figura 7-275. Especies con mayor abundancia relativa en los EF de la Microcuenca Milpo en el PM El Galeno..... 327

Figura 7-276. Especies con mayor abundancia relativa en el EF8 presente en el área de influencia del PM El Galeno 328

Figura 7-277. Especies con mayor abundancia relativa en el EF9 y EF12 presente en el área de influencia del PM El Galeno 329

Figura 7-278. Especies con mayor abundancia relativa en los EF de la Microcuenca Kerosene en el PM El Galeno 330

Figura 7-279. Índices de diversidad alfa de las formaciones vegetales presentes en los EF del PM El Galeno..... 332

Figura 7-280. Índices de diversidad alfa de las formaciones vegetales presentes en el área de ecosistemas frágiles del PM El Galeno..... 333



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large 'A' and 'M'.



Handwritten signature and initials in blue ink.

Figura 7-281. Análisis Clúster de las formaciones vegetales presentes en los EF del PM El Galeno con el Índice Morisita 334

Figura 7-282. Análisis de Clúster de las EF presentes en el área de influencia directa del PM El Galeno con el Índice Morisita 336

Figura 7-283. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) con los transectos evaluados en los EF del PM El Galeno con el Índice Morisita 336

Figura 7-284. Curva de acumulación de especies. Modelo: $v2=(a*v1)/(1+(b*v1))$. Función de Clench..... 337

Figura 7-285. Familias con mayor número de especies de anfibios y reptiles..... 341

Figura 7-286. Abundancia relativa de los anfibios 342

Figura 7-287. Abundancia relativa de los reptiles 343

Figura 7-288. Curva de acumulación de observadas mediante la metodología de VES. 344

Figura 7-289. Curva de acumulación de observadas mediante la metodología de Transectos en hábitats acuáticos..... 344

Figura 7-290. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por hábitats 346

Figura 7-291. Abundancia de renacuajos por hábitats 346

Figura 7-292. Similaridad de Morisita entre los diferentes hábitats evaluados 349

Figura 7-293. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por ecosistema frágil 350

Figura 7-294. Abundancia de renacuajos por ecosistemas frágiles 350

Figura 7-295. Similaridad de Morisita entre los ecosistemas frágiles en el proyecto El Galeno 354

Figura 7-296. Familias con mayor número de especies de aves 356

Figura 7-297. Especies con mayor abundancia total..... 357

Figura 7-298. Dendrograma de Similitud de Morisita entre hábitats. La: laguna, Bo: bofedral, Pa: pajonal, Bp: bosque de *Polylepis*, Cp: césped, Ro: roquedal 364

Figura 7-299. Dendrograma de similitud de Morisita entre las zonas de ecosistemas frágiles (EF)..... 368

Figura 7-300. Diversidad de mamíferos silvestres registrados por censos en los centros poblados del área de influencia del proyecto El Galeno..... 373

Figura 7-301. Número de registros independientes de mamíferos silvestres registrados por las cámaras trampa..... 374

Figura 7-302. Diversidad de mamíferos silvestres registrados por las cámaras trampa en el área de influencia del proyecto El Galeno 375

Figura 7-303. Riqueza y composición de mamíferos registrados por las cámaras trampas en el ámbito de los centros poblados..... 376

Figura 7-304. Riqueza y composición de mamíferos registrados por las cámaras por tipo de hábitat..... 377

Figura 7-305. Diversidad y abundancia de mamíferos medianos y grandes 378

Figura 7-306. Curva de acumulación de especies de mamíferos medianos y grandes... 379

Figura 7-307. Valores de pH registrado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en los afloramientos 380

Figura 7-308. Concentración de OD registrado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en los afloramientos 381

Figura 7-309. Concentración de aluminio total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en los afloramientos 382

Figura 7-310. Concentración de cadmio total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en los afloramientos 382

Figura 7-311. Concentración de hierro total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en los afloramientos 383



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin, including an arrow pointing up and several scribbles.

Figura 7-312. Concentración de manganeso total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en los afloramientos 384

Figura 7-313. Concentración de plomo total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en los afloramientos 384

Figura 7-314. Valores de pH registrado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en las quebradas de la Microcuenca de la Qda. Milpo..... 385

Figura 7-315. Concentración de manganeso total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en las quebradas de la Microcuenca de la Qda. Milpo..... 386

Figura 7-316. Valores de pH registrados en octubre de 2017 y marzo de 2018 en las quebradas de la Microcuenca de la Qda. Yanacocha 387

Figura 7-317. Concentración de hierro total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en las quebradas de la Microcuenca de la Qda. Yanacocha 388

Figura 7-318. Valores de pH registrados en octubre de 2017 y marzo de 2018 en las quebradas de la Microcuenca de la Qda. Kerosene..... 389

Figura 7-319. Concentración de cobre total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en las quebradas de la Microcuenca de la Qda. Kerosene 390

Figura 7-320. Valores de pH registrados en octubre de 2017 y marzo de 2018 en las lagunas de la Microcuenca de la Qda. Milpo..... 392

Figura 7-321. Concentración de cobre total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en las lagunas de la Microcuenca de la Qda. Milpo 392

Figura 7-322. Concentración de fósforo total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en la laguna Muyoc 393

Figura 7-323. Valores de pH y concentración de aluminio, cobre, hierro y manganeso total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en la laguna Yanacocha..... 394

Figura 7-324. Concentración de aluminio, cobre, hierro y manganeso total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en la laguna Kerosene 394

Figura 7-325. Diagrama de Piper de los afloramientos comunes evaluados en la primera evaluación (octubre de 2017) y segunda evaluación (marzo de 2018)..... 396

Figura 7-326. Diagrama de Stiff de los afloramientos comunes evaluados en la primera evaluación (octubre de 2017) y segunda evaluación (marzo de 2018)..... 397

Figura 7-327. Diagrama de Piper de las quebradas comunes evaluados en la primera evaluación (octubre de 2017) y segunda evaluación (marzo de 2018)..... 398

Figura 7-328. Diagrama de Stiff de las quebradas comunes evaluados en la primera evaluación (octubre de 2017) y segunda evaluación (marzo de 2018)..... 400

Figura 7-329. Diagrama de Piper de las lagunas comunes evaluados en la primera evaluación (octubre de 2017) y segunda evaluación (marzo de 2018)..... 401

Figura 7-330. Diagrama de Stiff de las lagunas comunes evaluados en la primera evaluación (octubre de 2017) y segunda evaluación (marzo de 2018) 404

Figura 7-331. Clasificación geoquímica en base al diagrama de Ficklin de los afloramientos evaluados en la primera evaluación (octubre de 2017) y segunda evaluación (marzo de 2018)..... 406

Figura 7-332. Clasificación geoquímica en base al diagrama de Ficklin de las quebradas evaluadas en la primera evaluación (octubre de 2017) y segunda evaluación (marzo de 2018)..... 407

Figura 7-333. Clasificación geoquímica en base al diagrama de Ficklin de las lagunas evaluadas en la primera evaluación (octubre de 2017) y segunda evaluación (marzo de 2018)..... 408

Figura 7-334. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales totales) y las puntuaciones de los afloramientos comunes..... 411



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Vertical handwritten signature in blue ink, possibly reading 'M. S. R. A. S. H.' from top to bottom.

Figura 7-335. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales disueltos) y las puntuaciones de los afloramientos comunes 412

Figura 7-336. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales totales) y las puntuaciones de las quebradas comunes..... 414

Figura 7-337. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales disueltos) y las puntuaciones de las quebradas comunes..... 415

Figura 7-338. Diagrama biplot de los Factores 3 y 4 de las cargas (parámetros que incluyen los metales disueltos) y las puntuaciones de las quebradas comunes..... 415

Figura 7-339. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales totales) y las puntuaciones de las lagunas comunes 418

Figura 7-340. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales disueltos) y las puntuaciones de las lagunas comunes 418

Figura 7-341. Curva potencial obtenida de pH y el potencial electrónico (pe) de los puntos de muestreo evaluados en marzo de 2018..... 419

Figura 7-342. Concentración de aluminio total en los sedimentos de las lagunas Muyoc y Kerosene 421

Figura 7-343. Concentración de arsénico total en los sedimentos de las lagunas Muyoc y Kerosene 422

Figura 7-344. Concentración de cadmio total en los sedimentos de las lagunas Muyoc y Kerosene 423

Figura 7-345. Concentración de cobre total en los sedimentos de las lagunas Muyoc y Kerosene 423

Figura 7-346. Concentración de mercurio total en los sedimentos de las lagunas Muyoc y Kerosene 424

Figura 7-347. Concentración de plomo total en los sedimentos de las lagunas Muyoc y Kerosene 425

Figura 7-348. Concentración de zinc total en los sedimentos de las lagunas Muyoc y Kerosene 426

Figura 7-349. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (metales en sedimentos) y las puntuaciones estandarizadas de las lagunas..... 429

Figura 7-350. Diagrama biplot de los Factores 3 y 4 de las cargas (metales en sedimentos) y las puntuaciones estandarizadas de las lagunas..... 429

Figura 7-351. Riqueza de especies por comunidad hidrobiológica evaluada en octubre de 2017 y marzo de 218 en las microcuencas Milpo, Yanacocha y Kerosene 433

Figura 7-352. Abundancia de especies por comunidad hidrobiológica evaluada en octubre de 2017 y marzo de 218 en las microcuencas Milpo, Yanacocha y Kerosene 433

Figura 7-353. Riqueza del fitoplancton en los puntos de muestreo comunes ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 434

Figura 7-354. Abundancia del fitoplancton en los puntos de muestreo comunes ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo 435

Figura 7-355. Riqueza del zooplancton en los puntos de muestreo comunes ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 436

Figura 7-356. Abundancia del zooplancton en los puntos de muestreo comunes ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo..... 436

Figura 7-357. Riqueza del perifiton en los puntos de muestreo comunes ubicados en las lagunas y quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo 437

Figura 7-358. Abundancia del perifiton en los puntos de muestreo comunes ubicados en las lagunas y quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo 437



Figura 7-359. Riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo comunes ubicados en las lagunas y quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo 438

Figura 7-360. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo comunes ubicados en las lagunas y quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo 439

Figura 7-361. Riqueza del fitoplancton en la laguna Yanacocha en la evaluación de 2017 y 2018..... 440

Figura 7-362. Abundancia del fitoplancton en la laguna Yanacocha en la evaluación de 2017 y 2018 440

Figura 7-363. Riqueza del zooplancton en la laguna Yanacocha en la evaluación de 2017 y 2018..... 441

Figura 7-364. Abundancia del zooplancton en la laguna Yanacocha en la evaluación de 2017 y 2018..... 441

Figura 7-365. Riqueza del perifiton en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna y quebrada de la microcuenca de la quebrada Yanacocha..... 442

Figura 7-366. Abundancia del perifiton en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna y quebrada de la microcuenca de la quebrada Yanacocha..... 442

Figura 7-367. Riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna y quebrada de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 443

Figura 7-368. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna y quebrada de la microcuenca de la quebrada Yanacocha 443

Figura 7-369. Riqueza del fitoplancton en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna Kerosene 444

Figura 7-370. Abundancia del fitoplancton en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna Kerosene..... 445

Figura 7-371. Riqueza del zooplancton en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna Kerosene 445

Figura 7-372. Abundancia del zooplancton en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna Kerosene 446

Figura 7-373. Riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna Kerosene 447

Figura 7-374. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna Kerosene 447

Figura 7-375. Análisis Anova two way para la riqueza de especies del fitoplancton en las microcuencas Milpo, Yanacocha y Kerosene 448

Figura 7-376. Análisis Kruskal-Wallis para la abundancia de organismos del fitoplancton en las microcuencas Milpo, Yanacocha y Kerosene (octubre de 2017)..... 449

Figura 7-377. Análisis Kruskal-Wallis para la abundancia de organismos del fitoplancton en las microcuencas Milpo, Yanacocha y Kerosene (marzo de 2018)..... 449

Figura 7-378. Análisis Anova two way para la riqueza de especies del zooplancton en las microcuencas Milpo, Yanacocha y Kerosene..... 450

Figura 7-379. Análisis Anova two way para la abundancia de organismos del zooplancton en las microcuencas Milpo, Yanacocha y Kerosene 450

Figura 7-380. Análisis Anova two way para la riqueza de especies del perifiton en las microcuencas Milpo y Yanacocha..... 451

Figura 7-381. Análisis Anova two way para la abundancia de organismos del perifiton en las microcuencas Milpo y Yanacocha..... 451



Figura 7-382. Análisis Anova two way para la riqueza de especies de los macroinvertebrados bentónicos en las quebradas de las microcuencas Milpo y Yanacocha 452

Figura 7-383. Análisis Anova two way para la abundancia de organismos de los macroinvertebrados bentónicos en las quebradas de las microcuencas Milpo y Yanacocha 452

Figura 7-384. Análisis Anova two way para la riqueza de especies de los macroinvertebrados bentónicos en las lagunas de las microcuencas Milpo, Yanacocha y Kerosene 453

Figura 7-385. Análisis Anova two way para la abundancia de organismos de los macroinvertebrados bentónicos en las lagunas de las microcuencas Milpo, Yanacocha y Kerosene 453

Figura 8-1. Ubicación de los cuerpos de agua evaluados en la microcuenca de la quebrada Milpo 466

Figura 8-2. Diagramas hidroquímicos del curso de agua de la laguna Dos Colores (LDCol2) de meses relacionados a la primera y segunda evaluación en base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA 467

Figura 8-3. Facies hidroquímicas y parámetros que exceden el ECA (en rojo) de lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo 468

Figura 8-4. Dirección de erosión pluvial del suelo en LRinc3 469

Figura 8-5. Puntos de muestreo de la laguna La Rinconada. (a) LRinc1 y (b) LRinc2 469

Figura 8-6. Diagramas hidroquímicos de laguna La Rinconada (LRinc3) de meses relacionados a la primera y segunda evaluación en base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA 470

Figura 8-7. Puntos de muestreo de la laguna Dos Colores. (a) LDCol1 y (b) LDCol2 470

Figura 8-8. Afloramiento de rocas ígneas (Ti – ma) con predominancia de pórfido dacítico cercanos a las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo 471

Figura 8-9. Facies hidroquímicas y parámetros que excedieron el ECA (en naranja) de los afloramientos en el ámbito de la laguna Muyoc 472

Figura 8-10. Ubicación de los afloramientos FNat7 y FNat8, y socavones del sector Hilórico 473

Figura 8-11. Diagramas hidroquímicos del afloramiento FNat8 de meses relacionados a la primera y segunda evaluación en base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA 474

Figura 8-12. Afloramiento MANA-12. a) marzo de 2018 y b) agosto de 2018 475

Figura 8-13. Facies hidroquímicas de los afloramientos, la quebrada y laguna Muyoc, y el parámetro que excedió el ECA para agua (en rojo) 476

Figura 8-14. Descarga de la laguna Muyoc y concentraciones de metales en sus formas disuelta/suspendida con relación a la actividad ganadera 477

Figura 8-15. Orilla de la laguna Muyoc 478

Figura 8-16. Concentraciones de fósforo y nitrógeno total en la orilla de la laguna Muyoc 479

Figura 8-17. Estado trófico de la laguna Muyoc basado en el índice de estado trófico (IET) para fósforo total y parámetros físico-químicos 480

Figura 8-18. Puntos evaluados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo. a) La Rinconada, b) Dos Colores, c) Milpo y d) Muyoc 481

Figura 8-19. Puntos evaluados en la laguna La Rinconada. a) HIB-LRinc1, b) HIB-LRinc3 y c) HIB-LRinc2 483

Figura 8-20. Orilla de la laguna Muyoc 484



Handwritten blue ink notes and arrows on the left margin, including a large arrow pointing up and several vertical lines.



Figura 8-21. Puntos de muestreo en lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo en dónde se superó los límites permitidos de metales en sedimento 486

Figura 8-22. Facies hidroquímicas de las lagunas Milpo y Muyoc, y las quebradas Milpo y Quinuacucho 487

Figura 8-23. Diagramas hidroquímicos de la quebrada QMilp1 de meses relacionados a la primera y segunda evaluación en base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA 488

Figura 8-24. Cambio en la composición hidroquímica de QMilp1 con respecto al punto M8 de Lumina Copper S.A.C. 488

Figura 8-25. Influencia de la composición hidroquímica de la laguna Milpo y escorrentías de afloramientos y otras filtraciones en el tramo QMilp1 a QMilp2 489

Figura 8-26. Facie hidroquímica de las quebradas Milpo, Muyoc y Quinuacucho 489

Figura 8-27. Facie hidroquímica de los afloramientos y las quebradas Milpo y Punre 490

Figura 8-28. a) Punto de muestreo HIB-QQuin2 y b) carretera cercana al punto 491

Figura 8-29. Puntos evaluados en la laguna Dos Colores y curso de agua (HIB-LDCol2) que une ambos sectores 492

Figura 8-30. Perturbación en el sustrato y vegetación de ribera asociado a pastoreo en HIB-QMuy2 (a) cerca a la descarga de la laguna Muyoc (b) 492

Figura 8-31. Puntos evaluados en la microcuenca de la quebrada Milpo. a) HIB-LDCol2 y b) HIB-QMilp1 493

Figura 8-32. Puntos evaluados en la microcuenca de la quebrada Milpo. a) HIB-QMilp2 y (b) HIB-QMuy2 493

Figura 8-33. Punto HIB-QMilp3, evaluado en la microcuenca de la quebrada Milpo 494

Figura 8-34. Puntos evaluados en la microcuenca de la quebrada Milpo. a) HIB-QMuy1 y (b) HIB-QQuin1 495

Figura 8-35. Calidad ecológica de los puntos de muestreo evaluados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo en 2018. 496

Figura 8-36. Ubicación de los cuerpos de agua evaluados en la microcuenca de la quebrada Yanacocha 497

Figura 8-37. Facies hidroquímicas de la laguna Yanacocha 498

Figura 8-38. Estado trófico de la laguna Yanacocha basado en el índice de estado trófico (IET) para fósforo total y parámetros físico-químicos 499

Figura 8-39. Concentración del fósforo y nitrógeno total en la laguna Yanacocha 500

Figura 8-40. Evaluación en orilla (a) y en el interior de la laguna Yanacocha (b) 501

Figura 8-41. Puntos evaluados en la laguna Yanacocha. a) HIB-LYana2, b) HIB-LYana1, c) HIB-LYana4 y d) orilla de la laguna 502

Figura 8-42. Perfil de influencia de agua bicarbonatadas cálcicas en los afloramientos MANA-41, MLCor1 y MLVer1 en la microcuenca de la quebrada Yanacocha 503

Figura 8-43. Facies hidroquímicas de las quebradas, afloramientos y laguna Yanacocha en la microcuenca de la quebrada Yanacocha 504

Figura 8-44. Punto HIB-QYana2 en la quebrada Yanacocha 505

Figura 8-45. Calidad ecológica de los puntos de muestreo evaluados en las quebradas distribuidas en la microcuenca de la quebrada Yanacocha en 2018 506

Figura 8-46. Ubicación de los cuerpos de agua evaluados en la microcuenca de la quebrada Kerosene 508

Figura 8-47. Facies hidroquímicas de la laguna Kerosene 509

Figura 8-48. Diagramas hidroquímicos de la laguna Kerosene (LKero2 y LKero3) de meses relacionados a la primera evaluación en base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA 510



Handwritten blue ink signatures and initials on the left margin.



Vertical handwritten signature or initials in blue ink.

Figura 8-49. Diagramas hidroquímicos de la laguna Kerosene (LKero2, LKero3 y LKero4) de meses relacionados a la segunda evaluación base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA..... 510

Figura 8-50. Estado trófico de la laguna Kerosene basado en el índice de estado trófico (IET) para fósforo total y parámetros físico-químicos..... 511

Figura 8-51. Concentración del fósforo total y nitrógeno total en la laguna Kerosene durante las evaluaciones..... 512

Figura 8-52. Puntos evaluados en la laguna Kerosene. a) HIB-LKero3 y (b) HIB-LKero4 513

Figura 8-53. Facies hidroquímicas de la laguna Seca..... 514

Figura 8-54. Puntos evaluados en la laguna Seca. a) HIB-LSeca1 y (b) HIB-LSeca2 515

Figura 8-55. Concentraciones de cobre y hierro en MANA-62 y MANA-75 influenciado por el pórfido Ti-Ma..... 516

Figura 8-56. Facies hidroquímicas y parámetros que exceden el ECA (en rojo) de afloramientos en el ámbito de la microcuenca de la quebrada Kerosene..... 518

Figura 8-57. Afloramiento (a) MLPeñ-01 en octubre de 2017, b) MLPeñ-01 en agosto de 2018, c) MCham7 en octubre de 2017 y d) MCham7 en agosto de 2018) 519

Figura 8-58. Concentraciones de cobre en la quebrada Kerosene y los canales de agua QD1 y QD2 influenciados por el afloramiento de rocas ígneas (Ti – ma) con predominancia de pórfido dacítico 520

Figura 8-59. Facies hidroquímicas y parámetros que exceden el ECA (en rojo) de las quebradas en el ámbito de la microcuenca de la quebrada Kerosene 521

Figura 8-60. Diagramas hidroquímicos de la quebrada QCham2 de meses relacionados a la evaluación en base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA..... 522

Figura 8-61. Diagramas hidroquímicos de la quebrada Q s/n 2 de meses relacionados a la segunda evaluación en base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA..... 522

Figura 8-62. Cambio en la composición hidroquímica de Q s/n 2 con respecto al punto M8 de Lumina Copper S.A.C. 523

Figura 8-63. Puntos de muestreo en la microcuenca de la quebrada Kerosene. a) HIB-QCham1 y b) HIB-QCham2 524

Figura 8-64. Descarga de la laguna Kerosene (HIB-LKero1)..... 525

Figura 8-65. Puntos de muestreo en la microcuenca de la quebrada Kerosene. a) HIB-QD1 y b) HIB-QSn-3..... 525

Figura 8-66. Ubicación del punto de muestreo HIB-QSn2..... 526

Figura 8-67. Calidad ecológica de los puntos de muestreo evaluados en las quebradas distribuidas en la microcuenca de la quebrada Kerosene 527

Figura 8-68. Ubicación de los cuerpos de agua evaluados en la microcuenca de la quebrada La Chorrera..... 528

Figura 8-69. Facies hidroquímicas y parámetros que exceden el ECA (en rojo) de la laguna y quebrada Lipiac, y los afloramientos..... 529

Figura 8-70. Diagramas hidroquímicos de la laguna Lipiac (LLipi1, LLipi2 y LLipi3) de meses relacionados a la primera evaluación en base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA 530

Figura 8-71. Estado trófico de la laguna Lipiac basado en el índice de estado trófico (IET) para fósforo total en 2017 531

Figura 8-72. Concentración del fósforo y nitrógeno total en la laguna Lipiac durante octubre de 2017..... 532

Figura 8-73. Puntos de muestreo en la microcuenca de la quebrada La Chorrera. a) HIB-LLipi1 y b) HIB-LLipi2 532



Figura 8-74. Diagramas hidroquímicos de la quebrada QLipi2 de meses relacionados a la primera evaluación base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA 533

Figura 8-75. Calidad ecológica de los puntos de muestreo evaluados en la quebrada Lipiac distribuida en la microcuenca de la quebrada La Chorrera 534

Figura 8-76. Ecosistemas frágiles y formaciones vegetales asociados evaluados en el área de influencia del PM El Galeno. a) bofedal, b) laguna, c) roquedal, d) pajonal, e) césped y f) queuña (bosque de *Polylepis*). 535

Figura 8-77. Especies dominantes a) *Loricaria ferruginea* b) *Stipa ichu* c) *Paspalum bonplandianum* 538

Figura 8-78. Algunas especies endémicas a) *Baccharis ledifolia*, b) *Baccharis tarmensis*, c) *Bartsia tomentosa*, d) *Bomarea albimontana*, e) *Bomarea porrecta*, f) *Calceolaria divaricata*. 539

Figura 8-79. Especies de Orquideas en el listado CITES a) *Aa sp.* (en medio de pajonal), b) *Aa sp.* (inflorescencia), c) *Pterichis leucoptera*. (en medio de pajonal), d) *Pterichis leucoptera*. (Flor). 540

Figura 8-80. Especies que están en alguna categoría de protección según la legislación nacional a) *Puya herrerae*, b) *Solanum jalcae*, c) *Senecio nivalis*, d) *Polylepis racemosa*, e) *Polylepis seríceea* y f) *Ephedra rupestris*. 541

Figura 8-81. Zonas de evaluación a. laguna Lipiac (microcuenca La Chorrera), b. laguna Kerosene (microcuenca Kerosene), c. laguna Yanacocha (microcuenca Yanacocha), d. laguna Milpo (microcuenca Milpo). 542

Figura 8-82. Anfibios y reptiles registrados durante las evaluaciones, a. Rana andina del páramo (*Pristimantis simonsii*), vista lateral, b. Rana andina del páramo (*Pristimantis simonsii*), vista ventral, c. Rana (*Pristimantis pinguis*), d. Rana marsupial (*Gastrotheca peruana*), e. Lagartija (*Stenocercus stigmus*), f. Lagartija de paja (*Petracola ventrimaculata*) 543

Figura 8-83. a. Renacuajo de la rana marsupial (*Gastrotheca peruana*) b. Renacuajos alimentándose en el fondo del cuerpo de agua 544

Figura 8-84. Hábitats evaluados en el área de estudio: a. bofedal, b. laguna, c. bosque de *Polylepis* d. pajonal, e. roquedal, f. césped 546

Figura 8-85. Aves acuáticas encontradas en las lagunas: a. Pato Crestón (*L. specularioides*), nuevo registro para el departamento de Cajamarca, b. Zambullidor Plateado (*Podiceps occipitalis*), especie Casi Amenazada, c. Pato Barcino (*Anas flavirostris*) con polluelos en la laguna Yanacocha, d. Pato Rana o Pato Diablo (*Oxyura jamaicensis*)... 548

Figura 8-86. Especies endémicas de Perú: a. Monterita de Cajamarca (*Microspingus alticola*) categorizada En Peligro, b. Bandurrita Peruana (*Geocerthia serrana*), c. Tijeral de Corona Castaña (*Leptasthenura pileata*). Picaflores: d. Rayo-de-Sol Brillante (*Aglaeactis cupripennis*) incluida en apéndice II de CITES. 550

Figura 8-87. Especies endémicas de Perú: a. Zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), registrado en la cámara trampa Galeno -06; b. Venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*), juvenil registrado en la cámara trampa Galeno-01; c. Vizcacha (*Lagidium viscacia*), registrado en el cámara trampa Galeno-10; d. Zorrino, añas (*Conepatus semistriatus*), registrado en la cámara trampa Galeno-10; e. Conejo silvestre (*Sylvilagus brasiliensis*), registrado en la cámara trampa Galeno-04 y f. Zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), registrado en la cámara trampa Galeno -03. 554



Handwritten blue ink notes and signatures on the left margin, including a large arrow pointing upwards and the letters 'A', 'B', 'C', 'D', 'E', 'F' written vertically.



1. INTRODUCCIÓN

El proyecto de exploración minera El Galeno, desarrollado por Lumina Copper S.A.C. (en adelante, proyecto El Galeno), se ubica en los distritos de Sorochuco de la provincia de Celendín y La Encañada de la provincia de Cajamarca, ambos en el departamento de Cajamarca, a una altitud que varía de 3800 a 4200 m s.n.m.

El referido proyecto se encuentra en la cabecera de las cuencas hidrográficas Crisnejas (U.H 49898) y Alto Marañón IV (U.H: 49897), que a su vez comprenden las subcuencas de los ríos Chonta y Sendamal. Estos ríos son afluentes por la margen izquierda del río Marañón, y descargan en la vertiente del Atlántico. Por otro lado, debido a su ubicación, el área del proyecto presenta un paisaje glaciar importante¹, conformado principalmente por las lagunas La Rinconada, Dos Colores, Milpo, Muyoc, Lipiac, Kerosene y Yanacochoa.

Aunque el proyecto El Galeno no ha presentado conflictos socioambientales en su ejecución (considerando la coyuntura político social que afecta a los proyectos mineros del departamento de Cajamarca y la cercanía a los proyectos de exploración minera Conga y Miquichillay: el primero de propiedad de la Minera Yanacochoa S.R.L. y el segundo de Southern Copper Corporation —sucursal del Perú—), es necesario tomar medidas preventivas que eviten la conflictividad en el desarrollo del proyecto.

Por lo antes expuesto, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, OEFA) realizó la primera evaluación ambiental temprana (en adelante, EAT) con participación ciudadana en octubre de 2017, periodo que se registraron precipitaciones de 66,36 mm/mes² (inicio de la temporada húmeda o lluvias)³, para contribuir con la prevención de conflictos y la generación de confianza en cada uno de los actores sociales. Asimismo, en marzo de 2018 se realizó la segunda EAT en el periodo que se registraron precipitaciones de 118,78 mm/mes³ (temporada húmeda o lluvias de máxima intensidad)², en cumplimiento del Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental del 2018 (en adelante, Planefa 2018).

Finalmente, la ejecución de las actividades programadas en el presente informe de EAT constituirá un soporte técnico por parte de la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA para una efectiva y oportuna supervisión y fiscalización ambiental posterior.

2. ANTECEDENTES

El informe de EAT del proyecto El Galeno está constituido por la recopilación, revisión y síntesis de la información ambiental de los instrumentos de gestión ambiental de Lumina Copper S.A.C., informes del OEFA e información de otras instituciones relacionada al área de influencia de este proyecto.

De este modo, este informe constituirá el soporte técnico para las actividades de supervisión y fiscalización ambiental del OEFA, y a su vez, una fuente informativa de

¹ 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.

² Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi). Climograma anual (información de la temperatura y precipitaciones) 2017-2018 para Cajamarca. Consultado el 12 de julio de 2018 de: <https://senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle-turistico&localidad=0011>.

³ Primer Informe Técnico Sustentatorio de la IV Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado Categoría II de las actividades de exploración "El Galeno". Aprobado por Resolución Directoral N° 253-2017-MEM-DGAAM el 12 de setiembre de 2017.



base completa y confiable para la población aledaña al proyecto y para las distintas instituciones públicas.

2.1. Actividades extractivas o productivas identificadas

El proyecto, ubicado en la región intermontañosa del norte de los Andes del Perú⁴, se desarrolla en las concesiones El Galeno, El Galeno I, El Galeno 10, El Galeno 11, Tiranosaurio 9 y El Molino, donde se pretende explotar cobre, oro y molibdeno en 553,20 ha.

2.2. Recopilación, revisión y análisis de la información

2.2.1. Instrumentos de Gestión Ambiental

El proyecto El Galeno cuenta con los instrumentos de gestión ambiental (IGA) para la ejecución de sus actividades de exploración, los cuales son detallados en la Tabla 3-1 del Anexo A.

La Tabla 3-2 del citado anexo presenta a los cuerpos de agua evaluados en la línea base de la evaluación de impacto ambiental, las modificatorias y los informes técnicos sustentatorios del proyecto El Galeno, donde se muestran los parámetros que no cumplen con los valores de la normativa ambiental peruana.

2.2.2. Acciones realizadas en el marco de la función evaluadora del OEFA

La Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA emitió el informe N.º 093-2017-OEFA-DE-SDCA-CMVA, referente a la evaluación realizada en octubre de 2017 (inicio de la temporada húmeda) de la EAT en el área de influencia del proyecto El Galeno; sus resultados se detallan en el Anexo B.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto El Galeno, de Lumina Copper S.A.C., durante el 2017 y 2018.

3.2 Objetivos específicos

- Evaluar la calidad del agua superficial, afloramientos y sedimentos en las microcuencas de las quebradas Milpo, Yanacocha, Kerosene y La Chorrera.
- Evaluar las comunidades hidrobiológicas en las microcuencas de las quebradas Milpo, Yanacocha, Kerosene y La Chorrera.
- Evaluar la flora silvestre en ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas) con sus formaciones vegetales asociadas.
- Evaluar la fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) asociada a los ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas) con sus hábitats asociados.

⁴ Cuarta Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración Minera "El Galeno". Aprobado por Resolución Directoral N.º 346-2014-MEM-DGAAM el 7 de julio de 2014.



4. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio (o área de influencia ambiental) involucra a las concesiones mineras del proyecto El Galeno, que se encuentran a altitudes que varían entre los 3800 y 4200 m s.n.m. Políticamente, se ubica en el distrito de Sorochuco, en la provincia de Celendín; y en el distrito de La Encañada, en la provincia de Cajamarca; ambos ubicados en el departamento de Cajamarca (Figura 4-1).

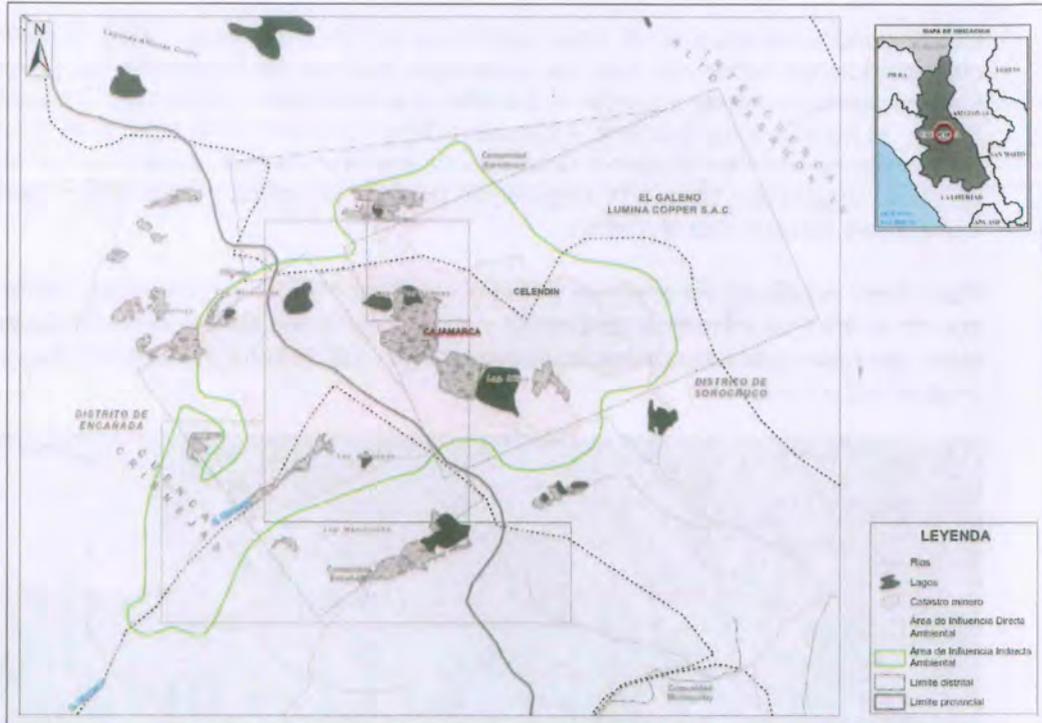


Figura 4-1. Ubicación del área de influencia ambiental del proyecto El Galeno

Geográficamente, el área del proyecto se ubica en la parte alta de la microcuenca de la quebrada Chanche (Milpo) y de la microcuenca del río Grande, en la parte alta del área de recarga (drenaje) de la quebrada Chamcas (Kerosene). La microcuenca de la quebrada Chanche drena hacia el sureste del área del proyecto; en su parte alta, el curso principal de agua es la quebrada La Rinconada, la cual se inicia en la descarga de la laguna del mismo nombre y fluye uniendo las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo, para luego tomar el nombre de quebrada Milpo⁵.

La microcuenca del río Grande drena hacia el suroeste del área del proyecto; en su parte alta recibe los aportes de las quebradas Suytorume y Chailhuagon, y desde el aporte de esta última se denomina río Grande. Aguas abajo recibe el aporte de las quebradas Yerba Buena, Chamcas y Yanacocha por su margen izquierda. La quebrada Chamcas (denominada aguas arriba como Kerosene) se origina por los aportes de las aguas provenientes de la laguna Kerosene por la margen izquierda; y de la laguna Cama de los Shingos, por la margen derecha.

En el área de estudio, la temporada seca y húmeda está claramente definida. El patrón de precipitación indica que la temporada húmeda se inicia en el mes de octubre,

⁵ Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración Minera "El Galeno". Aprobada por Resolución Directoral N.º 365-2011-MEM/AAM el 13 de diciembre de 2011.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

incrementándose los niveles de precipitación hasta el mes de marzo. En el mes de abril, las precipitaciones empiezan a ser menos frecuentes, dando inicio a la temporada seca, la que se prolonga hasta el mes de setiembre.

Respecto al uso actual de la tierra, se nota una predominancia de los pastos naturales y las laderas desérticas, seguido por los humedales y extensiones muy reducidas de tierras de cultivo sembradas con papas, ocas y ollucos. Estos suelos, según la clasificación de tierras por uso mayor, corresponden a tierras de protección y pastoreo.

Por otro lado, de acuerdo al mapa ecológico del Perú (Inrena, 1995), basado en la clasificación de zonas de vida de Holdridge, el área de influencia del proyecto El Galeno abarca 2 zonas de vida: el páramo muy húmedo – Subalpino Tropical (pmh-SaT) y el bosque muy húmedo – Montano Tropical (bmh-MT). Asimismo, en el área de estudio se han identificado 4 unidades de vegetación que corresponden a pajonal de puna, vegetación asociada a roquedal, pastos cultivados y vegetación asociada a humedales (comunidad hidrófila).

Para fines prácticos, el área de estudio se agrupó por microcuencas, teniendo en cuenta el área de influencia ambiental y las concesiones del proyecto El Galeno. Por tanto, las microcuencas evaluadas fueron: Milpo, Yanacochoa, Kerosene y La Chorrera (Figura 4-2 y Tabla 4-1).



Vertical handwritten text in blue ink, possibly a signature or initials.

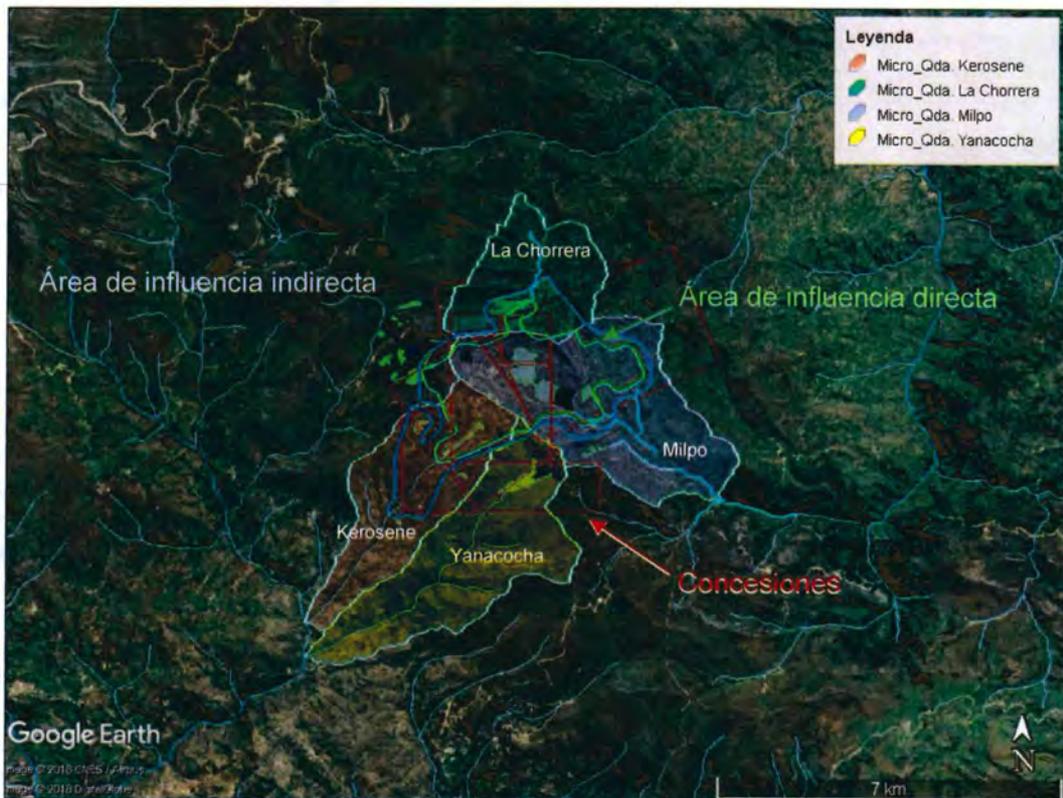


Figura 4-2. Esquema de distribución de las microcuencas en el ámbito del proyecto El Galeno



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 4-1. Agrupación de los cuerpos de agua por microcuencas

Cuerpos de agua	Microcuenca			
	Milpo	Yanacocha	Kerosene	La Chorrera
Afloramientos*	Ubicados en los caseríos Santa Rosa de Milpo y El Punre	Ubicados en el caserío Chamcas	Ubicados en los caseríos Chamcas y Guagayoc	Ubicados en el caserío San Lorenzo de Lipiac y en el centro poblado La Chorrera
Quebradas	Milpo, Quinuacucho, Muyoc y Punre	Yanacocha y Lipiac-A	Kerosene, Chupicario y Chamcas	Lipiac y Papacuay
Lagunas	La Rinconada, Dos Colores, Milpo y Muyoc	Yanacocha	Kerosene y Seca	Lipiac

(*) Para mayor detalle de cada afloramiento ver Tabla 6-3.

5. CONTEXTO SOCIAL

La evaluación ambiental temprana se desarrolla en el marco del reglamento de participación ciudadana de las acciones del muestreo ambiental a cargo del OEFA⁶ (en adelante, el reglamento), cuyas etapas para la ejecución del monitoreo ambiental participativo (en adelante, MAP) 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 de la evaluación ambiental temprana.
- Etapa 6. Ejecución de la evaluación ambiental temprana.
- Etapa 7. Taller para la presentación de los resultados.

A continuación, se detalla la información sobre el desarrollo de las 7 etapas incluyendo la visita de reconocimiento social e inventario de afloramientos de agua subterránea, etapa que no está tipificada en el reglamento (etapa 0). De esa manera, en esta sección se indican las fechas y lugares de las actividades realizadas en las etapas tipificadas en el reglamento (Figura 5-1).

Etapa 0: Visita de reconocimiento

En esta etapa se desarrolló un trabajo social y técnico involucrando la participación ciudadana con el propósito de reconocer los centros poblados, caseríos, comunidades y anexos. Además, se identificó a los actores sociales, componentes ambientales, principales actividades económicas y la presencia de conflictos.

Se realizaron 2 visitas de reconocimiento, la primera se desarrolló del 2 al 7 de octubre de 2017; y la segunda, del 7 al 14 de febrero de 2018. La primera visita constituyó el reconocimiento social, la identificación de los principales cuerpos de agua superficiales (quebradas y lagunas) y de algunos cuerpos de agua subterráneos, de

⁶ Resolución de Consejo Directivo N.º 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 Resolución de Consejo Directivo N.º 003-2016-OEFA/CD.



manera que en la visita del 2018 se identificó la mayor cantidad de estos cuerpos de agua de interés para la población y autoridades, mediante un inventario de afloramientos de agua subterránea.

Etapas 1, 2 y 3: Coordinación previa con los actores involucrados, convocatoria e inscripción a los programas de inducción

Las etapas mencionadas se desarrollaron del 2 al 7 de octubre de 2017, realizándose reuniones de coordinación previa con los representantes de los centros poblados y caseríos considerados dentro del área de influencia del proyecto minero El Galeno. Además, se realizó la convocatoria e inscripción a los programas de inducción para la ejecución de la evaluación ambiental.

Del 7 al 14 de febrero de 2018, se realizaron reuniones de coordinación (etapa 1) con las autoridades del centro poblado La Chorrera y los caseríos de San Lorenzo de Lipiac, Santa Rosa de Milpo, El Punre, Chamcas y Guagayoc, del centro poblado de Bella Unión de Jesús María, donde se dio a conocer las actividades programadas para la evaluación ambiental en marzo de 2018.

Además, se determinó que la evaluación sería realizada en el área de influencia ambiental directa e indirecta del proyecto El Galeno y parte del área en concesión del caserío Chamcas; así mismo, se definieron las fechas y lugares para la presentación de los resultados de la evaluación realizada en octubre de 2017. También, las autoridades de cada caserío designaron personal que apoyaría en el inventario de afloramientos de agua subterránea y ejecución de la evaluación ambiental en marzo de 2018.

Etapas 4 y 5: Realización de la inducción y taller para la presentación de la propuesta de la evaluación ambiental temprana

Los talleres de inducción y presentación de la propuesta del plan de trabajo se desarrollaron del 24 al 26 de octubre de 2017 en los locales comunales de los centros poblados La Chorrera y Bella Unión de Jesús María, y de los caseríos San Lorenzo de Lipiac⁷, Chamcas y El Punre.

En el taller de inducción, se informó de las funciones y competencias del OEFA, el proceso de la fiscalización ambiental y los alcances del reglamento que regula la participación ciudadana en las acciones de la evaluación ambiental temprana. Asimismo, se continuó con la presentación de la propuesta del plan de trabajo para la ejecución de la evaluación, detallándose lo siguiente:

- Los objetivos de la evaluación ambiental temprana.
- Las acciones que serían impulsadas por el OEFA en el trabajo en campo.
- Los criterios para la elección de los puntos de muestreo.
- La metodología para la recolección de muestras y mediciones en campo.
- La metodología que se aplicaría para la evaluación de los resultados obtenidos.
- Los alcances de la participación ciudadana durante la evaluación ambiental.
- Cronograma de ejecución de la evaluación ambiental.

7

En este taller también participaron los representantes del caserío Santa Rosa de Milpo, tal como consta en acta del taller de inducción y presentación de la propuesta del plan de trabajo.



Es importante mencionar que ambas etapas se desarrollaron en el proceso de evaluación de 2017.

Etapas 6: Ejecución de la evaluación ambiental temprana.

El primer muestreo se realizó del 24 al 31 de octubre de 2017; mientras que el segundo fue ejecutado del 10 al 25 de marzo de 2018. En ambas evaluaciones se colectaron muestras de agua (superficial y subterránea), sedimentos y comunidades hidrobiológicas, en los puntos determinados previamente en gabinete y corroborados posteriormente en la visita de reconocimiento.

Por otro lado, la evaluación de la flora y fauna silvestre se desarrolló del 7 al 20 de febrero de 2018 en ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas) y otros hábitats presentes en el área de influencia del proyecto El Galeno.

Cabe resaltar la participación de autoridades y pobladores de los caseríos de Santa Rosa de Milpo, El Punre, Chamcas y Guagayoc durante la ejecución de las evaluaciones realizadas. Asimismo, se contó con la participación, en calidad de observadores, de los representantes del proyecto minero El Galeno en la evaluación del 2017; mientras que en el 2018 colectaron contramuestras de agua superficial en puntos de interés.

Etapas 7: Taller de presentación de resultados

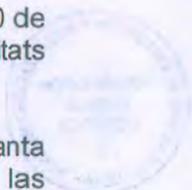
La presentación de los resultados de la evaluación ambiental temprana realizada en el 2017, detallado en el informe N.º 093-2017-OEFA-DE-SDCA-CMVA (Anexo B), se realizó mediante talleres programados previamente con los actores sociales de cada caserío y del centro poblado La Chorrera.

- 14 de marzo de 2018 se realizaron 2 talleres de presentación de resultados, el primero, a las 11:00 horas en el centro de salud del centro poblado de La Chorrera, con participaron de las autoridades del caserío Santa Rosa de Milpo; y el segundo, a las 16:00 horas en la institución educativa N.º 821095 del centro poblado de La Chorrera, con la participación de autoridades y pobladores del centro poblado La Chorrera. En ambos talleres participaron representantes del proyecto El Galeno.
- El 15 de marzo de 2018 se realizaron 2 talleres de presentación de resultados, el primero, a las 10:30 horas en la casa del teniente gobernador del caserío El Punre, con la participación de autoridades y pobladores del caserío; y el segundo, a las 15:20 horas en el local comunal del caserío Chamcas con la participación de autoridades y pobladores del caserío. En ambos talleres participaron representantes del proyecto El Galeno.
- Finalmente, el 16 de marzo de 2018 se realizó el taller de presentación de resultados en la iglesia adventista del caserío Guagayoc del centro poblado de Bella Unión de Jesús María a las 10:20 horas, con la participación de autoridades, pobladores del caserío Guagayoc y representantes del proyecto El Galeno.

A continuación, se presentan las Tablas 5-1 y 5-2 donde se detallan los actores sociales identificados y que participaron en al menos una de las etapas mencionadas líneas arriba.



Vertical handwritten notes in blue ink, including a large number '1' and several illegible signatures or initials.





«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 5-1. Actores sociales en el área de influencia del proyecto El Galeno

Actores	Distrito	Provincia	Departamento
Lumina Copper S.A.C	Sorochuco / La Encañada	Celendín/ Cajamarca	Cajamarca
Autoridad Administrativa del Agua (AAA)-VI Marañón	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca
Municipalidad distrital de Sorochuco	Sorochuco	Celendín	Cajamarca
Municipalidad distrital de La Encañada	La Encañada	Cajamarca	Cajamarca
Gobierno regional de Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca
Municipalidad del centro poblado Bella Unión de Jesús María	La Encañada	Cajamarca	Cajamarca
Tenencia de gobernación ⁸ del caserío Guagayoc	La Encañada	Cajamarca	Cajamarca
Agencia municipal ⁹ del caserío Guagayoc	La Encañada	Cajamarca	Cajamarca
Tenencia de gobernación del caserío Chamcas	La Encañada	Cajamarca	Cajamarca
Agencia municipal del caserío Chamcas	La Encañada	Cajamarca	Cajamarca
Tenencia de gobernación del caserío El Punre	La Encañada	Cajamarca	Cajamarca
Agencia municipal del caserío El Punre	La Encañada	Cajamarca	Cajamarca
Tenencia de gobernación del caserío San Lorenzo de Lipiac	Sorochuco	Celendín	Cajamarca
Tenencia de gobernación del caserío Santa Rosa de Milpo	La Encañada	Cajamarca	Cajamarca
Agencia municipal del caserío Santa Rosa de Milpo	La Encañada	Cajamarca	Cajamarca
Municipalidad del centro poblado La Chorrera	La Encañada	Celendín	Cajamarca
Tenencia de gobernación del centro poblado La Chorrera	Sorochuco	Celendín	Cajamarca
Presidente de rondas campesinas del centro poblado La Chorrera	Sorochuco	Celendín	Cajamarca



Tabla 5-2. Ejecución de las etapas de participación ciudadana

Etapas	Fecha	Participantes Varones	Participantes mujeres	Total
Etapas preliminar: visita de reconocimiento (a)	Del 7 al 14 de febrero de 2018	24	4	28
Etapas 1: Coordinación previa con los actores involucrados	Del 2 al 7 de octubre del 2017	14	0	14
Etapas 2: Convocatoria (b)				
Etapas 3: Inscripción en los programas de inducción				
Etapas 4: Realización de la inducción	Del 24 al 26 de octubre de 2017	68	44	112
Etapas 5: Taller para la presentación de la propuesta de la evaluación ambiental temprana				
Etapas 6: Ejecución de la evaluación ambiental temprana (agua, sedimentos y comunidades hidrobiológicas)	Del 24 al 31 de octubre de 2017	13	4	17
	Del 10 al 25 de marzo de 2018	21	2	23
Etapas 7: Taller de la presentación de resultados (c)	Del 14 al 16 de marzo de 2018	66	73	139
Participantes durante el proceso de la evaluación ambiental temprana en el proyecto El Galeno, durante el 2017 y 2018*		150	120	270

(a) Esta etapa no está considerada en el reglamento de participación ciudadana, pero es necesaria para el reconocimiento técnico del área de estudio.

(b) La convocatoria se realizó mediante cartas y oficios circulares dirigidos a cada actor social identificado.

(c) Se realizó la presentación del Informe N° 093-2017-OEFA/DE-SDCA-CMV Colorespondiente a octubre de 2017, quedando pendiente la presentación del informe final.

*Se consideró todas las etapas mencionadas y la participación única de los actores sociales (sin duplicidad).

⁸ 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".

⁹ Ley Orgánica de Municipalidades (Ley N.° 27972) Título II, Subcapítulo I, Artículo 9, numeral 19. Aprobar la creación de centros poblados y agencias municipales.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten notes: a vertical line with a checkmark, and the text 'l On 2 + 5 H'.



Figura 5-1. Procedimiento de la participación ciudadana durante el proceso de la evaluación ambiental temprana en el proyecto El Galeno





«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

6. METODOLOGÍA

La metodología empleada para el desarrollo de la EAT en el área de influencia del proyecto El Galeno se presenta en esta sección. La primera etapa es la planificación en gabinete, seguida de la etapa de campo y finalmente la etapa de elaboración del informe.

a. Etapa de planificación

Esta etapa se realizó en gabinete, inició con la identificación de la problemática ambiental del área de estudio, luego se recopiló, revisó y sistematizó la información ambiental existente en el área de influencia del proyecto El Galeno, relacionada a los componentes ambientales que fueron evaluados.

Asimismo, en esta etapa se establecieron las actividades o acciones a ejecutar en función de los objetivos específicos propuestos en la EAT, considerando lo observado en campo durante la visita de reconocimiento realizada del 7 al 14 de febrero de 2018 (informe N.º 120-2018-OEFA/DEAM-STEC).

b. Etapa de campo

En esta etapa se recopiló la información mediante la medición de parámetros en campo (mediciones in situ) y la toma de muestras de diferentes componentes para su análisis en laboratorios acreditados por el Instituto Nacional de Calidad¹⁰ (Inacal). Por otro lado, las muestras de flora y fauna fueron evaluadas por los especialistas del OEFA.

c. Etapa de gabinete (recopilación de los resultados y elaboración de informe)

En esta etapa se realizó la sistematización, revisión y análisis de los resultados de laboratorio; y su comparación con estándares nacionales o con una normativa referencial internacional en caso no existan en la normativa nacional.

A continuación, se describe la metodología aplicada para la evaluación de los componentes agua, sedimentos, comunidades hidrobiológicas, flora silvestre y fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos).

6.1 Agua

En los apartados siguientes se muestra información acerca de la evaluación de la calidad del agua, describiéndose las guías utilizadas, los puntos de muestreo establecidos, los parámetros y métodos de análisis, los equipos utilizados, el aseguramiento de la calidad, los criterios de comparación y el procesamiento de datos.

6.1.1 Guías utilizadas para la evaluación

La toma de muestras se realizó tomando en cuenta los lineamientos establecidos en los protocolos de monitoreo elaborados por instituciones del sector a nivel nacional e internacional. La Tabla 6-1 presenta los protocolos de monitoreo considerados.

¹⁰ El Instituto Nacional de Calidad (Inacal) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de la Producción, es además el ente rector y máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional para la Calidad. Son competencias del Inacal la normalización, acreditación y metrología, acorde con lo previsto en las normas que regulan las materias respectivas.



Handwritten signature

Handwritten signature

Handwritten initials: OH, L, T, S, H





«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 6-1. Protocolos de muestreo para agua superficial y subterránea en el área de influencia del proyecto El Galeno

Componente ambiental	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Agua superficial	Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales	6.14 Medición de los parámetros de campo (pp. 24–25) 6.15 Procedimiento para la toma de muestras (pp. 25–28) 6.16 Preservación, llenado de la cadena de custodia, almacenamiento, conservación y transporte de las muestras (pp. 28–30) 6.17 Aseguramiento de la calidad del monitoreo (pp. 30–31)	Perú	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA	2016
Agua subterránea	Protocolo National Field Manual for the Collection of Water-Quality Data de la U.S. Geological Survey (USGS) TWRI book 9	A.1 Preparations for water sampling	Estados Unidos	U.S. Geological Survey (USGS)	Uso referencial	2015

6.1.2 Ubicación de puntos

La ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial y afloramientos de agua subterránea fue establecida tomando como referencia los puntos declarados en los IGA de Lumina Copper S.A.C., los evaluados en octubre de 2017 y validados en la visita de reconocimiento de marzo de 2018; asimismo, se consideró los siguientes criterios técnicos:

- Ubicación de cuerpos receptores en el área de estudio.
- Caudal representativo para el cálculo volumétrico y/o el valor de conductividad mayor a 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a excepción de los puntos ubicados dentro del área de influencia indirecta evaluados en el 2017 por el OEFA.
- Cercanía a centros poblados o comunidades que pudieran verse afectados por la futura actividad.

De acuerdo con lo mencionado líneas arriba, se evaluaron 59 puntos de muestreo de agua superficial (quebradas y lagunas) y 75 puntos de afloramientos de agua subterránea en los cuales se detallan en la Tabla 6-2 y Tabla 6-3, respectivamente.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

En cuanto a los puntos de agua subterránea, estos fueron considerados como afloramientos, término que involucra a los manantiales¹¹ y filtraciones¹², cuya principal diferencia es que sólo el primero tiene un punto de salida definido. Asimismo, las filtraciones tienen un flujo de agua menor que los manantiales y pocas veces tienen un volumen suficiente como para formar un riachuelo o arroyo. De otro lado, los manantiales pueden ser la fuente de un pequeño chorro de agua, riachuelo, arroyo, o incluso de un río considerable¹³. Con el fin de determinar la temporalidad de los afloramientos y corroborar los posibles manantiales¹⁴, se realizó una caracterización hidrológica (caudal y parámetros de campo) en agosto del 2018.

Tabla 6-2. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial (quebradas y lagunas)

N.º	Punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
Microcuenca de la quebrada Milpo					
1	QMilp1**	797272	9227648	3761	Quebrada Milpo, aproximadamente a 60 m de la descarga de la laguna del mismo nombre en el caserío Santa Rosa de Milpo.
2	LMuy5***	798661	9227649	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 120 m de la orilla sur (interior de la laguna).
3	LMuy6***	798556	9227584	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 60 m de la descarga (interior de la laguna).
4	LMuy7***	798528	9227728	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 55 m de la orilla este (interior de la laguna).
5	LMuy1**	798497	9227767	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 65 m del aporte fluvial de la quebrada Muyoc.
6	QMuy1**	798469	9228024	3683	Quebrada Muyoc, aproximadamente a 220 m antes de su confluencia a la laguna Muyoc.
7	LMuy4**	798499	9227584	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 20 m al norte de la descarga.
8	LMuy2**	798648	9227497	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 130 m al este de la descarga.
9	QMuy2**	798577	9227242	3657	Quebrada Muyoc, aproximadamente a 110 m antes de la confluencia con la quebrada Milpo.

¹¹ De acuerdo a Kresic N., & Stevanoci Z. (2010). *Groundwater Hydrology of Springs Engineering Theory Management and Sustainability*, el manantial es un lugar donde las aguas subterráneas se descargan del acuífero, creando un flujo visible. Esta descarga es causada por la diferencia en la elevación de la cabeza hidráulica del acuífero y la elevación de la superficie de la tierra donde la descarga toma lugar. El punto de salida es llamado orificio, el cual puede estar en el fondo de un estanque del manantial y no es claramente visible, o puede estar cubierto por sedimentos o fragmentos de rocas (detritos).

¹² De acuerdo a por Kresic N., & Stevanoci Z. (2010). *Groundwater Hydrology of Springs Engineering Theory Management and Sustainability*, la filtración es una descarga de agua, cuyo flujo no puede ser inmediatamente observado, no obstante, la superficie de la tierra es húmeda comparada con los alrededores.

¹³ U.S Fish & Wildlife Service. Conserving the nature of America. Southeast Region. Actualizado el 10 de marzo de 2017 y consultado el 12 de julio de 2018 de: <https://www.fws.gov/southeast/pdf/workbook/educators-guide-to-the-threatened-and-endangered-species-and-ecosystems-of-tennessee-springs-and-seeps.pdf>.

¹⁴ De acuerdo a Morell Evangelista, I. (2008), *Los Manantiales.*, estos manantiales son permanentes, los cuales pueden experimentar variaciones de caudal, representan descargas directas de acuíferos de dimensiones apreciables, caracterizán2e por variaciones lentas y amortiguadas de caudal. Suele haber importantes desfases temporales entre el momento de las precipitaciones y las puntas de caudal, pues el agua recorre un largo trayecto desde el área de alimentación hasta la de descarga.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
10	LMuy3**	798786	9227725	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 350 m al noreste de la descarga.
11	LMilp4**	796838	9227834	3770	Laguna Milpo, aproximadamente a 380 m al oeste de la garita de control (Bravo 3) del PM El Galeno.
12	QQuin1**	798091	9227038	3752	Quebrada Quinuacucho, aproximadamente a 50 m aguas arriba de la carretera que une el caserío El Punre con el PM El Galeno.
13	QQuin2***	798794	9226597	3620	Quebrada Quinuacucho, aproximadamente a 370 m antes de la confluencia con la quebrada Milpo.
14	QMilp2**	798458	9227229	3658	Quebrada Milpo, aproximadamente a 130 m antes de la confluencia con la quebrada Muyoc.
15	LMilp1**	796967	9228179	3770	Laguna Milpo, aproximadamente a 530 m al noroeste de la garita de control (Bravo 3) del PM El Galeno.
16	QMilp3**	798894	9226821	3630	Quebrada Milpo, aproximadamente a 475 m después de la confluencia de las quebradas Milpo y Muyoc.
17	LMilp2**	797266	9228088	3770	Laguna Milpo, aproximadamente a 390 m al norte de la garita de control (Bravo 3) del PM El Galeno.
18	LMilp3**	797222	9227716	3770	Laguna Milpo, aproximadamente a 5 m al norte de la garita de control (Bravo 3) del PM El Galeno.
19	LRinc3**	795173	9228738	3862	Laguna La Rinconada, aproximadamente a 570 m al noroeste del campamento del PM El Galeno, en el punto de control M6.
20	LRinc1**	795157	9228898	3862	Laguna La Rinconada, aproximadamente a 550 m al noroeste del campamento del PM El Galeno.
21	LRinc2**	794979	9228692	3862	Laguna La Rinconada, aproximadamente a 650 m al noroeste del campamento del PM El Galeno.
22	LDCol1**	795759	9228742	3794	Laguna Dos Colores, aproximadamente a 200 m al este del vertimiento de agua residual doméstica del campamento del PM El Galeno.
23	LDCol3**	796048	9228929	3792	Laguna Dos Colores, aproximadamente a 650 m al noreste del campamento del PM EL Galeno.
24	LDCol2**	795947	9228799	3794	Curso de agua que conecta el sector oeste con el este de la laguna Dos Colores, aproximadamente a 450 m del PM El Galeno.
25	QMilp4*	800183	9225889	3378	Quebrada Milpo, a 100 m aproximadamente aguas arriba de la confluencia con la quebrada Punre, en el caserío del mismo nombre.
26	QPunr1*	800083	9225813	3393	Quebrada Punre, a 200 m aproximadamente aguas arriba de la confluencia con la quebrada Milpo, en el caserío El Punre.



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
27	QPunr2*	800379	9225795	3344	Quebrada Punre, a 120 m aproximadamente aguas abajo de la confluencia de las quebradas Punre y Milpo.
28	QPapa1*	793528	9230916	3909	Quebrada Papacuay, a 10 m aproximadamente de la salida de la laguna Papacuay y del centro poblado La Chorrera.
Microcuena de la quebrada Yanacocha					
29	LYana2***	796524	9226657	3735	Laguna Yanacocha, aproximadamente a 420 m al noreste de la descarga de la laguna.
30	QYana2***	795669	9225990	3711	Quebrada Yanacocha, aproximadamente a 1,05 km antes de la confluencia con la quebrada Lipiac.
31	LYana3***	796405	9226536	3735	Laguna Yanacocha, aproximadamente a 265 m al noreste de la descarga de la laguna.
32	LYana1**	796302	9226294	3735	Laguna Yanacocha, aproximadamente a 20 m de la descarga, en el caserío Chamcas.
33	QLipi1A**	795166	9225086	3637	Quebrada Lipiac, aproximadamente a 100 m antes de la confluencia con la quebrada Yanacocha en el caserío Chamcas.
34	LYana4***	796617	9226401	3735	Laguna Yanacocha, aproximadamente a 340 m al este de la descarga de la laguna, en el caserío Chamcas.
35	QYana1**	795101	9225078	3631	Quebrada Yanacocha, aproximadamente a 80 m después de la confluencia con la quebrada Lipiac, en el caserío Chamcas.
36	LYana5***	796628	9226515	3735	Laguna Yanacocha, aproximadamente a 105 m de la orilla sur (interior de la laguna).
37	LYana6***	796484	9226584	3735	Laguna Yanacocha, aproximadamente a 70 m de la orilla oeste (interior de la laguna).
38	LYana7***	796468	9226420	3735	Laguna Yanacocha, aproximadamente a 90 m de la orilla sur (interior de la laguna).
Microcuena de la quebrada Kerosene					
39	QD1***	795126	9227265	3806	Quebrada sin nombre, aproximadamente a 10 m al sur de la garita de control (Bravo 4) del PM El Galeno.
40	LSeca1***	794938	9226414	3882	Laguna Seca, aproximadamente a 20 m al sureste de la descarga de la laguna.
41	LSeca2***	794967	9226462	3882	Laguna Seca, aproximadamente a 50 m al noreste de la descarga de la laguna.
42	QKero2***	795304	9227340	3819	Quebrada Kerosene, aproximadamente a 200 m al noreste de la garita de control (Bravo 4) del PM El Galeno.



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
43	QD2***	795076	9227220	3803	Quebrada sin nombre, aproximadamente a 70 m al suroeste de la garita de control (Bravo 4) del PM El Galeno.
44	QSN-3***	795070	9226386	3884	Quebrada sin nombre, antes del aporte fluvial a la laguna Seca.
45	QKero3***	794965	9227080	3790	Quebrada Kerosene, aproximadamente a 250 m al suroeste de la garita de control (Bravo 4) del PM El Galeno.
46	QCham1**	794327	9226237	3744	Quebrada Chamcas, aproximadamente a 200 m antes de la confluencia con la quebrada Kerosene.
47	QKero1**	794429	9226690	3760	Quebrada Kerosene, aproximadamente a 170 m después de la captación de agua para uso agrario del caserío Guagayoc.
48	QCham2**	793719	9225856	3578	Quebrada Chamcas, aproximadamente a 200 m después de la confluencia con la quebrada Kerosene.
49	LKero1**	795616	9227323	3892	Descarga de la laguna Kerosene, aproximadamente a 510 m al noreste de la garita de control (Bravo 4) del PM El Galeno.
50	LKero4***	795638	9227309	3891	Laguna Kerosene, aproximadamente a 5 m de la descarga de la laguna.
51	LKero3**	795687	9227192	3891	Laguna Kerosene, aproximadamente a 120 m al sureste de la descarga de la laguna.
52	LKero2**	795798	9227283	3891	Laguna Kerosene, aproximadamente a 180 m al este de la descarga de la laguna.
53	Q s/n 2***	793986	9227082	3882	Quebrada sin nombre, aproximadamente a 2 m de la margen derecha de la trocha que une la garita de control (Bravo 4) con el caserío Yerba Buena Alta.
54	QChup-01**	794040	9226418	3716	Quebrada Chupicario, aproximadamente a 650 m al suroeste de la captación de agua para uso agrario del caserío Guagayoc.
Microcuenca de la quebrada La Chorrera					
55	QLipi1*	796316	9229931	3771	Quebrada Lipiac, a 450 m aproximadamente al este de la laguna del mismo nombre, en el caserío San Lorenzo de Lipiac.
56	QLipi2*	796547	9230871	3686	Quebrada Lipiac, a 50 m aproximadamente al oeste del centro de enfriamiento de lácteos, en el centro poblado La Chorrera.
57	LLipi1*	795884	9229666	3786	Ubicado a 100 m aproximadamente al sur de la salida de la laguna Lipiac, en el caserío San Lorenzo de Lipiac.
58	LLipi2*	795798	9229722	3784	Ubicado a 100 m aproximadamente al oeste de la salida de la laguna Lipiac, en el caserío San Lorenzo de Lipiac.



↑

✓
L
Q
D
S
H



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
59	LLipi3*	795853	9229785	3786	Ubicado a 50 m aproximadamente al noroeste de la salida de la laguna Lipiac, en el caserío San Lorenzo de Lipiac.

(*) Puntos de muestreo evaluados en octubre de 2017.

(**) Puntos de muestreo evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018.

(***) Puntos de muestreo evaluados en marzo de 2018.

La información de la evaluación en octubre de 2017 está en el informe N.º 093-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA (Anexo B).

Tabla 6-3. Ubicación de los puntos de muestreo de afloramientos de agua subterránea

N.º	Punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
Microcuenca de la quebrada Milpo					
1	MANA-10***	797671	9229359	3878	Afloramiento ubicado aproximadamente a 650 m al norte de la I.E. N.º 821461 del caserío Santa Rosa de Milpo.
2	MANA-11***	797202	9229163	3898	Afloramiento ubicado aproximadamente a 660 m al noroeste de la I.E. N.º 821461 del caserío Santa Rosa de Milpo.
3	MANA-12***	797877	9229505	3856	Afloramiento Los Pozos, ubicado aproximadamente a 875 m al norte de la I.E. N.º 821461 del caserío Santa Rosa de Milpo.
4	MANA-13***	797226	9229077	3892	Afloramiento ubicado aproximadamente a 590 m al noroeste de la I.E. N.º 821461 del caserío Santa Rosa de Milpo.
5	MANA-14***	797830	9229270	3833	Afloramiento Las Cuevas, ubicado aproximadamente a 580 m al noreste de la I.E. N.º 821461 del caserío Santa Rosa de Milpo.
6	MANA-16***	797892	9228961	3798	Afloramiento Las Cuevas II, ubicado aproximadamente a 350 m al noreste de la I.E. N.º 821461 del caserío Santa Rosa de Milpo.
7	FNat8**	797446	9228853	3815	Afloramiento ubicado aproximadamente a 280 m al noroeste de la I.E. N.º 821461 del caserío Santa Rosa de Milpo.
8	FNat2***	797882	9229052	3820	Afloramiento ubicado aproximadamente a 380 m al noreste de la I.E. N.º 821461 del caserío Santa Rosa de Milpo.
9	MProp1***	798003	9228931	3784	Afloramiento ubicado aproximadamente a 420 m al noreste de la I.E. N.º 821461 del caserío Santa Rosa de Milpo.
10	MANA-15***	797678	9228992	3792	Afloramiento ubicado aproximadamente a 290 m al norte de la I.E. N.º 821461 del caserío Santa Rosa de Milpo.
11	MANA-18***	798144	9229039	3776	Afloramiento La Pampa, ubicado aproximadamente a 600 m al



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
					noreste de la I.E. N.º 821461 del caserío Santa Rosa de Milpo.
12	MANA-17***	797676	9228840	3779	Afloramiento ubicado aproximadamente a 140 m al norte de la I.E. N.º 821461 del caserío Santa Rosa de Milpo.
13	FNat3***	798431	9229055	3771	Afloramiento ubicado aproximadamente a 860 m al este de la I.E. N.º 821461 del caserío Santa Rosa de Milpo.
14	FNat7**	797453	9228678	3818	Afloramiento ubicado aproximadamente a 210 m al oeste de la I.E. N.º 821461 del caserío Santa Rosa de Milpo.
15	MANA-19***	797989	9228298	3737	Afloramiento ubicado aproximadamente a 520 m al sureste de la I.E. N.º 821461 del caserío Santa Rosa de Milpo.
16	MANA-22***	798678	9229433	3848	Afloramiento Condorcana II, ubicado aproximadamente a 1,26 km al noreste de la I.E. N.º 821461 del caserío Santa Rosa de Milpo.
17	MANA-20***	798662	9229347	3826	Afloramiento Condorcana I, ubicado aproximadamente a 1,2 km al noreste de la I.E. N.º 821461 del caserío Santa Rosa de Milpo.
18	MANA-21***	797813	9227683	3723	Afloramiento ubicado aproximadamente a 1,015 km al sur de la I.E. N.º 821461 del caserío Santa Rosa de Milpo.
19	MANA-24***	798603	9228578	3733	Afloramiento El Poto, ubicado aproximadamente a 940 m al norte de la laguna Muyoc, en el caserío Santa Rosa de Milpo.
20	FNatu5**	798430	9227843	3699	Afloramiento ubicado aproximadamente a 70 m al noroeste de la quebrada Muyoc y de la laguna del mismo nombre.
21	MANA-26***	798670	9228494	3741	Afloramiento Los Chugures I, ubicado aproximadamente a 750 m al norte de la laguna Muyoc, en el caserío Santa Rosa de Milpo.
22	FNatu6**	798410	9227603	3692	Afloramiento ubicado aproximadamente a 120 m al noroeste de la laguna Muyoc.
23	MANA-28***	798688	9228134	3713	Afloramiento Los Chugures II, ubicado aproximadamente a 380 m al norte de la laguna Muyoc, en el caserío Santa Rosa de Milpo.
24	MANA-30***	798722	9228072	3710	Afloramiento Sagosacha, ubicado aproximadamente a 365 m al norte de la laguna Muyoc, en el caserío Santa Rosa de Milpo.



Vertical handwritten text: P S A C A L





«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
25	FNatu4**	798633	9227235	3657	Afloramiento ubicado aproximadamente a 280 m al sur de la descarga de la laguna Muyoc.
26	MANA-32***	798871	9227734	3721	Afloramiento Los Corrales, ubicado aproximadamente a 80 m al este de la laguna Muyoc.
27	MANA-25***	798806	9227609	3691	Afloramiento ubicado aproximadamente a 300 m al noreste de la descarga de la laguna Muyoc.
28	MPalo-01*	800016	9226361	3344	Afloramiento Palos, ubicado en la margen izquierda de la quebrada Milpo, caserío El Punre.
29	MLCue-01*	799692	9226375	3393	Afloramiento La Cueva, ubicado en la margen izquierda de la quebrada Milpo, caserío El Punre.
30	MLanc-01*	800153	9226115	3771	Afloramiento Lanche, ubicado en la margen izquierda de la quebrada del mismo nombre, caserío El Punre.
31	MInge-01*	800366	9225841	3686	Afloramiento del Ingenio, ubicado en la margen izquierda de la quebrada del mismo nombre, caserío El Punre.
32	FNatu13*	797 262	9 227 621	3656	Afloramiento ubicado en la margen derecha de la quebrada Milpo, a 100 m aproximadamente en sentido sureste de la caseta de control "Bravo 3" del PM Galeno.
33	FNatu14*	797 259	9 227 636	3688	Afloramiento ubicado en el margen derecho de la quebrada Milpo, a 100 m aproximadamente en sentido sureste de la caseta de control "Bravo 3" del PM Galeno.
Microcuenca de la quebrada Yanacochoa					
34	MANA-41***	795131	9225760	3873	Afloramiento Las Peñas, ubicado en la margen derecha del canal de agua para uso agrario del caserío Chamcas.
35	MANA-43***	794535	9225309	3753	Afloramiento Palo Blanco, ubicado en la margen derecha del canal de agua para uso agrario del caserío Chamcas.
36	MYana1*	795906	9226287	3750	Afloramiento Yanacochoa, ubicado a 380 m aproximadamente al oeste de la laguna del mismo nombre en el caserío Chamcas.
37	MLCor1*	795497	9226016	3577	Afloramiento La Cortadera, a 860 m aproximadamente al suroeste de la laguna Yanacochoa, en el caserío Chamcas.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
38	MLVer1*	795619	9225943	3720	Afloramiento Los Berros, ubicado a 760 m aproximadamente de la Laguna Yanacocha, en el caserío Chamcas.
39	MLVer2*	794900	9224841	3603	Afloramiento Los Berros, ubicado a 70 m aproximadamente de la margen derecha de la quebrada Yanacocha, después de la confluencia con la quebrada Lipiac.
40	MOPej1*	794774	9224771	3621	Afloramiento Ojo de Peje, ubicado en el Caserío Chamcas.
Microcuenca de la quebrada Kerosene					
41	MANA-49***	794115	9225510	3688	Afloramiento Las Vizcachas, aproximadamente a 470 m al noreste de la I.E. N.º 82960 del caserío Chamcas.
42	MANA-51***	793918	9225332	3655	Afloramiento La Tatora, aproximadamente a 265 m al este de la I.E. N.º 82960 del caserío Chamcas.
43	MANA-53***	793829	9225255	3628	Afloramiento La Tatora II, aproximadamente a 250 m al sureste de la I.E. N.º 82960 del caserío Chamcas.
44	MANA-55***	793798	9225224	3631	Afloramiento La Tatora III, aproximadamente a 270 m al sureste de la I.E. N.º 82960 del caserío Chamcas.
45	MANA-67***	795010	9226324	3893	Afloramiento ubicado aproximadamente a 110 m al sureste de la laguna Seca en el caserío Chamcas.
46	MANA-63***	794955	9226278	3878	Afloramiento ubicado aproximadamente a 135 m al sur de la laguna Seca en el caserío Chamcas.
47	MANA-61***	797844	9226261	3854	Afloramiento ubicado aproximadamente a 210 m al suroeste de la laguna Seca en el caserío Chamcas.
48	MANA-73***	794173	9226157	3707	Afloramiento ubicado aproximadamente a 760 m al suroeste de la captación de agua para uso agrario del caserío Guagayoc.
49	MANA-40***	793871	9227048	3856	Afloramiento La Paccha I, ubicado aproximadamente a 1,27 km al oeste de la garita de control (Bravo 4) del PM El Galeno en el caserío Guagayoc.
50	MANA-42***	793786	9226952	3852	Afloramiento La Paccha II, ubicado aproximadamente a 1,37 km al oeste de la garita de control "Bravo 4" del PM El Galeno en el caserío Guagayoc.



↑
P
l
P
S
P





«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
51	MANA-29***	794334	9227510	3937	Afloramiento, ubicado aproximadamente a 820 m al noroeste de la garita de control (Bravo 4) del PM El Galeno en el caserío Guagayoc.
52	MANA-34***	793701	9227303	3925	Afloramiento Palosolo I, ubicado aproximadamente a 1,42 km al oeste de la garita de control (Bravo 4) del PM El Galeno en el caserío Guagayoc.
53	MANA-36***	793648	9227203	3909	Afloramiento Palosolo II, ubicado aproximadamente a 1,47 km al oeste de la garita de control (Bravo 4) del PM El Galeno en el caserío Guagayoc.
54	MANA-33***	794143	9227202	3917	Afloramiento ubicado aproximadamente a 950 m al oeste de la garita de control (Bravo 4) del PM El Galeno en el caserío Guagayoc.
55	MANA-38***	793714	9227079	3862	Afloramiento Los Tucos, ubicado aproximadamente a 1,42 km al oeste de la garita de control (Bravo 4) del PM El Galeno en el caserío Guagayoc.
56	MANA-54***	793901	9226390	3946	Afloramiento El Quishuar I, ubicado aproximadamente a 45 m al sur del canal de agua para uso agrario del caserío Guagayoc.
57	MANA-46***	793658	9226496	3758	Afloramiento Los Chinchangos, ubicado en la margen derecha del canal de agua para uso agrario del caserío Guagayoc.
58	MANA-50***	793699	9226223	3693	Afloramiento El Duende, ubicado aproximadamente a 212 m al sur del canal de agua para uso agrario del caserío Guagayoc.
59	MANA-75***	795061	9227227	3805	Afloramiento ubicado aproximadamente a 80 m al suroeste de la garita de control (Bravo 4) del PM El Galeno.
60	MANA-62***	794528	9226900	3786	Afloramiento El Quishuar IV, ubicado aproximadamente a 110 m al noroeste de la captación de agua para uso agrario del caserío Guagayoc.
61	MANA-58***	794290	9226618	3751	Afloramiento El Quishuar III, ubicado aproximadamente a 340 m al suroeste de la captación de agua para uso agrario del caserío Guagayoc.
62	MANA-56***	794181	9226636	3768	Afloramiento El Quishuar II, ubicado aproximadamente a 5 m del canal de agua para uso agrario del caserío Guagayoc.
63	MShil-01*	794698	9226098	3834	Afloramiento ubicado en la parte baja en referencia al caserío Chamcas.



Vertical handwritten text in blue ink, possibly a signature or initials, running down the left margin of the page.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
64	MLPeñ-01*	794444	9225726	3808	Afloramiento La Peña del caserío Chamcas.
65	MCham1*	793726	9225025	3625	Afloramiento en el caserío Chamcas, propiedad de la Sra. Tomasa Huamán.
66	MCham2*	793766	9224962	3647	Afloramiento en el caserío Chamcas, propiedad del Sr. Edirberto Cabrera.
67	MCham3*	793985	9225041	3693	Afloramiento en el caserío Chamcas, propiedad del Sr. Edirberto Cabrera.
68	MCham4*	793130	9224765	3499	Afloramiento en el caserío Chamcas, propiedad de la Sra. Margarita Chávez.
69	MCham5*	793354	9224892	3536	Afloramiento en el caserío Chamcas, propiedad de la Sra. Agustina Chávez De Ocas.
70	MCham7*	793043	9224414	3539	Afloramiento en el caserío Chamcas, propiedad del Sr. Alcibiades Cabrera Salazar.
Microcuenca de la quebrada La Chorrera					
71	FNatu11*	796001	9230159	3909	Afloramiento del caserío San Lorenzo de Lipiac.
72	FNatu10*	796039	9230258	3637	Afloramiento del caserío San Lorenzo de Lipiac.
73	FNatu12*	796327	9230324	3622	Afloramiento del caserío San Lorenzo de Lipiac, ubicado a 450 m aproximadamente al noroeste de la casa comunal.
74	MGala1*	796853	9231298	3761	Afloramiento ubicado a 250 m aproximadamente al este de la institución educativa del centro poblado La Chorrera.
75	MPBla1*	796869	9231493	3723	Afloramiento Palo Blanco, a 250 m aproximadamente al noreste de la institución educativa del centro poblado La Chorrera.

(*) Puntos de muestreo evaluados en octubre de 2017.

(**) Puntos de muestreo evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018.

(***) Puntos de muestreo evaluados en marzo de 2018.

La información de la evaluación en octubre de 2017 está en el informe N.º 093-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA (Anexo B).

6.1.3 Parámetros y métodos de análisis

La selección de los parámetros para agua superficial y subterránea estuvo relacionada con la futura actividad minera, el origen hidroquímico de los afloramientos y la eutrofización de las lagunas. En todos los puntos se midieron in situ los parámetros de campo: temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y potencial de óxido-reducción (ORP). La Tabla 6-4 y Tabla 6-5 presentan los parámetros analizados por los laboratorios acreditados por el Inacal.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 6-4. Parámetros, método de análisis y cantidad de puntos de muestreo de agua superficial evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018

N.º	Parámetros	Método de Ensayo	Laboratorio	Cantidad de puntos de muestreo	Observaciones
1	Nitrato(s)	EPA METHOD 300.1 Rev.1 1997 (Validado) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO3-E, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	59	Percible de 48 horas Evaluado en el 2017 y 2018
2	Sulfato(s)	2017: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SO4(2)-E, 22nd Ed. 2012 2018: EPA METHOD 300.1 Rev.1 1997 (Validado)	ALS LS Perú S.A.C.	59	Evaluado en el 2017 y 2018
3	Cloruro(s)	2017: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl-B, 22nd Ed. 2012 2018: EPA METHOD 300.1 Rev.1 1997 (Validado)	ALS LS Perú S.A.C.	59	Evaluado en el 2017 y 2018
4	Fosfato(s)	EPA METHOD 300.1 Rev.1 1997 (Validado)	ALS LS Perú S.A.C.	17	Percible de 48 horas Evaluado en el 2018 en las lagunas
5	Alcalinidad total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	16	Evaluado en el 2017
6	Sólidos disueltos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 D, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	59	Evaluado en el 2017 y 2018
7	Sólidos suspendidos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 D, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	59	Evaluado en el 2017 y 2018
8	Nitrógeno total	2017: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 N C, 22nd Ed. 2012 2018: ISO 29441 (Validado), 1st. Ed. 2010	ALS LS Perú S.A.C.	42	Evaluado en el 2017 y 2018
9	Nitrógeno amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	39	Evaluado en el 2017
10	Metales totales por ICP-MS (incluido Hg)	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	ALS LS Perú S.A.C.	67	Evaluado en el 2017 y 2018, incluye blancos y duplicados
11	Metales disueltos por ICP-MS (incluido Hg)	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	ALS LS Perú S.A.C.	59	Evaluado en el 2017 y 2018
12	Fósforo total	EPA METHOD 365.3 1983	ALS LS Perú S.A.C.	42	Evaluado en el 2017 y 2018
13	Bicarbonato(s)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	59	Evaluado en el 2017 y 2018



Handwritten signature and initials in blue ink.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Parámetros	Método de Ensayo	Laboratorio	Cantidad de puntos de muestreo	Observaciones
14	Carbonato(s)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C	39	Evaluado en el 2017
15	Clorofila a	SM Part 10200 H, Item 2. 23rd Ed 2017	ALS LS Perú S.A.C	17	Percible de 48 horas Evaluado en el 2018 en las lagunas
16	Cianuro Libre	EPA METHOD 9016, Rev. 0, 2010	ALS LS Perú S.A.C	39	Evaluado en el 2017
17	Cianuro Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN-C, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C	39	Evaluado en el 2017
18	Cianuro WAD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN-I, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C	39	Evaluado en el 2017
19	Cromo hexavalente (VI)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500-Cr B, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C	39	Evaluado en el 2017
20	Demanda química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C	39	Evaluado en el 2017
21	Sulfuro(s)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-S2-D, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C	39	Evaluado en el 2017

Tabla 6-5. Parámetros y cantidad de puntos de muestreo de afloramientos de agua subterránea evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018

N.º	Parámetros evaluados	Método de Ensayo	Laboratorio	Cantidad de puntos de muestreo	Observaciones
1	Nitrato(s)	EPA METHOD 300.1 Rev.1 1997 (Validado) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO3-E, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	75	Percible de 48 horas Evaluado en el 2017 y 2018
2	Sulfato(s)	2017: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SO4(2)-E, 22nd Ed. 2012 2018: EPA METHOD 300.1 Rev.1 1997 (Validado)	ALS LS Perú S.A.C.	75	Evaluado en el 2017 y 2018
3	Cloruro(s)	2017: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CI-B, 22nd Ed. 2012 2018: EPA METHOD 300.1 Rev.1 1997 (Validado)	ALS LS Perú S.A.C.	75	Evaluado en el 2017 y 2018
4	Alcalinidad total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	9	Evaluado en el 2017
5	Nitrógeno total	2017: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 N C, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	29	Evaluado en el 2017



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Parámetros evaluados	Método de Ensayo	Laboratorio	Cantidad de puntos de muestreo	Observaciones
		2018: ISO 29441 (Validado), 1st. Ed. 2010			
6	Nitrógeno amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	29	Evaluado en el 2017
7	Sólidos disueltos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 D, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	75	Evaluado en el 2017 y 2018
8	Sólidos suspendidos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 D, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	75	Evaluado en el 2017 y 2018
9	Metales totales por ICP-MS (incluido Hg)	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	ALS LS Perú S.A.C.	80	Evaluado en el 2017 y 2018, incluye blancos y duplicados
10	Metales disueltos por ICP-MS (incluido Hg)	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	ALS LS Perú S.A.C.	75	Evaluado en el 2017 y 2018
11	Fósforo total	EPA METHOD 365.3 1983	ALS LS Perú S.A.C.	29	Evaluado en el 2017
12	Bicarbonato(s)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	75	Evaluado en el 2017 y 2018
13	Carbonato(s)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	29	Evaluado en el 2017
14	Cianuro libre	EPA METHOD 9016, Rev. 0, 2010	ALS LS Perú S.A.C.	29	Evaluado en el 2017
15	Cianuro Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN-C, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	29	Evaluado en el 2017
16	Cianuro WAD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN-I, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	29	Evaluado en el 2017
17	Cromo hexavalente (VI)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500-Cr B, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	29	Evaluado en el 2017
18	Demanda química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	29	Evaluado en el 2017
19	Sulfuro(s)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-S2-D, 22nd Ed. 2012	ALS LS Perú S.A.C.	29	Evaluado en el 2017



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19

6.1.4 Equipos utilizados

Los equipos utilizados durante las evaluaciones en octubre de 2017 y marzo de 2018, se consignan en la Tabla 6-6 y Tabla 6-7. Los certificados de calibración de estos equipos se presentan en el Anexo C.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 6-6. Equipos utilizados para el muestreo de la calidad de agua en octubre de 2017

Equipos/materiales ¹⁵	Marca	Modelo	Serie	Código Patrimonial
Multiparámetro	HACH	HQ40d	15050000935	66226471-0025
			15050000789	66226471-0033
			15050000655	66226471-0061
Brazo extensor	-	-	s/s	s/c
Correntómetro	Global Water	FP111	1344005871	602224260002
			1345005956	602224260001
Bomba de filtrado	FOLEE	H003-A	14050574277	60221068-0007
			14060574266	60221068-0005
			14060574273	60221068-0002
GPS	Garmin	MONTANA 680	4HU005019	952231860270
			4HU005015	952231860269
			4HU005020	952231860271
			4HU005024	952231860273
Cámara fotográfica digital	Canon	POWERSHOT D30BL	082051000997	742208970134
			082051000998	742208970135
			082051000999	742208970136
			62051001000	742208970137

s/s: sin serie.

s/c: sin código patrimonial.

Tabla 6-7. Equipos utilizados para el muestreo de la calidad de agua en marzo de 2018

Equipos/materiales	Marca	Modelo	Serie	Código Patrimonial
Multiparámetro	HACH	HQ40D	15050000934	60226471-0083
Multiparámetro	HACH	HQ40D	15050000921	60226471-0053
Brazo extensor	-	-	S/S	s/c
Correntómetro	Global Water	FP111	1516001833	602224260017
Correntómetro	Global Water	FP111	1550009905	602224260066
Bomba de filtrado manual	Mityvac	MV8000	93284502	s/c
GPS	Garmin	MONTANA 680	4HU005158	952231800292
		MONTANA 680	4HU005159	952231800293
Cámara fotográfica digital	Canon	POWERSHOT D30BL	0922051001965	742208970192
			0922051001932	742208970194
Bote	Yamaha	61RK	1059037	042269650006
Radio transmisor de receptor	Motorola	EP450	442TNL5640	952269650002

s/s: sin serie.

s/c: sin código patrimonial.

6.1.5 Aseguramiento de la calidad

El muestreo contó con el aseguramiento de calidad para metales totales, de acuerdo al ítem 6.17 del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Los controles de calidad se presentan en la Tabla 6-8.

Tabla 6-8. Controles de calidad establecidos para agua

Tipo de control	Número de muestras	Total de muestras	Observación
Blanco de viaje	1	11	Se tomó la muestra sólo en 2018
Blanco de campo	1		Se tomó un blanco de campo en 2017 y 2018
Duplicados	9		Se tomó un blanco de campo en 2017 y 2018

Para determinar la precisión de la toma de muestra y el proceso de análisis, se evaluó sus duplicados o réplicas mediante la Diferencia Porcentual Relativa (RPD, por sus

¹⁵

Las casillas de marca, modelo, serie y código patrimonial se registraron si corresponde al equipo.



siglas en inglés) o Diferencia de Media Porcentual Relativo, cuya ecuación es la siguiente (EPA, 2014):

$$\%RPD = \frac{|X1 - X2|}{\frac{(X1 + X2)}{2}} \times 100 \tag{6.1}$$

Donde:

- X1 : Concentración de la muestra en mg/L.
- X2 : Duplicado de la muestra en mg/L.
- |X1 - X2| : Valor absoluto de la diferencia entre la concentración de la muestra y su duplicado.

Cuando los valores de RPD son mayores al 20 % se considera que la muestra tiene una concentración imprecisa, lo que significa que pueden haber ocurrido errores durante la toma de muestra, tales como mala homogenización, o que puede haber influenciado la heterogeneidad ambiental del cuerpo de agua por factores como la lluvia¹⁶.

6.1.6 Criterios de comparación

Los resultados de agua superficial (quebradas y lagunas) y los afloramientos de agua subterránea fueron comparados con los ECA para agua empleados en el Primer Informe Técnico Sustentatorio de la IV Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado Categoría II de las actividades de exploración "El Galeno" (en adelante, ITS), último instrumento de gestión ambiental vigente.

Este ITS tipifica la comparación de los resultados de la calidad del agua con los ECA para agua establecidos en el Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM (en adelante, ECA para agua 2015) en la categoría 1: "Poblacional y recreacional", subcategoría A1: "Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección" (en adelante, Cat1A1), para la evaluación agua subterráneas (afloramientos), categoría 3. "Riego de vegetales y bebida de animales", subcategorías D1: "Vegetales de tallo bajo y alto" (en adelante, Cat3D1) y D2: "Bebida de animales" (en adelante, Cat3D2), para la evaluación de quebradas y afloramientos y categoría 4. Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1-lagos y lagunas (en adelante, Cat4E1), para la evaluación de cuerpos de lagunas.

De igual forma, los resultados de agua superficial y subterránea obtenidos por el OEFA durante las evaluaciones fueron comparados con los resultados de los IGA de Lumina Copper S.A.C., con la finalidad de hacer un análisis descriptivo a través de representaciones gráficas acumuladas.

Asimismo, estos resultados fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (en adelante, ECA para agua) aprobados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

¹⁶ De acuerdo a Ministerio de Medio Ambiente y Estrategia de Cambio Climático de Canadá (MECCS, por sus siglas en inglés), 2013, si uno de los valores duplicados de campo es 5 veces mayor al límite de cuantificación, los valores de RPD mayores a 20 % indican un posible problema y si son mayores a 50 % indican un problema definido, probablemente contaminación o falta de representatividad de la muestra.



Por otra parte, las quebradas que se encuentran en el área de influencia del proyecto El Galeno no se encuentran clasificadas en la Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA, norma que aprueba la Clasificación de los Cuerpos de Aguas Continentales Superficiales. Sin embargo, las quebradas asumieron la categoría de la intercuenca Alto Marañón IV y cuenca Crisnejas a las cuales tributan, clasificadas de acuerdo a la citada resolución jefatural como 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).

Lo anterior está establecido en la tercera disposición complementaria transitoria ECA para agua¹⁷, la cual 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".

Con respecto a los resultados de los afloramientos de agua subterránea, estos 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 con el curso de las quebradas, las que son utilizadas con fines agropecuarios.

De forma similar, las lagunas fueron comparadas con la categoría 4, Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1: lagunas y lagos (en adelante, Cat4E1), la cual comprende a los cuerpos de agua lénticos de origen natural que no presentan corriente continua, tipificado en el literal a) del inciso 3.4 del artículo 3 del Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

6.1.7 Procesamiento de datos

Todos los resultados obtenidos fueron digitalizados y ordenados en una base de datos (hojas de cálculo), para luego ser comparados referencialmente mediante el uso de gráficos de línea, barras y/o diagramas, según los criterios de evaluación presentados en el punto anterior y a considerar en los estudios específicos (relaciones iónicas, hidroquímica, geoquímica, equilibrio químico, análisis multivariado y temporalidad).

a. Análisis por microcuenca

Cada microcuenca se comparó con los ECA establecidos en el IGA y con ECA actual mediante gráficos de barras y líneas.

b. Análisis en toda el área evaluada

Para toda el área de estudio se emplearon los siguientes análisis:

b.1. Relación de los iones y sólidos disueltos con la conductividad

Para determinar la relación lineal de la conductividad eléctrica con los sólidos disueltos totales (SDT), concentración que describe la presencia de sales inorgánicas y pequeñas cantidades de materia orgánica en el agua que pasan por un filtro de 0,45 µm, se establecen valores de K (relación entre los SDT y la conductividad) con un valor típico de 0,7, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$SDT (mg/L) = k * Conductividad (\mu S/cm) \tag{6.2}$$

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



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.





«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

No obstante, hay diversos factores como el incremento y la composición de la concentración de los iones (diferente mezcla de sales disueltas) como el agua de mar, continental y destilada que involucran diferentes valores de K para obtener una relación precisa entre los SDT y la conductividad (Walton, 1989)¹⁸. De esa manera, la Figura 6-1 muestra una vista generalizada de los cambios de los valores de K con el incremento de los TDS en los distintos tipos de agua.

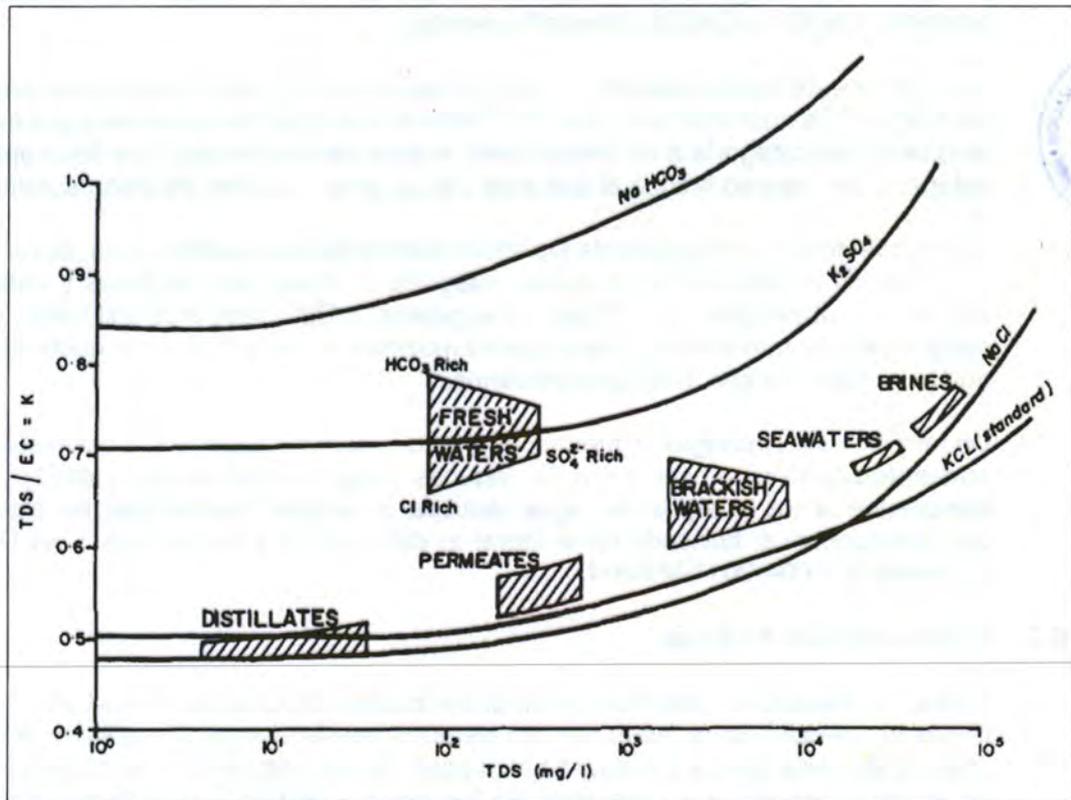


Figura 6-1. Relación de los sólidos disueltos totales (TDS) con los valores de k para diferentes tipos de agua
Fuente: N.R.G. Walton, 1989

De acuerdo a la Figura 6-1, existen diferentes valores de k de acuerdo al tipo de agua como: naturales (Fresh Water), destilada, permeada (permeates), salobres (brackish water), marina (seawaters) y salmueras (brines), los cuales pueden contener una variedad de sales disueltas de bicarbonatos, sulfatos o cloruros, por lo que se puede obtener un valor entre el rango de 0,50 a 0,85. Por tal motivo, no se justifica el uso de valor de K para todos los tipos de agua, de tomarse en cuenta llegaría a tener un error del 25 %.

En caso de la relación de la suma de iones (cationes o aniones) con la conductividad, tenemos que el criterio aceptable es dado por la American Public Health Association (APHA, 2012) mediante la siguiente ecuación lineal:

$$100 * \sum \text{aniones o cationes (meq/L)} = (0,9 - 1,1) * \text{Conductividad } (\mu\text{S/cm}) \quad (6.3)$$

¹⁸ Otros 2 factores que involucran el cambio de los valores de k es la temperatura (que incrementa la movilidad de los iones a mayor temperatura, hay un incremento del 2 % de la conductividad por cada aumento de 1 °C el cual es corregido por los equipos multiparámetros) y los efectos del pH en rango alto (> 9) y bajo (< 5), el cual contribuye al valor de la conductividad que otros cationes y aniones en el agua.

**b.2. Evaluación hidroquímica**

Para realizar la evaluación hidroquímica, se ha tenido en cuenta el error de balance iónico (EBI) y los diagramas de Piper y Stiff.

b.2.1 Error de Balance Iónico (EBI)

El balance iónico es la verificación de la suma de mili-equivalentes (meq/L) de aniones (Σan) es aproximadamente igual a la suma de mili-equivalentes de cationes (Σcat).¹⁹ Antes de realizar una evaluación hidroquímica se realiza el análisis mediante el cálculo del EBI para verificar la consistencia de los mismos.

Dentro de los iones mayoritarios presentes en el agua están los cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ para la Σcat ; y los aniones HCO_3^- , NO_3^- , SO_4^{2-} y Cl^- para el cálculo de Σan . Ambas concentraciones se expresan en miliequivalentes por litro (meq/L). De esa manera se establece el error de balance iónico de acuerdo a la siguiente ecuación (Appelo *et al.*, 2005).

$$Error\ de\ Balance\ Iónico\ (EBI) = 100 \frac{\Sigma cat - \Sigma an}{\Sigma cat + \Sigma an} \% \quad (6.4)$$

Aunque el EBI es un valor en porcentaje, la ecuación (6.4) incorpora un signo para mostrar la predominancia de cargas de cationes (signo positivo) o de aniones (signo negativo). Se considera aceptable un EBI entre -10 y +10 % para aguas dulces.

Dicho rango de EBI fue considerado en todos los tipos de agua (Mergesa, 2015). No obstante, un EBI del 2 % es inevitable en casi todos los laboratorios, por lo que se debe aceptar un error mayor; no obstante, si el EBI es mayor a 5 %, deberán revisarse los procedimientos, análisis y el muestreo.²⁰ El EBI con valores positivos no es afectados por los metales en el balance iónico, siendo la subestimación de HCO_3^- una de las causas más frecuentes de un EBI muy positivo.

Una causa frecuente de un EBI fuera del rango óptimo de $\pm 10\%$ son las fortalezas iónicas bajas, debido a las bajas concentraciones de analitos, cerca o bajo el límite de cuantificación o detección, donde se magnifican pequeños errores y así aumentan los errores porcentuales. Al respecto, los rangos del EBI están relacionados con la conductividad del agua (medida del flujo eléctrico del agua relacionado a la concentración de los iones) de acuerdo a lo planteado por Custodio y Llamas, 1976 en la siguiente tabla:

Tabla 6-9. Relación conductividad y Error de Balance Iónico (EBI)

Conductividad ($\mu S/cm$)	EBI
50	± 30
200	± 10
500	± 8
2 000	± 4
> 2 000	± 4

Fuente: Custodio y Llamas, 1976

De otro lado, algunas muestras presentan valores de EBI fuera del rango óptimo de $\pm 10\%$, con valores demasiado negativos ($<< -10\%$). Esto se da en la mayoría de los

¹⁹ Información extraída de <http://gidahatari.com/ih-es/factores-que-influyen-el-balance-ionico>.

²⁰ El EBI de 5 % fue usado en los estudios de aguas subterráneas realizados por Shubrha Singh, 2015 y K. Srinivasamoorthy, 2014, entre otros.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

casos en muestras ácidas con altas concentraciones de metales, resultando un EBI negativo si no se toma en cuenta sobre todos los iones hidronio (H_3O^+) del pH (de preferencia en base a su actividad y no concentración) y otras especies disueltas en mayor concentración como el aluminio (Al^{3+}) y hierro (Fe^{2+}).

Al respecto de las muestras ácidas, el error de omitir los iones hidronio (H_3O^+)²¹ lleva a que el balance de carga será más negativo progresivamente a medida que el pH descende, tal como muestra en la Figura 6-1 (Nordstrom *et al.*, 2009). En la Figura 6-2A se observa que en aguas a pH menores a 3, el ion H_3O^+ puede tener mayor concentración (en meq/L) que otros cationes y por ende su EBI es llega a valores mayores entre -50 y -100.



Vertical handwritten signature in blue ink.

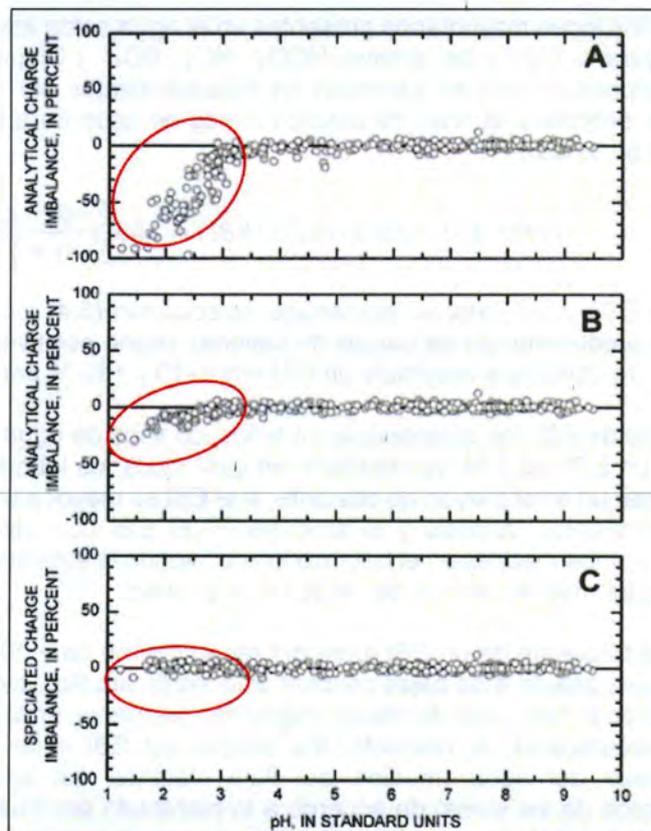


Figura 6-2. A) EBI sin H_3O^+ , B) EBI con H_3O^+ y sin especiación y C) EBI con H_3O^+ y con especiación
Fuente: Nordstrom *et al.*, 2009

Mientras, en la Figura 6-2B y Figura 6-2C indican que la importancia de considerar todas las especies formadas de Fe, Al, As, fluoruros y sulfatos principalmente a pH ácidos antes del cálculo del EBI, teniendo como ejemplo a los sulfatos, los cuales a pH de 1,3 a 2,7 sus iones se distribuyen en $3 SO_4^{2-}$ (II) y HSO_4^{2-} (I).

Una de las causas de la acidez y la disolución de metales es la rápida e intensa oxidación de piritas (FeS_2) y otros sulfuros en los acuíferos, tras intrusión de oxidantes

21

En el presente estudio para el cálculo del EBI se hará referencia al catión H_3O^+ (también llamado oxonio), el cual es la forma hidratada de los iones H^+ en el agua mediante solvatación (reacción espontánea en el cual los iones H^+ como soluto dispersado son rodeados por las moléculas del agua (H_2O) como solvente).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

como el O₂, y aumento del potencial redox en un ambiente reductor de SO₄²⁻ (potencial redox Eh << 160 mV).

De esta manera, en el presente estudio se ha considerado las concentraciones de aluminio (Al³⁺), hierro (Fe²⁺), manganeso (Mn²⁺), bario (Ba²⁺), estroncio (Sr²⁺) y litio (Li⁺) en la evaluación del EBI en cada uno de los puntos de muestreo.

b.2.2 Diagramas hidroquímicos

De otro lado, se realizó la caracterización hidroquímica del agua superficial y subterránea usando los diagramas hidroquímicos de Stiff y Piper (Figura 6-3). Los primeros permiten caracterizar las aguas en función a su concentración de sales, predominancia aniónica y catiónica, e interacción con la parte orgánica y roca (Custodio, 1965).



Handwritten notes in blue ink: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z

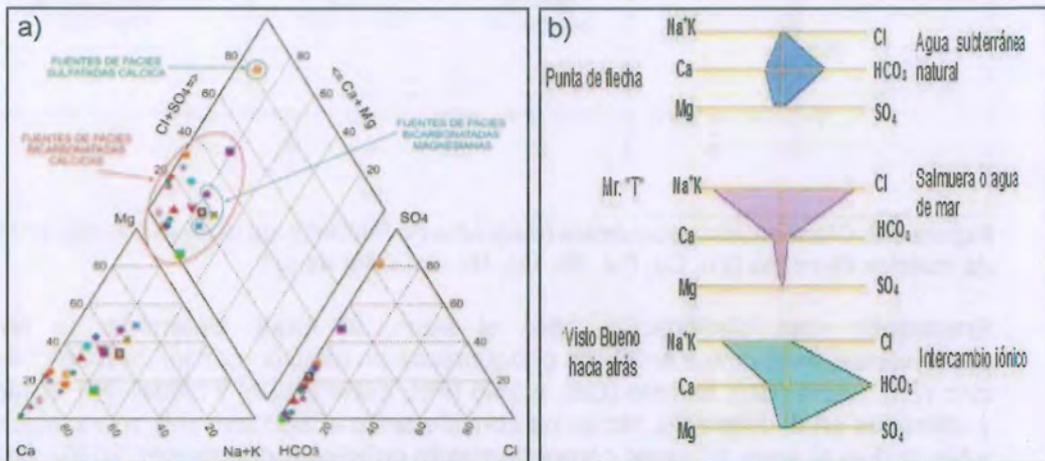


Figura 6-3. Diagramas hidroquímicos: a) Stiff y b) Piper

Estos diagramas determinaron la tipología de las muestras de agua en el área de influencia del proyecto El Galeno y alrededores, y se realizaron mediante el programa *Diagrammes 6.51* del Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon del 2014. Cabe indicar que para el tramiteo de los resultados de aniones y cationes cuya concentración fue menor al límite de cuantificación se le dio el valor del citado límite (LOQ).

b.3. Clasificación geoquímica

En el presente estudio se realizó la clasificación geoquímica del agua superficial (quebradas y ríos) y agua subterránea en base al pH y la suma de ciertos metales pesados en ppb (µg/L) en un diagrama conocido como Ficklin (Ficklin, 1992), ver Figura 6-4. Este gráfico también puede ser realizado en concentraciones de ppm (mg/L) usando una hoja de cálculo de Microsoft Office Excel 2016.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

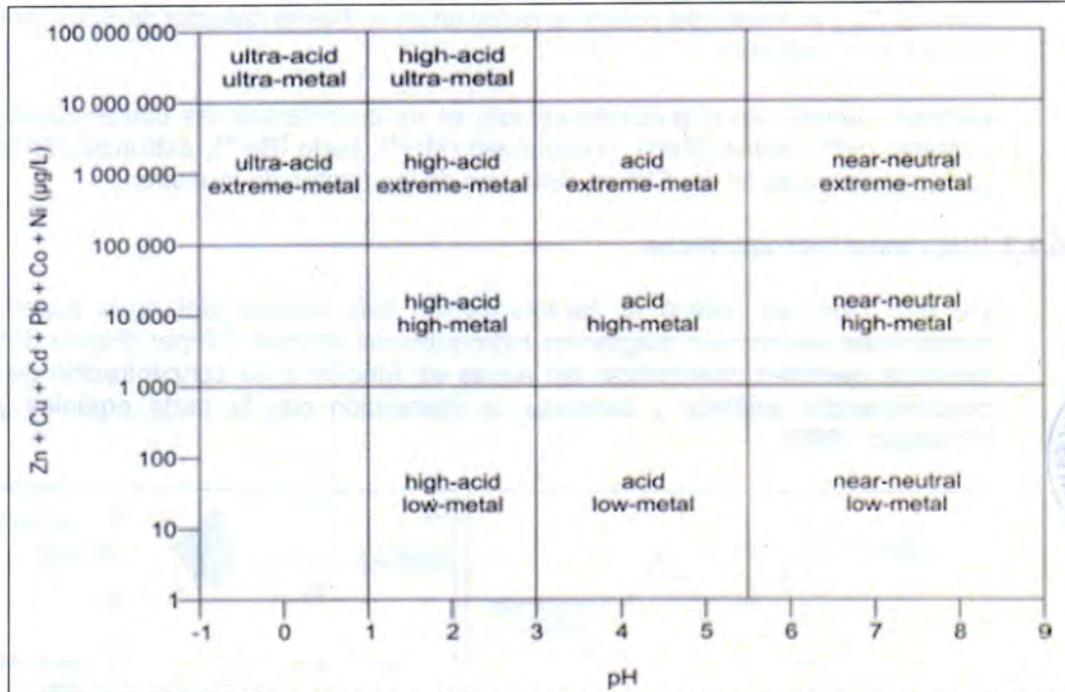


Figura 6-4. Clasificación geoquímica (diagrama de Ficklin) para el agua basado en la suma de metales disueltos (Zn, Cu, Cd, Pb, Co, Ni) y el valor de pH

Empleando esta clasificación para el agua, se pudo determinar la tipología provenientes de distintos entornos geoquímicos en relación con los metales pesados: zinc (Zn), cobre (Cu), cadmio (Cd), plomo (Pb), cobalto (Co) y níquel (Ni), contenidos y utilizados en el diagrama. No se ha considerado el aluminio (Al), manganeso (Mg) y hierro (Fe) al tener diferente comportamiento químico (Lottermoser, 2010). Debido a las pequeñas concentraciones de los metales pesados que se consideran para realizar el diagrama de Ficklin, se usó la mitad del valor del límite de cuantificación.

b.4. Especiación química de metales

Las especies químicas de los metales se evaluaron en aquellas concentraciones totales que superaron el valor del ECA en las respectivas categorías. Para ello, se utilizó el programa *Phreeqc* en la interface Notepad ++ v6.6.9 del 2017, tomando en cuenta la base de datos *wateq4f.dat* en donde se definen por códigos las especies químicas que serán analizadas. Para el uso del programa *Phreeqc* se utilizaron los siguientes parámetros (entre parentesis el código del programa):

- pH, potencial electrónico (pe), densidad del agua (g/mL)²², temperatura (°C).
- Metales disueltos catiónicos en mg/L con un solo **estado de oxidación (E.O)**: calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), bario (Ba), boro (B), litio (Li); estroncio (Sr), aluminio (Al), cadmio (Cd), plomo (Pb), zinc (Zn), níquel (Ni) y **varios E.O**: arsénico (As), hierro (Fe), manganeso (Mn) y cobre (Cu).

²²

Para el cálculo de la densidad del agua se usó el link: <https://www.steamtablesonline.com/steam97web.aspx>, considerando una presión, en bar, calculada referencialmente a partir de la temperatura del ambiente y altitud del punto de muestreo de acuerdo a: <https://www.mide.com/pages/air-pressure-at-altitude-calculator> usando la conversión de 1 atm = 1,01325 bar.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

- Aniones principales en mg/L: cloruros (Cl), bicarbonatos (HCO3), sulfatos (S (6)), nitratos (N (5)) con masa molar (gfw) de 62,0 g/mol.

Cabe mencionar que los valores de pH y temperatura son de lectura directa de campo, mientras que los aniones y cationes metalicos provienen de los resultados de laboratorio acreditado. Con respecto al calculo del potencial electrónico (pE) se calcula a partir de la siguiente formula (Lewis & McConchie, 2012):

$$pe = \frac{F * Eh}{2,303 * R * T_K} \tag{6.5}$$

Donde:

- F (Constante de Faraday) : 96,42 KJ*V-1*mol-1.
- T_K (Temperatura en K) : 273,15 + Temperatura en °C.
- R (Constante Universal de los gases) : 8,314472 JK-1mol-1.
- Eh : Potencial Redox relativo a un electrodo de referencia en V.

El Eh se calcula a partir de la siguiente ecuación (James, Copeland, & Lytle, 2004):

$$Eh = Eh^{\circ} + \text{potencial medido en campo (ORP)} \tag{6.6}$$

Donde:

- Eh° : Potencial de referencia o media celda en mV.
- ORP : Potencial Redox (Reducción-Oxidación) en mv..

El ORP se obtuvo de la lectura directa de campo del multiparámetro cuyo sensor de ORP/Redox es un electrodo combinado digital con un electrodo de referencia Ag/AgCl (3M KCl) no rellenable y un sensor de temperatura incorporado²³. De acuerdo a la Figura 6-5, el potencial de referencia o media celda (Eh°) se puede calcular a partir de la relación de la solución KCl 3M con la temperatura (°C) (Striggow, 2017).

Half-cell Potential of Ag/AgCl reference electrode
derived from USGS NFM, Table 6.5.2 (9/2005)

T(°C)	Molarity of KCl filling solution			
	3M	3.3M*	3.5M	Sat/4M
10	220	217	215	214
15	216	214	212	209
20	213	210	208	204
25	209	207	205	199
30	205	203	201	194
35	202	199	197	189
40	198	195	193	184

Figura 6-5. Relación de la solución de llenado KCl del electrodo de referencia (Ag/AgCl) y la temperatura (°C)

²³ Las características del electrodo de ORP/Redox (descarga del documento DOC272.92.80033) se encuentra en el link: <https://co.hach.com/electrodo-de-orp-redox-intellical-mtc101-para-laboratorio-bajo-mantenimiento-relleno-de-gel-cable-de-1-metro/product-downloads?id=53559516899>. Consultado el 1 de agosto de 2018.



Vertical handwritten text: 1, 2, 3, 4, 5, 6





La relación lineal entre el potencial de referencia de la solución de relleno KCl 3M y la temperatura (°C) se indica en la Figura 6-6, en donde se obtiene la siguiente ecuación con un R² de 0,9988:

$$Eh^{\circ} = -0,7286 * Temperatura + 227,21 \quad (6.7)$$

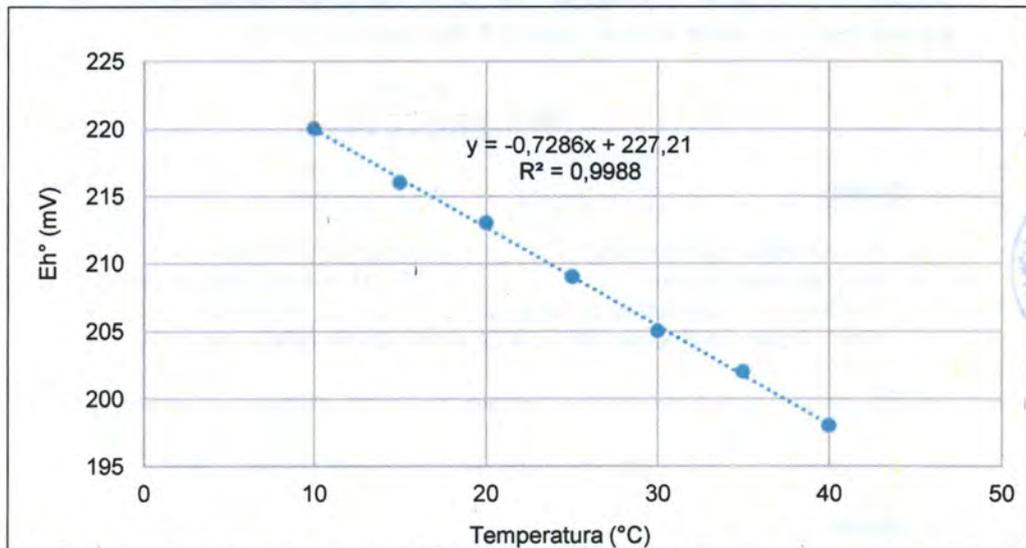


Figura 6-6. Relación de Temperatura (°C) y el potencial de electrodo de referencia Ag/AgCl con solución de relleno KCL 3M (Eh°)

b.5. Analisis Multivariado

Se realizó el análisis multivariado con la matriz de datos Colorespondientes a los diferentes parámetros de campo y laboratorio (variables) y puntos de muestreo (observaciones) de agua superficial para cada tipo de agua: afloramientos, quebradas y lagunas, para extraer la información de los puntos de muestreo con similares concentraciones, y por ende identificar patrones (grupos semejantes) en relación a su origen y comportamiento fisicoquímico.

Los cálculos matemáticos y estadísticos realizados en el presente estudio fueron desarrollados con la versión 23 del software IBM SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) del 2015 para determinar el valor del Test KMO, STATISTICA 12 (StatSoft, Tulsa, OK 74104) del 2014 y la hoja de cálculo de Microsoft Office Excel 2016.

b.5.1 Manejo de datos por debajo del límite de cuantificación

En ocasiones, los datos resultantes de las evaluaciones ambientales pueden estar por debajo del límite de cuantificación del procedimiento analítico. Estos datos desconocidos son generalmente descritos como no detectados en lugar de reportarlos como ceros o ausentes, informándose usualmente el límite apropiado de detección. En los casos donde se describe los valores no detectables, la concentración es desconocida aunque se encuentre entre cero y el valor del límite de detección, considerándose datos censurados los que incluyen datos detectados como los no detectados (EPA, 2006).

La condición más importante para llevar a cabo el análisis multivariado es que la matriz de datos obtenida se encuentre completa, debido a que una matriz incompleta



Handwritten signature and initials in blue ink.





«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

produce resultados inconclusos o erróneos, siendo necesario eliminar o rellenar los espacios vacíos de algún modo (Ramis Ramos G., 2001).

De acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos - *Environmental Protection Agency* (por sus siglas en inglés; en adelante, EPA) del 2006 (EPA, 2006), sugiere que para porcentaje de valores no detectables menores al 15 %, los valores se reemplacen de la siguiente manera: cero, mitad del valor, el mismo valor o establecer por el método de Cohen.

En tanto, para porcentaje de valores no detectables mayores al 15 % y menores a 50% se establezca los siguientes métodos analíticos: media recortada (trimmed), método de Cohen, media winsorizada (Winsorized) y la desviación estándar.

Mientras que para Dennis R. Helsel (Helsel, 2012), para porcentaje de valores no detectable menores a 50 % se establece el metodo de imputación o Kaplan-Meier/Turnbull y para valores mayores a 50 % y menores a 80 % se establece metodos robustos o imputación multiple.

De otro lado, el estudio realizado por Irene M. Farnham y otros (Farnham, Singh, Stetzenbach, & Johannesson, 2002) indica que sustituir valores por debajo del límite de detección "<LD" por la mitad (LD/2) fue superior que la sustitución por 0 o el mismo valor del límite LD, el cual fue efectivo para porcentajes de los valores no detectables menores al 30 %.

De esa manera, tomando en cuenta los criterios y estudio indicados anteriormente, para la presente evaluación se estableció que los parámetros cuyos valores no detectables menores o iguales al 30 % serán considerados en el análisis multivariado, tomando los valores del límite de cuantificación para aquellas concentraciones no detectables, puesto que no hubo diferencias en los resultados en cuanto a sustituir por la mitad del citado límite.

b.5.2 Estadísticos de viabilidad del análisis multivariado

Para verificar la idoneidad de la estructura de la matriz de correlaciones y, en consecuencia, la viabilidad de la realización del análisis multivariado, se aplicó los siguientes estadísticos:

• **Test de Kaiser-Mayer-Olkin (KMO)**

El test o medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) mide la idoneidad de los datos para realizar un análisis factorial mediante el contraste de si las correlaciones parciales entre las variables son pequeñas. Además, este test permite comparar la magnitud de los coeficientes de correlación observados con la magnitud de los coeficientes de correlación parcial.

De acuerdo al criterio utilizado por Henry F. Kaiser (Kaiser, 1974), el cual ha sido utilizado en diversos estudios posteriores, el resultado del análisis multivariado será excelente si la medida del KMO de adecuación muestral tiene un valor de 0,9 a 1; meritorio de 0,8 y 0,89; regular de 0,7 y 0,79; ordinario de 0,6 a 0,69; miserable o malo de 0,5 a 0,59; e inaceptable menor a 0,5, en dónde no es recomendable usar el análisis factorial.

Handwritten notes and stamps on the left margin, including a circular stamp of the OEFA and vertical text.



Un valor del Test de KMO menor a 0,6 indica que no se debe realizar el análisis de factor (AF). Algunos autores colocan este valor en 0,5, por lo tanto, el criterio del especialista es importante al considerar valores entre 0,5 y 0,6²⁴.

b.5.3 Análisis de factor (AF)

Dentro de los diversos métodos o técnicas de análisis multivariado, en el presente estudio se utilizó el análisis de factor (AF), el cual ha sido aplicado en diversos estudios de investigación para caracterizar y evaluar los resultados de los cuerpos de agua superficial continental (agua dulce) y marina.

El objetivo del AF es extraer la información significativa (Wang YB, 2015) y reducir la complejidad de los grupos de datos obtenidos (matriz de datos) de los análisis de metales y SST en agua superficial, para ofrecer una mejor interpretación y entendimiento de los resultados (Prakash Raj Kannel, 2007; Shrestha S. & Kazama F., 2007).

Para el análisis de factor se cuenta con los siguientes análisis: método de extracción mediante componentes principales; rotación de factores mediante la rotación ortogonal varimax; y los rangos de valores de importancia de las cargas (loadings) para las variables (parámetros) y puntuaciones (scores) para las observaciones (puntos de muestreo).

El número de factores a considerar se estableció de acuerdo al criterio de Kaiser o eigenvalor (autovalor) > 1. Cabe indicar que la suma de todos los eigenvalores es igual al número de parámetros; por lo que cada factor debe explicar al menos un parametro ambiental, ya que dichos factores son considerados importantes u óptimos (Kannel, Lee, Kanel, & Khan, 2007; Kowalkowski, Zbytniewski, Szpejna, & Buszewski, 2006).

De acuerdo a estudio realizado por Paul Geladi (Geladi, Manley, & Lestander, 2003), se puede extraer mayor información si las cargas y puntuaciones pueden ser visualizadas a través de un diagrama biplot, las cuales deben cumplir ciertas reglas importantes.

Asimismo, el estudio indica que en aquellos casos donde existan resultados diferentes, considerados como atípicos u outliers y donde no se pueda visualizar claramente la distribución de puntos debido a que las cargas y puntuaciones tienen diferentes escalas, entre otros criterios como no considerarlos, estos valores se estandarizan de la siguiente manera:

El valor de la carga de cada parámetro de cada factor se multiplicó por la raíz cuadrada del eigenvalor respectivo, y el valor de la puntuación de cada punto de muestreo de cada factor se dividió por la raíz cuadrada del eigenvalor respectivo.

c. Análisis de temporalidad

Para determinar el efecto de la temporalidad, la cual se realizó solo para puntos en común de agua superficial y subterránea en ambas evaluaciones, se realizaron gráficos hidroquímicos (Piper y Stiff), geoquímicos (Ficklin), el análisis multivariado (Análisis de Factor) y las especiación química (Modelo wate4qf.dat del programa Phreeqc), este ultimo solamente en metales que superaron el ECA para agua 2015



Handwritten signature and initials in blue ink.

²⁴ Parráfo tomado y modificado del siguiente link: <http://www.statisticshowto.com/kaiser-meyer-olkin/>. Consultado el 30 de julio de 2018.



(aprobado por el Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM) y ECA 2017 (Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM).

6.2 Sedimentos

En los apartados siguientes se muestra información acerca de la evaluación de la calidad de los sedimentos, describiéndose las guías utilizadas, los puntos de muestreo, los parámetros y métodos de análisis, los equipos utilizados, el aseguramiento de la calidad, los criterios de comparación y el procesamiento de datos.

6.2.1 Guías utilizadas para la evaluación

La toma de muestras de sedimento se realizó teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en los manuales técnicos de la Agencia de Proyección Ambiental de los Estados Unidos (EPA); en tanto que el procedimiento para el muestreo, la preservación y conservación de las muestras fue establecido por los laboratorios acreditados ante el Inacal. En la Tabla 6-10 se presentan los manuales técnicos considerados para la ejecución del muestreo.

Tabla 6-10. Manuales referenciales para la toma de muestra de sedimentos en el área de influencia del proyecto El Galeno

Componente ambiental	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Sedimentos	Manual técnico, Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimento para análisis químicos y toxicológicos ²⁵	Capítulo 3. Colección de sedimentos enteros. Capítulo 5. Manipulación de sedimentos	EE. UU.	EPA	-	2001
	Procedimiento de Operación Estándar-muestreo de sedimento ²⁶	Ítem 7. Preservación de Muestras, Contenedores, Manipulación y Almacenamiento	EE. UU.	EPA	-	2003

6.2.2 Ubicación de puntos

Las muestras de sedimento en ambas evaluaciones (octubre de 2017 y marzo de 2018) fueron colectadas en los cuerpos de agua lénticos (lagunas) que presentaron condiciones para la extracción del sedimento. Se adicionó el prefijo "SED" a la codificación de los puntos de muestreo de agua superficial para codificar los puntos de sedimento en las lagunas (Tabla 6-11).

²⁵ Agencia de protección ambiental EPA: Technical Manual, Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses. Recuperado de <https://clu-in.org/download/contaminantfocus/sediments/methods-for-collection-epa-manual.pdf>

²⁶ Environmental Protection Agency (EPA). Standard Operating Procedure-SOP #2016, Sediment Sampling. Recuperado de https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/r8-src_ah-02.pdf.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 6-11. Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos

N.º	Punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
Microcuenca de la quebrada Milpo					
1	SED-LMuy5***	798661	9227649	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 120 m de la orilla sur (interior de la laguna).
2	SED-LMuy6***	798556	9227584	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 60 m de la descarga (interior de la laguna).
3	SED-LMuy7***	798528	9227728	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 55 m de la orilla este (interior de la laguna).
4	SED-LMuy1**	798497	9227767	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 65 m del aporte fluvial de la quebrada Muyoc.
5	SED-LMuy4**	798499	9227584	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 20 m al norte de la descarga.
6	SED-LMuy2**	798648	9227497	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 130 m al este de la descarga.
7	SED-LMuy3**	798786	9227725	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 350 m al noreste de la descarga.
8	SED-LMilp1*	796967	9228179	3770	Laguna Milpo, ubicado aproximadamente a 530 m al noroeste de la garita de control (Bravo 3) del PM El Galeno.
9	SED-LCol1*	795763	9228742	3806	Laguna Dos Colores, a 200 m aproximadamente al este del vertimiento de agua residual doméstica del campamento del PM El Galeno.
10	SED-LCol3*	796046	9228942	3795	Laguna Dos Colores, cercano al área del PM El Galeno.
Microcuenca de la quebrada Yanacocha					
11	SED-LYana5***	796628	9226515	3735	Laguna Yanacocha, aproximadamente a 105 m de la orilla sur (interior de la laguna).
12	SED-LYana6***	796484	9226584	3735	Laguna Yanacocha, aproximadamente a 70 m de la orilla oeste (interior de la laguna).
13	SED-LYana7***	796468	9226420	3735	Laguna Yanacocha, aproximadamente a 90 m de la orilla sur (interior de la laguna).
Microcuenca de la quebrada Kerosene					
14	SED-LKero4***	795638	9227309	3891	Laguna Kerosene, aproximadamente a 5 m de la descarga de la laguna.
15	SED-LKero3**	795687	9227192	3891	Laguna Kerosene, aproximadamente a 120 m al sureste de la descarga de la laguna.
16	SED-LKero2**	795798	9227283	3891	Laguna Kerosene, aproximadamente a 180 m al este de la descarga de la laguna.

(*) Puntos de muestreo evaluados en octubre de 2017.

(**) Puntos de muestreo evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018.

(***) Puntos de muestreo evaluados en marzo de 2018.

La información de la evaluación en octubre de 2017 está en el informe N.º 093-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA (Anexo B).



[Handwritten signature and initials in blue ink]



6.2.3 Parámetros y métodos de análisis

El parámetro considerado para la evaluación de la calidad de sedimento está en relación con la actividad desarrollada en el entorno de las lagunas, y que puede afectar a los cuerpos de agua y la vida acuática. El parámetro se detalla en la Tabla 6-12.

Tabla 6-12. Parámetros, método de análisis y cantidad de puntos de muestreo de sedimento evaluados en 2017 y 2018

N.º	Parámetro	Método de Análisis	Laboratorio	Cantidad de puntos de muestreo	Observaciones
1	Metales totales (incluido mercurio)	EPA 200.8, Rev 5.4, 1994 (Validado)	AGQ PERU S.A.C	16	Perecible de 30 días Evaluado en el 2017 y 2018



6.2.4 Equipos utilizados

Los equipos utilizados durante la evaluación en octubre de 2017 y marzo de 2018, se consignan en las Tabla 6-13 y Tabla 6-14, respectivamente.

Tabla 6-13. Equipos utilizados para el muestreo de calidad de sedimentos en octubre de 2017

Equipos/materiales	Marca	Modelo	Serie	Código Patrimonial
GPS	Garmin	MONTANA 680	4HU005019	952231860270
			4HU005015	952231860269
			4HU005020	952231860271
			4HU005024	952231860273
Cámara fotográfica digital	Canon	POWERSHOT D30BL	082051000997	742208970134
			082051000998	742208970135
			082051000999	742208970136
			62051001000	742208970137
Pala	-	-	-	-

Tabla 6-14. Equipos utilizados para el muestreo de calidad de sedimentos en marzo de 2018

Equipos/materiales	Marca	Modelo	Serie	Código Patrimonial
GPS	Garmin	MONTANA 680	4HU005159	952231800293
Cámara fotográfica digital	Canon	POWERSHOT D30BL	0922051001932	742208970194
Bote	Yamaha	61RK	1059037	042269650006
Draga	Bio-Service	Van Veen	DVV131704	042294740014
Pala	-	-	-	-

6.2.5 Aseguramiento de la calidad

El muestreo contó con el aseguramiento de calidad para el parámetro metales totales en la evaluación realizada en octubre de 2017, el cual se presenta en la Tabla 6-15.

Tabla 6-15. Controles de calidad establecidos para sedimentos

Tipo de control	Número de muestras	Total de muestras
Duplicados	1	1



6.2.6 Criterios de comparación

Los resultados de los sedimentos no fueron comparados con los IGA de Lumina Copper S.A.C. debido a que solo el OEFA realizó la evaluación de este componente.

Por otro lado, debido a que no se cuenta con normativa nacional, se tomó de manera referencial los estándares de la Guía de Calidad Ambiental de Canadá–CEQG (Canadian Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, 2012) para sedimentos de agua dulce, que tiene valores para 7 metales: arsénico total, cadmio total, cobre total, cromo total, mercurio total, plomo total y zinc total.

Estos estándares establecen los valores ISQG (Interim Sediment Quality Guideline), por debajo de los cuales no se espera efectos biológicos adversos, y los valores PEL (Probable Effect Level), sobre los cuales se esperan con frecuencia efectos biológicos adversos.



Vertical handwritten notes in blue ink, including a large arrow pointing upwards and the letters 'A', 'D', 'S', 'R'.

6.2.7 Procesamiento de datos

Los resultados fueron digitalizados y ordenados en una base de datos (hojas de cálculo), y luego se compararon referencialmente según los criterios de evaluación del punto anterior, mediante gráficos de líneas, barras y/o cajas; además se emplearon estudios estadísticos descriptivos y de detección de outliers.

a. Análisis por microcuenca

Para cada microcuenca, se comparó con los estándares de la Guía de Calidad Ambiental de Canadá–CEQG referenciales, mediante gráficos de barras y líneas.

b. Evaluación en toda el área evaluada

Se realizó un análisis temporal en toda el área, pero solo en los puntos de las lagunas muestreados en ambas evaluaciones; para ello, se realizaron gráficos de barras para aquellos metales que superan de manera referencial los estándares de la Guía de Calidad Ambiental de Canadá–CEQG (Canadian Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, 2012); y para determinar las diferencias o semejanzas, gráficos de cajas y bigotes.

La evaluación multivariada se realizó mediante el Analisis de Factor (AF) con la matriz de datos Colorespondientes a los metales (variables) y puntos de muestreo de lagunas comunes (observaciones), para extraer la información de los puntos de muestreo con similares concentraciones, y por ende, identificar patrones (grupos semejantes) en relación a su origen y comportamiento fisicoquímico.

Los pasos y criterios para realizar el AF son los mismos que se emplearon en los diferentes tipos de agua: afloramientos, quebradas y lagunas.

6.3 Comunidades hidrobiológicas

En los apartados siguientes se muestra información sobre la guía empleada para la evaluación de las comunidades hidrobiológicas (macroinvertebrados bentónicos, fitoplancton, zooplancton, perifiton y peces) en ambientes loticos (ríos y quebradas) y lénticos (lagunas), ubicación de puntos de muestreo, parámetros y métodos de análisis, equipos utilizados, aseguramiento de la calidad, criterios de comparación y procesamiento de datos.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

6.3.1 Guías utilizadas para la evaluación

La metodología aplicada para la evaluación del componente hidrobiológico en los ambientes continentales tuvo como base la guía: “Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados bentónicos) y necton (peces) en aguas continentales del Perú”, publicada por el Minam y el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2014)²⁷.

La guía señala los criterios técnicos y lineamientos generales que se aplicaron en la evaluación del componente hidrobiológico, el establecimiento de los puntos de muestreo, los materiales y equipos requeridos para la evaluación, los equipos de protección personal y la preservación de muestras (Tabla 6-16).

Tabla 6-16. Protocolo de muestreo para las comunidades hidrobiológicas (plancton, perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces) en el área de influencia del proyecto El Galeno

Componente Ambiental	Protocolo	Sección	País	Institución	Depósito legal	Año
Plancton	Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú	3	Perú	Minam y Universidad Nacional Mayor de San Marcos	-	2014
Perifiton		4				
Macroinvertebrados bentónicos		5				
Peces		6				

(-) No corresponde.

6.3.2 Ubicación de puntos

La ubicación de los puntos de muestreo de las comunidades hidrobiológicas fue establecida en las mismas coordenadas de los puntos de agua superficial y sedimentos. Asimismo, se adicionó el prefijo “HIB” a la codificación de los puntos de muestreo determinados (Tabla 6-17). Es importante mencionar que la ubicación de los puntos realizados en la evaluación del OEFA en el 2017 se mantuvo para la evaluación del 2018. No obstante, se establecieron puntos de muestreo adicionales que fueron validados en la visita de reconocimiento.

Tabla 6-17. Ubicación de los puntos de muestreo de las comunidades hidrobiológicas

N.º	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
Microcuenca de la quebrada Milpo					
1	HIB-QMilp1**	797272	9227648	3761	Quebrada Milpo, aproximadamente a 60 m de la descarga de la laguna del mismo nombre en el caserío Santa Rosa de Milpo.
2	HIB-QMuy1**	798469	9228024	3683	Quebrada Muyoc, aproximadamente a 220 m antes de su confluencia a la laguna Muyoc.

27

Unidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) – Museo de Historia Natural (MHN). 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú / Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología, Lima: Ministerio del Ambiente. 75 p.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
3	HIB-QMuy2**	798577	9227242	3657	Quebrada Muyoc, aproximadamente a 110 m antes de la confluencia con la quebrada Milpo.
4	HIB-QQuin1**	798091	9227038	3752	Quebrada Quinuacucho, aproximadamente a 50 m aguas arriba de la carretera que une el caserío El Punre con el PM El Galeno.
5	HIB-QMilp2**	798458	9227229	3658	Quebrada Milpo, aproximadamente a 130 m antes de la confluencia con la quebrada Muyoc.
6	HIB-QMilp3***	798894	9226821	3630	Quebrada Milpo, aproximadamente a 475 m después de la confluencia de las quebradas Milpo y Muyoc.
7	HIB-QQuin2***	798794	9226597	3620	Quebrada Quinuacucho, aproximadamente a 370 m antes de la confluencia con la quebrada Milpo.
8	HIB-LDCol2**	795947	9228799	3794	Curso de agua que conecta el sector oeste con el este de la laguna Dos Colores, aproximadamente a 450 m del PM El Galeno.
9	HIB-LMuy5***	798661	9227649	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 120 m de la orilla sur (interior de la laguna).
10	HIB-LMuy6***	798556	9227584	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 60 m de la descarga (interior de la laguna).
11	HIB-LMuy7***	798528	9227728	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 55 m de la orilla este (interior de la laguna).
12	HIB-LMuy1**	798497	9227767	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 65 m del aporte fluvial de la quebrada Muyoc.
13	HIB-LMuy4**	798499	9227584	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 20 m al norte de la descarga.
14	HIB-LMuy2**	798648	9227497	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 130 m al este de la descarga.
15	HIB-LMuy3**	798786	9227725	3678	Laguna Muyoc, aproximadamente a 350 m al noreste de la descarga.
16	HIB-LMilp4**	796838	9227834	3770	Laguna Milpo, aproximadamente a 380 m al oeste de la garita de control (Bravo 3) del PM El Galeno.
17	HIB-LMilp1**	796967	9228179	3770	Laguna Milpo, aproximadamente a 530 m al noroeste de la garita de control (Bravo 3) del PM El Galeno.
18	HIB-LMilp2**	797266	9228088	3770	Laguna Milpo, aproximadamente a 390 m al norte de la garita de control (Bravo 3) del PM El Galeno.
19	HIB-LMilp3**	797222	9227716	3770	Laguna Milpo, aproximadamente a 5 m al norte de la garita de control (Bravo 3) del PM El Galeno.
20	HIB-LRinc3**	795173	9228738	3862	Laguna La Rinconada, aproximadamente a 570 m al noroeste del campamento del PM El Galeno en el punto de control M6.
21	HIB-LRinc1**	795157	9228898	3862	Laguna La Rinconada, aproximadamente a 550 m al noroeste del campamento del PM El Galeno.
22	HIB-LRinc2**	794979	9228692	3862	Laguna La Rinconada, aproximadamente a 650 m al noroeste del campamento del PM El Galeno.
23	HIB-LDCol1**	795759	9228742	3794	Laguna Dos Colores, aproximadamente a 200 m al este del vertimiento de agua residual doméstica del campamento del PM El Galeno.
24	HIB-LDCol3**	796048	9228929	3792	Laguna Dos Colores, aproximadamente a 650 m al noreste del campamento del PM EL Galeno.

Microcuenca de la quebrada Yanacochoa



Handwritten signature and initials in blue ink.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
45	HIBQChup-01***	794040	9226418	3716	Quebrada Chupicario, aproximadamente a 650 m al suroeste de la captación de agua para uso agrario del caserío Guagayoc.
46	HIB-LSeca1***	794938	9226414	3882	Laguna Seca, aproximadamente a 20 m al sureste de la descarga de la laguna.
47	HIB-LSeca2***	794967	9226462	3882	Laguna Seca, aproximadamente a 50 m al noreste de la descarga de la laguna.
48	HIB-LKero4***	795638	9227309	3891	Laguna Kerosene, aproximadamente a 5 m de la descarga de la laguna.
49	HIB-LKero3**	795687	9227192	3891	Laguna Kerosene, aproximadamente a 120 m al sureste de la descarga de la laguna.
50	HIB-LKero2**	795798	9227283	3891	Laguna Kerosene, aproximadamente a 180 m al este de la descarga de la laguna.
Microcuenca de la quebrada La Chorrera					
51	HIB-QLip1*	796316	9229931	3771	Quebrada Lipiac, a 450 m aproximadamente al este de la laguna del mismo nombre, en el caserío San Lorenzo de Lipiac.
52	HIB-QLip2*	796547	9230871	3686	Quebrada Lipiac, a 50 m aproximadamente al oeste del centro de enfriamiento de lácteos, en el centro poblado La Chorrera.
53	HIB-LLip1*	795884	9229666	3786	Ubicado a 100 m aproximadamente al sur de la salida de la laguna Lipiac, en el caserío San Lorenzo de Lipiac.
54	HIB-LLip2*	795798	9229722	3784	Ubicado a 100 m aproximadamente al oeste de la salida de la laguna Lipiac, en el caserío San Lorenzo de Lipiac.
55	HIB-LLip3*	795853	9229785	3786	Ubicado a 50 m aproximadamente al noroeste de la salida de la laguna Lipiac, en el caserío San Lorenzo de Lipiac.

(*) Puntos de muestreo evaluados en octubre de 2017.

(**) Puntos de muestreo evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018.

(***) Puntos de muestreo evaluados en marzo de 2018.

La información de la evaluación en octubre de 2017 está en el informe N.º 093-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA (Anexo B).

6.3.3 Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros considerados para la evaluación de las comunidades hidrobiológicas fueron determinados de acuerdo con la revisión de los instrumentos de gestión ambiental (IGA) y la estimación de los especialistas del OEFA.

El análisis fue cuantitativo y cualitativo; no obstante, en el caso de los peces, se consideró realizar el análisis de metales en tejido muscular; sin embargo, no se colectó ningún ejemplar. Los parámetros, el método de análisis realizado por el laboratorio y la cantidad de puntos de muestreo evaluados se presentan en la Tabla 6-18.

Tabla 6-18. Parámetros, método de análisis y cantidad de puntos de muestreo evaluados para las comunidades hidrobiológicas.

N.º	Parámetros	Método de Análisis	Laboratorio	N.º de puntos de muestreo	Observaciones
1	Zooplankton	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 10200. C.1, F.2.c.1, G, 22nd Ed. 2012	Envirolab S.A.C.	31	19 puntos de muestreo evaluados en lagunas en el 2017 y 28 en el 2018



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Parámetros	Método de Análisis	Laboratorio	N.º de puntos de muestreo	Observaciones
2	Fitoplancton	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 10200. C.1, F.2, c.1, 22nd Ed. 2012		31	19 puntos de muestreo evaluados en lagunas en el 2017 y 28 en el 2018
3	Perifiton (ficoperifiton y zooperifiton)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 10300 C. Item 1 y 2. 22nd Ed. 2012		46	9 puntos de muestreo evaluados en quebradas en el 2017 y 22 en el 2018. En lagunas, 0 puntos en el 2017 y 22 en el 2018.
4	Macroinvertebrados bentónicos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 10500 C. 1, 2, 22nd Ed. 2012		55	9 puntos de muestreo evaluados en quebradas en el 2017 y 22 en el 2018. En lagunas, 19 puntos en el 2017 y 28 en el 2018.
5	Peces	-	-	3	0 puntos de muestreo evaluados en lagunas en el 2017 y 3 en el 2018, sin embargo no se colectaron peces.
6	Metales totales en tejidos de peces (incluido mercurio)	-	-	3	0 puntos de muestreo evaluados en lagunas el 2017 y 3 en el 2018, sin embargo no se colectaron peces.

(-) No corresponde.

6.3.4 Equipos utilizados

Los equipos utilizados durante la evaluación en octubre de 2017 y marzo de 2018 se consignan en las Tabla 6-19 y Tabla 6-20, respectivamente.

Tabla 6-19. Equipos utilizados para el muestreo de las comunidades hidrobiológicas en octubre de 2017

Equipos/materiales ²⁸	Marca	Modelo	Serie	Código Patrimonial
GPS	GARMIN	OREGON 650	-	--
Cámara fotográfica digital	CANON	POWERSHOT D30BL	082051000998	742208970135
Red Surber	-	-	-	-
Red D-net	-	-	-	-
Red estándar de plancton	-	-	-	-

(-) No corresponde.

Tabla 6-20. Equipos utilizados para el muestreo de las comunidades hidrobiológicas en la marzo de 2018

Equipos/materiales	Marca	Modelo	Serie	Código Patrimonial
Red Surber	-	-	-	-
Red D-net	-	-	-	-

²⁸

Las casillas de marca, modelo, serie y código patrimonial se registraron si corresponde al equipo.



Equipos/materiales	Marca	Modelo	Serie	Código Patrimonial
Red estándar de plancton	-	-	-	-
Red de espera	-	-	-	-
Bolsa tamiz	-	-	-	-
Draga	Bio-Service	Van Veen	DVV131704	42204740014
Bote	Yamaha	61RK	1059037	42269040001
GPS	Garmin	MONTANA 680	4HU005159	952231800293
Cámara fotográfica digital	Canon	POWERSHOT D30BL	92051001965	742208970192

(-) No corresponde.

6.3.5 Aseguramiento de la calidad

La evaluación de las comunidades hidrobiológicas no presentó aseguramiento de la calidad debido a la metodología de colecta y obtención de muestras compuestas para cada comunidad evaluada.

6.3.6 Criterios de comparación

Los resultados de la evaluación de las comunidades hidrobiológicas fueron comparados con los resultados de los IGA de Lumina Copper S.A.C. Para ello, se extrajo la información sobre la riqueza y abundancia de especies declaradas en los IGA; así como, la información obtenida por el OEFA durante las evaluaciones. En seguida se realizó un análisis descriptivo a través de representaciones gráficas acumuladas para cada comunidad hidrobiológica evaluada.

Para corroborar la presencia o ausencia de diferencias entre las evaluaciones realizadas por Lumina Copper S.A.C. y el OEFA, se realizó el análisis estadístico Anova two way ($p < 0,001$), luego de probar los presupuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (Test de Levene). Cuando los presupuestos no fueron cumplidos para alguna variable (riqueza o abundancia), se realizó una transformación de esta con Log10. Todos los análisis descritos fueron realizados en el programa STATISTICA 12 (StatSoft, Tulsa, OK).

Por otro lado, se propuso realizar el análisis de metales totales detectados en tejido muscular de peces para compararlos con los límites máximos permisibles (LMP) señalados en el manual "Indicadores o criterios de seguridad alimentaria e higiene para alimentos y piensos de origen pesquero y acuícola" del Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (Sanipes) (2010)²⁹; sin embargo, al no lograrse la colecta de peces no se procedió a realizar dicha comparación.

6.3.7 Procesamiento de datos

La evaluación de las comunidades hidrobiológicas consistió en la caracterización de las estructuras comunitarias del plancton (fitoplancton y zooplancton), perifiton (ficoperifiton y zooperifiton) y macroinvertebrados bentónicos, la cual incluyó la composición y riqueza de especies, las especies más frecuentes, abundantes y la composición por taxones mayores.

Además, se representó la clasificación taxonómica (división, clase, orden, familia y especie) de todas las comunidades hidrobiológicas. Se evaluó el comportamiento de

²⁹ Codex Alimentario Standar 193 (General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed Adopted In 1995. Revised In 1997, 2006, 2008, 2009. Enmendada en 2010, 2012, 2013, 2014, 2015) (Programa conjunto FAO/OMS, 2015).



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

la distribución de cada comunidad hidrobiológica en términos de riqueza y abundancia, considerándose la categoría taxonómica *phylum* para plancton y perifiton, y la categoría taxonómica orden para macroinvertebrados bentónicos.

Es necesario indicar que los resultados de abundancia se analizaron basándose en la densidad de la muestra para plancton (organismos/L) y perifiton (organismos/cm²); en tanto que, los resultados de abundancia para los macroinvertebrados bentónicos se basaron en el número de organismos por el tamaño de la muestra y por m², según Coloresponda.

Para ello, se utilizó el programa Excel, donde se sistematizó el nombre y abundancia de cada especie registrada en cada punto de muestreo evaluado y analizado por el laboratorio Envirolab S.A.C. En seguida se elaboraron representaciones mediante gráficas acumuladas y se procedió a realizar los análisis a diferente escala para cada comunidad hidrobiológica evaluada.



a. Análisis por microcuenca

Para cada microcuenca se determinaron los índices comunitarios de diversidad alfa (números de Hill e índice de la equidad de Pielou) y diversidad beta (coeficiente de similitud de Bray Curtis).

a.1. Diversidad alfa

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:

$$N1 = \exp(H') \tag{6.8}$$

Donde: H es el índice de Shannon-Wiener

Luego, se utilizó la variable N2 como la modificación del índice de Simpson (D) (Jost, 2006) que tiene como fórmula:

$$N2 = \frac{1}{\text{Índice de Simpson}} \tag{6.9}$$

Por otro lado, 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 varía de 0 a 1, de forma que 1 Corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Pielou, 1975; Peet, 1974)

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \tag{6.10}$$

Donde: J' es el índice de equidad de Pielou.

H' = índice de diversidad de Shannon-Wiener.

H' = max = Ln(S).

S = Número de especies.

Handwritten notes in blue ink: a vertical list of characters including 'l', 'on', 'd', 't', 's', and 'H'.



**a.2. Diversidad beta**

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 siguiente fórmula:

$$IBC = 1 - \frac{(\sum xi - yi)}{(\sum xi + yi)} \quad (6.11)$$

Donde: IBC es el índice de Bray Curtis.

Xi = abundancia o densidad de especies i en un conjunto 1.

yi = abundancia de las especies en el otro.

Para facilitar el análisis de los valores de similitud de manera visual, se elaboraron dendogramas mediante la unión de pares promedio (Sokal y Michener, 1958; Crisci y López, 1983) utilizando el programa estadístico PAST (Hammer *et al.*, 2001). Esta gráfica resumió la similitud de las especies entre 2 puntos de muestreo.

b. Análisis en toda el área evaluada

Para toda el área de evaluación se determinó la calidad ecológica del agua en las quebradas, el estado trófico de las lagunas evaluadas y la relación entre las variables ambientales y la distribución de las comunidades acuáticas a través del análisis de correspondencia canónica.

b.1. Evaluación de la calidad ecológica en las quebradas

Tradicionalmente, el estado de conservación o calidad de los ecosistemas acuáticos se ha establecido mediante el análisis de la calidad del agua basado en los parámetros fisicoquímicos; sin embargo, en la actualidad se ha complementado con el método biológico mediante el uso de comunidades biológicas (Custodio *et al.*, 2017), debido a que los parámetros fisicoquímicos proporcionan información parcial y puntual; mientras que, el control biológico proporciona una visión integrada y extendida en el tiempo sobre la calidad y estado de conservación de los ambientes acuáticos, es decir, refleja las condiciones existentes tiempo atrás del muestreo (Castro y Casatti, 1997).

Por ello, se determinó la calidad del agua en base a la presencia de las especies que interactúan siguiendo procesos naturales y funcionales de la comunidad (Velásquez y Vega, 2004) y a través de las características hidromorfológicas de los cuerpos de agua (Encalada *et al.*, 2011).

b.1.1. Bioindicadores de calidad de agua

Roldán (1999) define un organismo indicador cuando este 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 el mismo hábitat. A continuación, se detalla el índice ecológico que se empleó para el análisis, sobre la base de la evaluación del estado de las comunidades hidrobiológicas.



❖ Índice de calidad ecológica

La evaluación de calidad ecológica de las quebradas se realizó tomando como base metodológica el "Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA-S)" (Encalada *et al.*, 2011). Para su aplicación, se eligió en el sitio de muestreo un tramo que mida entre 50 y 100 m de longitud, en el cual se observaron y valoraron 2 grupos de variables:

- Las características hidromorfológicas, que incluyeron las observaciones de vegetación de ribera, paisaje próximo al río y algunos elementos del canal como su forma y sustrato, que permitieron estimar la calidad hidromorfológica.
- La composición de los macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo por el que se estimó la calidad biológica en base a su respectivo valor de tolerancia.

La calidad hidromorfológica se estimó a partir de la observación de 8 características hidromorfológicas, las cuales se presentan a continuación:

- Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera
- Continuidad de la ribera
- Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje
- Presencia de basura y escombros
- Naturalidad del canal fluvial
- Composición del sustrato
- Regímenes de velocidad y profundidad del río
- Elementos de heterogeneidad

Una vez obtenidas las puntuaciones para cada característica hidromorfológica, se procedió a obtener una sumatoria de todas ellas, con la finalidad de tener un solo valor por punto de muestreo (Anexo C). Finalmente, para obtener el respectivo valor de calidad hidromorfológica, estos valores fueron comparados con la escala de la Tabla 6-23.

Tabla 6-21. Calidad hidromorfológica del río

Clase	Puntuación	Calidad Hidromorfológica
1	> 35	Excelente
2	28 - 35	Buena
3	20 - 28	Moderada
4	10 - 20	Mala
5	0 - 10	Pésima

Fuente: Ríos-Touma *et al.*, 2014

La calidad biológica del agua se estimó a través del índice biótico *Andean Biotic Index* (ABI) (Ríos-Touma *et al.*, 2014), el cual fue desarrollado para evaluar la calidad de agua de ríos alto andinos ubicados a más de 2000 m de altitud. Este índice estima la calidad del agua atribuyendo a cada familia taxonómica presente en una muestra un valor de intolerancia (0-10) como se observa en la Tabla 6-22.

Tabla 6-22. Puntuación por familia de macroinvertebrados bentónicos de acuerdo con el índice ABI

Taxa	Puntaje	Taxa	Puntaje	Taxa	Puntaje
Helicopsychidae	10	Libellulidae	6	Baetidae	4
Calamoceratidae	10	Coenagrionidae	6	Belostomatidae	4



Vertical handwritten text on the left margin, possibly a signature or initials.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Taxa	Puntaje	Taxa	Puntaje	Taxa	Puntaje
Odontoceridae	10	Hyaellidae	6	Dixidae	4
Anomalopsychidae	10	Turbellaria	5	Dolichopodidae	4
Leptophlebiidae	10	Ptilodactylidae	5	Stratiomyidae	4
Oligoneuridae	10	Lampyridae	5	Empididae	4
Polythoridae	10	Psephenidae	5	Hirudinea	3
Perlidae	10	Scirtidae	5	Physidae	3
Gripopterygidae	10	Elmidae	5	Hydrobiidae	3
Blepharoceridae	10	Dryopidae	5	Limnaeidae	3
Athericidae	10	Hydraenidae	5	Planorbidae	3
Leptoceridae	8	Simuliidae	5	Sphaeriidae	3
Polycentropodidae	8	Tipulidae	5	Ostracoda	3
Hydroptilidae	6	Veliidae	5	Staphylinidae	3
Xiphocentronidae	8	Gerridae	5	Gyrinidae	3
Hydrobiosidae	8	Corixidae	5	Dytiscidae	3
Gomphidae	8	Notonectidae	5	Hydrophilidae	3
Calopterygidae	8	Hydropsychidae	5	Psychodidae	3
Philopotamidae	8	Naucoridae	5	Chironomidae	2
Glossosomatidae	7	Pyrilidae	4	Culicidae	2
Leptohyphidae	7	Tabanidae	4	Muscidae	2
Limnephilidae	7	Limoniidae	4	Ephyridae	2
Ancylidae	6	Ceratopogonidae	4	Oligochaeta	1
Aeshnidae	6	Hydracarina	4	Syrphidae	1

Fuente: Acosta *et al.*, 2009.

Luego, los valores de intolerancia hallados por todas las familias presentes en la muestra fueron sumados y se obtuvo un valor final que fue comparado con las puntuaciones de la Tabla 6-23.

Tabla 6-23. Valoración de la calidad biológica con el índice ABI

Clase	Puntuaciones	Calidad Biológica
1	> 74	Excelente
2	45 – 74	Buena
3	27 – 44	Moderada
4	11 – 26	Mala
5	< 11	Pésima

Fuente: Ríos-Touma *et al.*, 2014

Finalmente, la calidad ecológica se obtuvo combinando las valoraciones de calidad hidromorfológica y calidad biológica. Por ejemplo: si el resultado de combinar las 2 evaluaciones es turquesa, entonces la calidad ecológica del río será excelente; si es verde, será buena; si es amarilla, será moderada; si es naranja, será mala; y por último si es roja, será pésima. Otras combinaciones también son posibles (Tabla 6-24).

Tabla 6-24. Escala de calidad ecológica de un río y/o quebrada

Indicador	Calidad Biológica					
	Excelente	Buena	Moderada	Mala	Pésima	
CALIDAD HIDROMORFOLOGICA	Excelente	Excelente	Buena	Moderada	Mala	Pésima
	Buena	Buena	Buena	Moderada	Mala	Pésima
	Moderada	Buena	Moderada	Moderada	Mala	Pésima
	Mala	Mala	Moderada	Moderada	Mala	Pésima
	Pésima	Moderada	Mala	Mala	Pésima	Pésima

Fuente: Ríos-Touma *et al.*, 2014



b.2. Evaluación del estado trófico de las lagunas

El estado trófico es un concepto fundamental en la gestión de los cuerpos de agua lénticos (lagos, lagunas y embalses), pues describe la relación entre la cantidad de nutrientes y el crecimiento de la materia orgánica en estos. La eutrofización es el proceso de cambio de un estado trófico a otro de nivel superior por adición de nutrientes, si bien se produce en forma natural, puede estar asociada a fuentes antropogénicas de nutrientes o actividades ganaderas (Moreno *et al.*, 2010).

La eutrofización como proceso de origen antrópico va deteriorando la calidad de los cuerpos de agua, añadiendo mayores cantidades de nutrientes que son elementos esenciales para el crecimiento de organismos, principalmente nitrógeno (N), fósforo (P) y materia orgánica (MO); lo cual enriquece en nutrientes a los sistemas acuáticos, pero limita el oxígeno (Moreno *et al.*, 2010).

Con el objetivo de conocer el estado trófico de las lagunas evaluadas, se usó un índice propuesto por Carlson (1977), el cual varía entre 0 y 100; es decir, de oligotrófico a hipereutrófico (Tabla 6-25). Este índice puede determinarse a partir de parámetros como la concentración de clorofila *a* (Clorf *a*), fósforo total (Pt) y transparencia. Las fórmulas para estimar el grado de eutrofización se muestran en la Tabla 6-26.

Tabla 6-25. Escala de valores del estado trófico en los cuerpos de agua

Estado de eutrofia	IET	Fósforo total (µg/l)	Clorofila a (µg/l)
Oligotrófico (IET < 30)	0	0,75	0,04
	10	1,5	0,12
	20	3	0,34
	30	6	0,94
Mesotrófico (30 < IET < 60)	40	12	2,6
	50	24	6,4
	60	48	20
Eutrófico (60 < IET < 90)	70	96	56
	80	192	154
	90	384	427
Hipereutrófico (90 < IET < 100)	100	768	1183

Fuente: Moreno *et al.*, 2010

Tabla 6-26. Fórmulas para estimar el estado trófico aplicando los indicadores de eutrofia

Parámetro de eutrofización	Carlson (1977; 1980)
Fósforo total (Pt) (µg/l)	$IET_{Pt} = 14,42Ln(Pt) + 4,15$
Clorofila a (Clorf a) (µg/l)	$IET_{Clorf a} = 9,81Ln(Clorf a) + 30,6$

Fuente: Moreno *et al.*, 2010

b.3. Análisis de correspondencia canónica

Para determinar la relación entre las variables ambientales (parámetros del agua y sedimentos) y la abundancia de las comunidades hidrobiológicas se realizó el análisis de correspondencia canónica (ACC) utilizando el paquete Vegan en el programa estadístico R (R Core Team 2013). Dicho análisis aportó información importante sobre el porcentaje de variabilidad de las comunidades que puede ser explicado por el efecto de las variables ambientales.

Previamente al análisis se realizó una selección de los metales totales y parámetros fisicoquímicos cumpliendo las siguientes etapas: (i) retirar los parámetros que no fueron medidos en todos los puntos de muestreo, (ii) retirar los parámetros que



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



tuvieron todos los valores por debajo del límite de cuantificación (LCC), (iii) retirar los parámetros con más del 30% de los valores por debajo del LCC, (iv) retirar los parámetros con coeficiente de variación menor al 30% y (v) retirar los parámetros que no presenten una relación importante con las comunidades hidrobiológicas evaluadas, según el especialista. Cabe resaltar que se mantuvo el valor máximo del LCC para el análisis estadístico.

c. Análisis de la temporalidad

Para identificar el efecto de la temporalidad sobre la riqueza y abundancia de cada comunidad hidrobiológica se realizaron representaciones gráficas acumuladas que constituyeron un análisis descriptivo preliminar para identificar diferencias debido a la temporalidad. Para confirmar si las diferencias fueron significativas estadísticamente, se realizó un análisis de varianza ANOVA two-way ($p < 0,05$) luego de probar los presupuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (Test de Levene).

Cuando los presupuestos fueron cumplidos y el análisis fue significativo, indicó la existencia de diferencias entre los sectores comparados. Así, surgió la necesidad de realizar comparaciones *a posteriori* todo contra todo para detectar cuáles eran esas diferencias, por lo que se realizó el Test de Tukey ($p < 0,05$). Cuando los presupuestos no fueron cumplidos y algún parámetro presentó varianzas heterogéneas se realizó una transformación de los datos con logaritmo en base 10 para homogenizar las varianzas.

Si luego de realizar la transformación, el parámetro continuó presentando varianzas heterogéneas, se realizó el análisis no paramétrico Kruskal-Wallis. Todos los análisis descritos fueron realizados en el programa STATISTICA 7.1 (StatSoft, Tulsa, OK). Cabe resaltar que esta comparación se realizó sólo para puntos en común en ambas evaluaciones. Asimismo, se realizó el análisis de la calidad ecológica de las quebradas y estado trófico de las lagunas en los puntos comunes para ambas evaluaciones.

6.4 Flora Silvestre

En los apartados siguientes se muestra información acerca de la evaluación de la flora silvestre, describiéndose las guías utilizadas, los puntos de muestreo, los parámetros y métodos de análisis, los equipos utilizados, el aseguramiento de la calidad, los criterios de comparación y el procesamiento de datos.

6.4.1 Guías utilizadas para la evaluación

Para la evaluación de flora silvestre se consideró los lineamientos establecidos en la Guía de inventario de la flora y vegetación publicada y aprobada por el Ministerio del Ambiente (Minam, 2015)³⁰. Así mismo, se utilizó la metodología de transectos denominada "punto de intersección", establecida en el Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal (Mostacedo y Fredericksen 2000) publicada por el Proyecto de Manejo Forestal Sostenible del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de Bolivia (Bolfor), siendo la más apropiada para evaluar las formaciones vegetales presentes en el área de estudio (Tabla 6-27).

³⁰ Aprobada con Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM por la Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural del Ministerio del Ambiente – MINAM. 2015. 49 pag.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 6-27. Protocolos para la evaluación de flora silvestre

Componente ambiental	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Flora silvestre	Guía de Inventario de la Flora y Vegetación	Todas	Perú	Minam	R.M. N° 059-2015-MINAM	2015
	Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal.	Todas	Bolivia	Bolfor	Mostacedo y Fredericksen	2000

6.4.2 Ubicación de puntos

Los transectos de muestreo fueron ubicados en superficies de cobertura vegetal típica del área de estudio, y en las zonas seleccionadas, las cuales fueron denominados ecosistemas frágiles (en adelante EF). Evaluándose en total 44 transectos, de los cuales: 11 transectos están ubicados en bofedales, 5 en pajonales, 9 en roquedales, 15 en formaciones vegetales asociadas a lagunas, 2 en bosque de *Polylepis* y 2 en césped (de 316 puntos/cuadrantes referenciales). (Tabla 6-28).

Es importante mencionar que la zona EF16 inicialmente se consideró como una zona de ecosistema frágil, sin embargo, pasó a ser parte del EF12 debido a que constituye una formación vegetal asociada, de tipo roquedal.

Tabla 6-28. Ubicación de los transectos para la evaluación de flora silvestre

N.º	Zona (EF)	Código T. análisis	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Formación	Descripción
			Inicio			Fin				
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)			
Microcuenca de la quebrada La Chorrera										
1	EF8	EF8-FL1b	795829	9229634	3799	795695	9229661	3791	Bofedal	Bofedal ubicado en el contorno oeste de la laguna de Lipiac.
2		EF8-FL2b	795680	9229652	3792	795963	9229871	3781	Bofedal	
3		EF8-FLr1	795984	9229614	3810	795933	9229604	3815	Roquedal	Roquedal ubicado a 100 metros al sureste de la laguna Lipiac.
4		EF8-FLr2	795919	9229604	3815	795899	9229564	3839	Roquedal	Roquedal ubicado a 70 metros al sur de la laguna Lipiac y en la ladera noroeste del cerro Hilirico.
5		EF8-FLr3	795882	9229534	3863	795865	9229509	3887	Roquedal	Roquedal ubicado a 120 metros al sur de la laguna Lipiac y en la ladera noreste del cerro Hilirico.
6		EF8-FLp1	796040	9229616	3812	796126	9229646	3812	Pajonal	Pajonal ubicado a 150 metros al suroeste de la laguna de Lipiac, en la ladera norte del cerro Hilirico.

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Zona (EF)	Código T. análisis	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Formación	Descripción
			Inicio			Fin				
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)			
7		EF8-FLp2	796155	9229656	3795	796228	9229697	3803	Pajonal	Pajonal a 200 metros al oeste de la laguna de Lipiac, en la ladera norte del cerro Hilorico.
8		EF8-FLq1	795602	9230180	3887	795553	9230183	3893	Bosque de <i>Polylepis</i>	En la parte alta del bosque reforestado de <i>Polylepis</i> al noroeste de la laguna Lipiac y al oeste del caserío de San Lorenzo de Lipiac.
9		EF8-FLq2	795545	9230044	3894	795606	9230036	3838	Bosque de <i>Polylepis</i>	En la parte media del bosque reforestado de <i>Polylepis</i> al noroeste de la laguna Lipiac y al oeste del caserío de San Lorenzo de Lipiac.
Microcuenca de la quebrada Milpo										
10		EF7-FL1L	798575	9227521	3681	798581	9227771	3683	Bofedal	Contorno de la laguna Muyoc.
11		EF7-FL2L	798544	9227785	3683	798557	9227836	3685	Bofedal	
12		EF7-FLc1	798629	9227492	3680	798726	9227572	3686	Césped	En el borde sur de la laguna de Muyoc.
13		EF7-FLc2	798779	9227597	3690	798837	9227689	3703	Césped	En el borde sureste de la laguna de Muyoc.
14	EF7	EF7-FLp1	798784	9227779	3701	798679	9227787	3686	Pajonal	En el borde noreste de la laguna de Muyoc.
15		EF7-FLp2	798605	9227841	3684	798418	9228021	3700	Pajonal	En el borde norte de la laguna de Muyoc hasta la quebrada de Muyoc.
16		EF7-FLr1	798359	9228107	3704	798260	9228031	3720	Roquedal	Roquedal a 300 metros de la laguna de Muyoc, en la quebrada de Muyoc.
17		EF7-FLr2	798500	9227411	3685	798245	9227784	3731	Roquedal	A 100 metros al oeste de la laguna de Muyoc.
18		EF6-FL1b	797466	9228189	3770	797559	9228107	3762	Bofedal	Bofedal ubicado al este de la laguna Milpo junto a la carretera.
19	EF6	EF6-FL2b	797541	9228103	3761	797445	9228107	3763	Bofedal	





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Zona (EF)	Código T. análisis	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Formación	Descripción
			Inicio			Fin				
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)			
20	EF1	EF1-FL1L	795175	9228681	3879	795137	9228791	3875	Bofedal	Contorno de la laguna La Rinconada, próximo a las instalaciones del campamento del proyecto El Galeno.
21		EF1-FL2L	795131	9228837	3874	794962	9228952	3937	Bofedal	
22	EF2	EF2-FL1L	795684	9228778	3808	795936	9228814	3799	Bofedal	Contorno de la laguna Dos colores A, próximo a las instalaciones del campamento del proyecto El Galeno.
23	EF4	EF4-FL1L	796000	9228774	3797	796160	9228454	3791	Bofedal	Contorno de la laguna Dos Colores B, próximo a las instalaciones del campamento del proyecto El Galeno.
24		EF4-FL2L	796124	9228401	3790	796362	9228304	3784	Bofedal	Contorno de la laguna Dos colores B (borde conformado por bofedal), próximo a las instalaciones del campamento del proyecto El Galeno.
25	EF3	EF3-FL1b	796531	9228130	3772	796832	9228177	3768	Bofedal	Bofedal ubicado al este de la laguna Milpo, próximo a las instalaciones del campamento del proyecto El Galeno.
26	EF5	EF5-FL1L	796869	9227810	3774	797114	9228156	3770	Bofedal	Contorno de la laguna Milpo.
Microcuenca de la quebrada Kerosene										
27	EF13	EF13-FL1b	794143	9227533	3925	794149	9227473	3921	Bofedal	Bofedal ubicado al norte del centro poblado Chamcas.
28		EF13-FL2b	794134	9227459	3919	794002	9227332	3913	Bofedal	
29	EF10	EF10-FL1L	795655	9227343	3912	795666	9227384	3915	Bofedal	Contorno de la laguna Kerosene.
30		EF10-FL2L	795663	9227333	3896	795778	9227206	3914	Bofedal	
31		EF10-FLr1	795785	9227156	3930	795680	9227123	3920	Roquedal	Roquedal ubicado a 40 metros al sur de la laguna Kerosene.
32		EF10-FLp1	795463	9227356	3945	795543	9227346	3873	Pajonal	Pajonal ubicado a 200 metros al oeste de la laguna Kerosene.



Handwritten signature and vertical text:
↑
S
A
S
M



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Zona (EF)	Código T. análisis	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Formación	Descripción
			Inicio			Fin				
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)			
33	EF14	EF14-FL1L	795384	9227316	3915	795356	9227351	3832	Bofedal	Lagunilla temporal ubicada al noreste de la garita de control (Bravo 4) del campamento minero El Galeno.
34	EF11	EF11-FL1b	795295	9227449	3830	794755	9226937	3782	Bofedal	Bofedal ubicado al sur de la garita de control (Bravo 4) del campamento minero El Galeno.
35		EF11-FL2b	794713	9226909	3780	794602	9226801	3773	Bofedal	
36	EF15	EF15-FL1L	794962	9226408	3770	794997	9226414	3885	Bofedal	Contorno de la laguna Seca, con vegetación típica de bofedal, ubicada al norte del centro poblado Chamcas.
37		EF15-FL2L	794991	9226456	3886	795044	9226362	3889	Bofedal	
Microcuenca de la quebrada Yanacocha										
38	EF12	EF12-FL1b	795421	9225664	3890	796320	9226276	3737	Bofedal	Bofedal ubicado al suroeste de la laguna Yanacocha.
39		EF12-FL2b	795382	9225672	3738	796274	9226372	3738	Bofedal	
40		EF12-FLr2	795277	9225770	3740	795237	9225862	3795	Roquedal	Roquedal ubicado a la margen derecha de la quebrada Yanacocha, al oeste de la laguna Yanacocha.
41		EF12FLr3	795327	9225950	3795	795288	9225916	3797	Roquedal	Roquedal ubicado a la margen derecha de la quebrada Yanacocha, al oeste de la laguna Yanacocha.
42	EF9	EF9-FL1L	796367	9226276	3738	796702	9226379	3740	Bofedal	Contorno de la laguna Yanacocha.
43		EF9-FL2L	796304	9226405	3742	796413	9226699	3743	Bofedal	
44		EF9-FLr1	796772	9226452	3875	796809	9226418	3797	Roquedal	Roquedal ubicado al este de la laguna Yanacocha, en la ladera sur del cerro Quinoa cucho.

6.4.3 Parámetros y métodos de análisis

Los métodos de análisis para la evaluación de la flora silvestre fueron determinados de acuerdo con la revisión de los instrumentos de gestión ambiental (IGA) y la estimación de los especialistas del OEFA.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Con el objetivo de determinar la diversidad, estructura y similitud florística de los ecosistemas frágiles seleccionados se estableció el método de transectos, denominado "punto de intersección"; además de la colecta de especímenes. Los parámetros, el método de análisis realizado por el especialista en el herbario y la cantidad de transectos evaluados se presentan en la Tabla 6-29.

Tabla 6-29. Parámetros, método de análisis y cantidad de zonas de evaluación de flora silvestre

N.º	Parámetros a evaluar	Método de análisis	Laboratorio	Cantidad de zonas de evaluación	Observaciones
1	Flora silvestre	Transectos "Puntos de intersección"	Especialista del OEFA	44 transectos (de 316 cuadrantes) en 17 ecosistemas frágiles (lagunas, bofedales y bosques), además de sus formaciones vegetales asociadas	Transectos de 50 m donde se evaluaron 100 puntos distanciados cada 50 cm. En cada punto se colocó una varilla de 2 mm de diámetro y se tomó en cuenta las especies que tuvieron contacto con la varilla y el número de veces que estas la tocaban. Para cada transecto se registró datos de pendiente, orientación, coordenadas y altitud.
		Colecta de especímenes ³¹ .		Búsqueda intensiva (colecta general) en los 17 ecosistemas frágiles y sus formaciones vegetales asociadas	Búsqueda intensiva de especímenes anotando la forma de crecimiento de cada especie (hierba, arbusto, sufrutice, etc.) y recolectando solo los especímenes en estadios de floración y fructificación. Aquellas que estaban en estadio vegetativo solo fueron registradas. Las colecciones botánicas "voucher" se realizaron cuando una especie no fue identificada y existió cualquier incertidumbre para su identificación en campo. Todo individuo colectado tuvo un duplicado y las colecciones repetidas de plantas estériles fueron usadas para distinguir confiablemente las morfoespecies ³² . Las muestras fueron prensadas y conservadas en

³¹ Las especies de las muestras colectadas fueron determinadas mediante el uso de claves especializadas como las de Macbride *et al.* (1936 y siguientes); Ferreyra (1944 y 1946); Molau (1990); Sagástegui y Leiva (1993); Tovar (1993); entre otros. Además, las determinaciones fueron corroboradas cuando fue necesario por consulta a especialistas y/o comparación con muestras del Herbario de la UNMSM y base de datos de herbarios virtuales como las del Missouri Botanical Garden (MO) y Field Museum Herbarium (F). Para el ordenamiento de especies de angiospermas se utilizó el Sistema de Clasificación del Angiosperm Phylogeny Group III (APG III) y para los pteridofitos y afines el Sistema de Clasificación propuesto por Smith *et al.* (2006).

³² Morfo-especie: Nombre eventual de una especie, basado en caracteres morfológicos.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Parámetros a evaluar	Método de análisis	Laboratorio	Cantidad de zonas de evaluación	Observaciones
					alcohol (al 70%) para su transporte al laboratorio (herbario) de Florística del Museo de Historia Natural de la UNMSM para su determinación de especies..

6.4.4 Equipos utilizados

En la Tabla 6-30 se describen los equipos empleados para la evaluación de flora silvestre en ecosistemas frágiles dentro del área de influencia del proyecto El Galeno.

Tabla 6-30. Equipos usados en la evaluación de flora silvestre

Equipos	Marca	Modelo	Serie	Código Patrimonial
Equipo de posicionamiento - GPS	Garmin	Montana 680	4HU005019	952231860270
Equipo de posicionamiento - GPS	Garmin	Montana 680	4HU005025	952231860274
Cámara fotográfica profesional digital	Canon	EOS-7D	3201001852	742208970226
Cinta métrica (wincha)	Stanley	Power Winder	34-774	Comprado
Brújula	Suunto	A-10	Equipo personal	Equipo personal
Cuadrícula métrica de 1 m ²	Equipo personal	Equipo personal	Equipo personal	Equipo personal
Tijera manual de podar	Equipo personal	Equipo personal	Equipo personal	Equipo personal

(-) No corresponde.

6.4.5 Aseguramiento de la calidad

La evaluación de flora silvestre no presentó aseguramiento de la calidad debido a la metodología de colecta.

6.4.6 Criterios de comparación

Los resultados de la evaluación de la flora silvestre fueron comparados con los resultados de los IGA de Lumina Copper S.A.C. y con estudios en ecosistemas similares cercanos al área de estudio.

6.4.7 Procesamiento de datos

En esta sección se presenta la metodología de análisis de datos, la cual consistió en la cuantificación de la información obtenida de la determinación de los indicadores biológicos, curva de acumulación de especies, especies de interés para la conservación y endémica; además del análisis multivariado de correspondencia (NMDS) y análisis de similitud morisita (clúster).

A. Índices biológicos

A continuación, se detallan los criterios de análisis utilizados:



Handwritten signature and vertical text 'Andrés' on the left margin.

**a.1. Riqueza de especies (d)**

Representa el número de especies en una unidad muestral, un número específico de individuos, área o biomasa. Si es expresada por unidad de área, es conocida como la densidad de la especie.

$$d = (S - 1) / \log N \quad (6.12)$$

Donde:

- d : Riqueza de especies o número de especies.
S : Número de especies presentes.
N : Número total de individuos presentes.

**a.2. Índice de Shannon-Wiener (H)**

El índice de Shannon-Wiener, también conocido como función Shannon-Wiener, mide la diversidad de especies mediante el uso de la Teoría de la Información (Shannon, 1948). Se emplea como indicador del comportamiento del ecosistema o la organización a la que ha llegado el ecosistema, también mide las perturbaciones o desorganización del mismo.

La diversidad específica de una comunidad depende del número de especies, que recibe el nombre de riqueza y la abundancia relativa de las especies, llamada generalmente equidad.

$$H = - \sum p_i \log^2 p_i \quad (6.13)$$

Donde:

- H : Diversidad (bits/individuo).
N : $\sum n_i$ (número total de individuos registrados en el transecto).
 p_i : n_i / N = frecuencia de ocurrencia de la especie i.

a.3. Índice de dominancia de Simpson (1-D)

Se utilizó para hallar la diversidad de las especies. Muestra la probabilidad de que 2 individuos dentro de una comunidad sean de la misma especie al ser tomados al azar.

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s (p_i)^2 \quad (6.14)$$

Donde:

- D : Índice de diversidad de Simpson.
 p_i : Proporción de individuos del taxón "i" en la comunidad.
s : El número total de especies.

El índice de Simpson da menor peso a especies raras y mayor peso a especies más comunes. El rango de valores rige desde 0 (baja diversidad) a un máximo de 1-1/s.



a.4. Equidad (E)

Mide la tendencia de las especies a presentarse de manera igualmente frecuente. Una alta equidad ocurre cuando las especies son igualmente frecuentes en la comunidad (Odum, 1972). De modo contrario, la dominancia implica que unas cuantas especies (o una sola especie) presentan un mayor número de individuos, mientras que la mayoría de las especies presentan bajo número de individuos.

La riqueza (d) y el índice de Shannon-Wiener (H') nos permiten calcular la medida de uniformidad E, expresada como la relación entre diversidad observada (H') y diversidad máxima (log2 d). Para tal efecto, la fórmula utilizada es:

$$E = \frac{H}{H_{max}} = \frac{H}{\log_2 d} \tag{6.15}$$

a.5. Índice de similitud de Jaccard

Los coeficientes de similitud se utilizaron para comparar comunidades con atributos similares. Los índices de similitud pueden ser calculados en base a datos cualitativos (presencia/ausencia) o cuantitativos (abundancia) (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

El índice de Similitud de Jaccard expresa la semejanza entre 2 muestras solo considerando la riqueza de especies. Relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas.

$$I_j = \frac{c}{a + b - c} \tag{6.16}$$

Donde:

- a : Número de especies presentes en el sitio A.
- b : Número de especies presentes en el sitio B.
- c : Número de especies presentes en ambos sitios A y B.

El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los 2 sitios tienen la misma composición de especies.

a.6. Cobertura vegetal

La cobertura de una especie, es la proporción del terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada y sirve para determinar la dominancia de las especies (Matteucci & Colma, 1982).

$$\text{Cobertura vegetal} = \frac{\text{N}^\circ \text{ toque por especie}}{\text{N}^\circ \text{ toques totales}} \times 100 \tag{6.17}$$

Los índices de diversidad, riqueza y equidad fueron obtenidos mediante la utilización del programa PAST (Versión 1.7).



Handwritten signature and vertical text on the left margin.





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

B. Curva de acumulación de especies

Una curva de acumulación de especies representa gráficamente la forma como las especies van apareciendo en las unidades de muestreo, o de acuerdo con el incremento en el número de individuos. Es por esto que en una gráfica de curvas de acumulación, el eje Y es definido por el número de especies acumuladas y el X por el número de unidades de muestreo o el incremento del número de individuos.

Cuando una curva de acumulación es asintótica indica que aunque se aumente el número de unidades de muestreo o de individuos censados, es decir, aumente el esfuerzo, no se incrementará el número de especies, por lo que tenemos un buen muestreo (Villarreal *et al.*, 2006).

Para evaluar el muestreo realizado se usó el modelo de Clench, el cual predice la riqueza total y el esfuerzo requerido para añadir un número determinado de especies a la muestra (Clench, 1979). Esto se realiza con el valor del número de especies al cual una curva de acumulación de especies alcanza la asíntota (Soberón y Llorente, 1993).

El modelo se ajusta a una regresión no lineal, con 2 parámetros, usando el algoritmo Quasi-Newton. Se utilizaron los programas EstimateS Win 8.20 y Statistica 7.

C. Especies de interés para la conservación

Para el ordenamiento de especies de angiospermas se utilizó el Sistema de Clasificación del Angiosperm Phylogeny Group III (APG III) y para los pteridofitos y afines el Sistema de Clasificación propuesto por Smith *et al.* (2006).

Para la identificación de las formaciones vegetales presentes en el área de estudio, se tomó en cuenta la fisionomía de las plantas, la cual involucra las formas de vida que predominan o son más conspicuas en las comunidades (Gonzales, 2004; Weberbauer, 1945).

Para determinar el estado de conservación de las especies registradas en el área de estudio se determinó su presencia o ausencia en 3 listas de conservación, 2 a nivel internacional (CITES y IUCN) y una a nivel nacional.

Para el nivel internacional: la lista roja de especies amenazadas del International Union for the Conservation of Nature (IUCN 2017) y los apéndices CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) en donde el Apéndice I de la convención señala las especies en peligro y los Apéndices II y III señalan las especies que están más relacionadas con la extracción y comercio (CITES 2017).

Par el nivel nacional se consideró las listas de categorización de especies amenazadas de flora silvestre para el Perú según el Decreto Supremo N° 043-2006-AG (MINAG 2006).

D. Especies endémicas

Las especies endémicas son aquellas entidades biológicas que presentan una distribución geográfica restringida a un área determinado (León *et al.*, 2007) y son un componente importante para la conservación. Para la determinación de las especies endémicas se empleó el libro rojo de las Plantas Endémicas del Perú realizado por



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing up and several illegible signatures.





León *et al.* (2007) además de literatura específica para cada grupo taxonómico cuando fue necesario.

E. Análisis multivariado (ordenamiento espacial de transectos)

El análisis multivariado (AM) es la parte de la estadística que estudia, analiza, representa e interpreta los datos que resultan de observar más de una variable estadística sobre una muestra de individuos. Las variables observables deben ser homogéneas y correlacionadas, sin que alguna predomine sobre las demás.

La información estadística en el análisis multivariado es de carácter multidimensional, por lo tanto, la geometría, el cálculo matricial y las distribuciones multivariantes juegan un papel fundamental (Cuadras, M C. 2014). Entre ellas, el análisis multidimensional no métrico (NMDS) y los dendogramas (análisis de clúster).

El Análisis multidimensional no métrico, es una técnica que nos permite representar las categorías de 2 o más variables cualitativas en un espacio de pequeñas dimensiones, donde se busca resumir la información aportada por las variables cuantitativas. Los resultados de este análisis son presentados gráficamente sobre ejes de coordenadas, lo cual aporta una gran ayuda a la interpretación de los resultados de similitud (De la Fuente, S., 2011).

En este sentido, se realizó el análisis de NMDS con los datos de las especies registradas en los transectos, haciendo uso del programa estadístico R (R Core Team 2013). La finalidad de utilizar este estadístico es ordenar los transectos en un plano espacial, donde se presente la ubicación de las zonas evaluadas (ecosistemas frágiles y sus formaciones vegetales asociadas) dentro del proyecto El Galeno. De este modo, se podría diferenciar claramente la similitud entre transectos, de acuerdo con la presencia, ausencia y abundancia de las especies, los cuales permitieron definir el tipo de formación vegetal tomando en cuenta la zona (ecosistema frágil) en el que normalmente se desarrollan (bofedales, lagunas, bosques relictos).

Adicionalmente, se realizó el análisis de similitud morisita (clúster) en el programa estadístico R (R Core Team 2013). Este análisis constituye la diferencia total en la abundancia de especies entre 2 sitios, dividido para la abundancia total en cada uno.

6.5 Fauna Silvestre

A continuación, se proporciona la información relacionada con la metodología de evaluación de fauna silvestre y aspectos relacionados con el análisis de los resultados obtenidos posterior a dicha evaluación.

6.5.1 Guías utilizadas para la evaluación

Para la evaluación de la fauna silvestre se realizó con los lineamientos establecidos en la Guía de inventario de la fauna silvestre publicada y aprobada por el Ministerio del Ambiente (Minam, 2015)³³ así como guías o manuales nacionales e internacionales para cada uno de los componentes evaluados.

La Tabla 6-31 presenta los detalles del procedimiento estandarizado para la evaluación de fauna silvestre.

³³ Aprobada con Resolución Ministerial N° 057-2015-MINAM por la Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural del Ministerio del Ambiente – MINAM. 2015. 83 pag.





Tabla 6-31. Manuales referenciales para la evaluación de fauna silvestre

Componente Ambiental	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Anfibios y Reptiles	Guía de inventario de la fauna silvestre	Capítulo 5	Perú	Minam	R.M. N° 057-2015-MINAM	2015
	Phylogeny and biogeography of a large radiation of Andean lizards (Iguania, Stenocercus)	Todas (311-326 p)	Sudamérica	Zoológica Scripta, 36(4)	Torres-Carvajal, O	2007
	Lista preliminar de los anfibios del Perú.	Todas (1-22 p)	Perú	Museo de Historia Natural. UNMSM	Rodríguez, L. B.; Córdova, J. H. E Icochea, J.	1993
	Terrestrial breeding frogs (Strabomantidae) in Peru	Todas (382 p)	Perú	NTV Science. Germany	Duellman W. E. y Lehr, E.	2009
Aves	Guía de inventario de la fauna silvestre	Capítulo 6	Perú	Minam	R.M. N° 057-2015-MINAM	2015
	Field Guide Bird of Peru, Revised and Updated Edition	Todas	Perú	Princeton University Press	Thomas S. Schulenberg, Douglas F. Stotz, Daniel F. Lane, John P. O'Neill & Theodore A. Parker III	2010
Mamíferos	Guía de inventario de la fauna silvestre	Capítulo 4	Perú	Minam	R.M. N° 057-2015-MINAM	2015
	Manual de fototrampeo	Todo	Colombia	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	-	2012

(-) No aplica.

6.5.2 Ubicación de puntos

La ubicación de los puntos de evaluación de la fauna silvestre fue establecida en los ecosistemas frágiles (bofedales, lagunas y bosque de *Polylepis*) y hábitats asociados (pajonal, césped, quebrada y roquedal). A continuación, se detallan los puntos de evaluación para cada componente de la fauna silvestre: anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

a. Anfibios y Reptiles

En el área de estudio se realizaron un total de 48 puntos de evaluaciones mediante la metodología de búsqueda por encuentro visual (VES, por sus siglas en inglés) en los ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas) y hábitats aledaños (pajonal, roquedal y césped). Las coordenadas y descripción de los puntos de evaluación se detallan en la Tabla 6- 32 y Anexo H.1.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Tabla 6-32. Ubicación de los puntos de búsqueda por encuentro visual (VES)

N.º	Ecosistema frágil (EF)	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M						Descripción
			Inicio		Altitud (m s.n.m.)	Final		Altitud (m s.n.m.)	
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)		
Microcuenca de la quebrada La Chorrera									
1	EF8	HE-V1	795725	9230053	3821	795663	9230102	3835	Roquedal ubicado en el contorno de la laguna Lipiac.
2		HE-V2	795669	9230135	3860	795593	9230133	3869	
3		HE-V3	795548	9230142	3879	795461	9230155	3897	
4		HE-V4	795707	9229731	3775	795771	9229773	3775	Bofedal ubicado en el contorno de la laguna Lipiac.
5		HE-V5	795769	9229738	3786	795806	9229670	3791	Bofedal ubicado en el contorno de la laguna Lipiac.
6		HE-V6	795836	9229640	3777	795909	9229600	3781	Roquedal ubicado en el contorno de la laguna Lipiac.
7		HE-V7	795941	9229599	3782	796037	9229589	3793	Roquedal ubicado en el contorno de la laguna Lipiac.
8		HE-V8	796051	9229768	3788	796090	9229684	3803	Pajonal ubicado en el contorno de la laguna Lipiac.
9		HE-V9	796054	9229804	3783	796169	9229807	3781	Bofedal ubicado en el contorno de la laguna Lipiac.
10		HE-V10	796128	9229715	3793	796204	9229738	3787	Pajonal ubicado en el contorno de la laguna Lipiac.
11		HE-V11	796184	9229677	3807	796183	9229594	3834	
12		HE-V12	796256	9229579	3842	796182	9229554	3848	
Microcuenca de la quebrada Milpo									
13	EF7	HE-V13	798711	9227768	3703	798643	9227802	3696	Pajonal ubicado en el contorno de la laguna Muyoc.
14		HE-V14	798597	9227893	3690	798503	9227942	3693	
15		HE-V15	798311	9228024	3712	798315	9227954	3720	Roquedal ubicado en el contorno de la laguna Muyoc.
16		HE-V16	798254	9227813	3722	798290	9227745	3717	
17		HE-V17	798755	9227904	3718	798754	9227990	3729	
18		HE-V18	798729	9228052	3727	798661	9228131	3717	
19		HE-V19	798496	9227770	3690	798477	9227675	3690	Borde de la laguna Muyoc.
20		HE-V20	798791	9227615	3694	798806	9227710	3699	Césped, ubicado en el contorno de la laguna Muyoc.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Ecosistema frágil (EF)	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M						Descripción
			Inicio		Altitud (m s.n.m.)	Final		Altitud (m s.n.m.)	
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)		
21	EF1	HE-V37	795169	9228754	3878	795182	9228849	3884	Contorno de la laguna La Rinconada.
22		HE-V38	795171	9228905	3880	795106	9228979	3876	
23		HE-V39	795320	9228861	3853	795432	9228827	3846	Pajonal ubicado en el contorno de la laguna La Rinconada.
24		HE-V40	795520	9228809	3840	795602	9228811	3828	Pajonal ubicado en el contorno de la laguna Dos Colores A (lado oeste).
25	EF2	HE-V41	795694	9228832	3806	795774	9228891	3806	Contorno de la laguna Dos Colores A (lado oeste).
26		HE-V42	795830	9228891	3808	795927	9228831	3800	
27		HE-V43	795976	9228850	3810	796009	9228944	3801	Pajonal ubicado en el contorno de la laguna Dos Colores B (lado este).
28		HE-V44	796093	9228992	3802	796177	9228982	3803	
29	EF4	HE-V45	796328	9228744	3800	796348	9228636	3803	Bofedal ubicado en el contorno de la laguna Dos Colores B (lado este).
30	EF3	HE-V46	796623	9228143	3772	796700	9228075	3769	
31	EF5	HE-V47	796919	9228186	3768	797031	9228173	3768	Contorno de la laguna Milpo.
32		HE-V48	797094	9228162	3769	797205	9228127	3773	
Microcuena de la quebrada Kerosene									
33	EF10	HE-V21	795925	9227430	3941	795865	9227422	3920	Pajonal ubicado en el contorno de la laguna Kerosene.
34		HE-V22	795817	9227409	3915	795737	9227410	3912	
35		HE-V23	795695	9227335	3895	795791	9227291	3893	Contorno de la laguna Kerosene.
36		HE-V24	795644	9227303	3889	795694	9227205	3887	
37	EF11	HE-V25	795242	9227358	3818	795173	9227286	3811	Bofedal ubicado en el contorno de la quebrada Kerosene.
38		HE-V33	795124	9227237	3801	795051	9227149	3795	
39		HE-V34	794993	9227125	3791	794943	9227070	3788	
40	EF13	HE-V35	794094	9227685	3953	794080	9227593	3941	Pajonal ubicado en el contorno del bofedal Guagayoc.
41		HE-V36	794208	9227572	3928	794180	9227464	3920	
Microcuena de la quebrada Yanacocha									
42	EF9	HE-V27	796335	9226433	3721	796402	9226554	3726	Contorno de la



R
 S
 4
 4
 R



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Ecosistema frágil (EF)	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M						Descripción
			Inicio		Altitud (m s.n.m.)	Final		Altitud (m s.n.m.)	
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)		
									laguna Yanacocha.
43	EF12	HE-V26	795938	9226172	3731	796033	9226198	3733	Bofedal ubicado en el contorno de la laguna Yanacocha.
44		HE-V28	796015	9226348	3759	795938	9226303	3759	Pajonal ubicado en el contorno de la laguna Yanacocha.
45		HE-V29	795873	9226276	3760	795807	9226216	3754	Roquedal ubicado en el contorno del bofedal Yanacocha.
46		HE-V30	795272	9225784	3736	795305	9225829	3749	
47		HE-V31	795326	9225878	3760	795384	9225917	3752	
48		HE-V32	795415	9225951	3762	795472	9225998	3758	

Asimismo, se realizaron un total de 12 transectos en hábitats acuáticos de los ecosistemas frágiles (bofedales) y quebradas. Las coordenadas de ubicación y descripción de los puntos de evaluación se detallan en la Tabla 6-33 y en el Anexo H.1.

Tabla 6-33. Ubicación de los transectos en hábitats acuáticos realizados para la evaluación de los anfibios y reptiles

N.º	Ecosistema frágil (EF)	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M						Descripción
			Inicio		Altitud (m s.n.m.)	Final		Altitud (m s.n.m.)	
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)		
Microcuenca de la quebrada La Chorrera									
1	EF8	HE-T1	795549	9229699	3776	795650	9229723	3777	Bofedal ubicado en el contorno de la laguna Lipiac.
2		HE-T2	795948	9229724	3781	795995	9229808	3781	
Microcuenca de la quebrada Yanacocha									
3	EF12	HE-T6	795793	9226115	3730	795889	9226144	3729	Bofedal ubicado en el contorno de la laguna Yanacocha.
4		HE-T7	796083	9226213	3735	796171	9226258	3737	
Microcuenca de la quebrada Kerosene									
5	EF11	HE-T5	795339	9227397	3820	795273	9227377	3819	Bofedal ubicado en el contorno de la quebrada Kerosene.
6		HE-T8	794886	9226995	3783	794797	9226954	3781	
7	EF13	HE-T9	794044	9227393	3914	794009	9227308	3914	Bofedal Guagayoc.
Microcuenca de la quebrada Milpo									
8	EF7	HE-T3	798537	9227471	3682	798565	9227375	3671	Quebrada mediana, en el contorno de la laguna Muyoc.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Ecosistema frágil (EF)	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M						Descripción
			Inicio		Altitud (m s.n.m.)	Final		Altitud (m s.n.m.)	
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)		
9		HE-T4	798861	9227527	3712	798796	9227579	3688	Quebrada pequeña, en el contorno de la laguna Muyoc.
10	EF2	HE-T10	796178	9228945	3799	796259	9228894	3801	Bofedal ubicado en el contorno de la laguna Dos Colores B.
11	EF4	HE-T11	796154	9228404	3796	796191	9228316	3795	Bofedal ubicado en el contorno de la laguna Milpo.
12	EF3	HE-T12	796449	9228167	3776	796536	9228151	3771	

b. Aves

En el área de estudio se distribuyeron en total 29 transectos lineales en los ecosistemas frágiles (bofedales, bosque de *Polylepis*) y en los hábitats asociados (pajonal, césped y roquedal). Las coordenadas de ubicación y descripción de los transectos se encuentran en la Tabla 6-34 y en el Anexo H.1.

Tabla 6-34. Ubicación de los transectos lineales realizados para la evaluación de aves

N.º	Ecosistema frágil (EF)	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M			Altitud (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Hábitat	Descripción
			Inicio		Final						
			Este (m)	Norte (m)	Este (m)		Norte (m)				
Microcuenca de la quebrada La Chorrera											
1	EF8	AV2	795772	9229729	3783	795796	9229632	3776	Bofedal	Bofedal aledaño a la laguna Lipiac, ubicado al oeste de esta laguna.	
2		AV3	795943	9229671	3801	796152	9229917	3780	Bofedal	Bofedal aledaño a la laguna Lipiac, ubicado al noreste de esta laguna.	
3		AV4	796152	9229917	3780	795643	9229971	3802	Bofedal		
4		AV5	795643	9229971	3802	795258	9230147	3933	Bosque de <i>Polylepis</i>	Bosque de <i>Polylepis</i> ubicado al noroeste de la laguna Lipiac.	
5		AV6	795258	9230147	3933	795811	9230111	3833	Bosque de <i>Polylepis</i>		
6		AV7	796023	9229718	3784	796453	9229547	3886	Pajonal	Pajonal ubicado al sureste de la laguna Lipiac.	
7		AV8	796453	9229547	3886	796184	9229595	3823	Pajonal		
8		AV9	796186	9229600	3854	795817	9229598	3814	Roquedal	Roquedal ubicado al sur de la laguna Lipiac.	



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Ecosistema frágil (EF)	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Hábitat	Descripción
			Inicio			Final				
			Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)				
Microcuenca de la quebrada La Chorrera										
Microcuenca de la quebrada Milpo										
9	EF1	AV11	795178	9228734	3863	794909	9228968	3917	Pajonal	Pajonal ubicado al lado noreste de la laguna La Rinconada.
10	EF2	AV12	795257	9228888	3865	795763	9228742	3894	Pajonal	Pajonal ubicado entre la laguna La Rinconada y Laguna Dos colores A.
11	EF4	AV15	795936	9228802	3743	796066	9228541	3786	Bofedal	Bofedal ubicado al suroeste de la laguna Dos Colores B.
12		AV16	796066	9228541	3786	796140	9228513	3793	Bofedal	
13	EF3	AV17	796386	9228275	3778	796810	9228197	3770	Bofedal	Bofedal ubicado al noroeste de la laguna Milpo.
14		AV20	798568	9227799	3678	798394	9228313	3699	Pajonal	Pajonal ubicado al norte de la laguna Muyoc.
15	EF7	AV21	798432	9228447	3710	798647	9228257	3730	Roquedal	Roquedal ubicado al noreste de la laguna Muyoc.
16		AV22	798647	9228257	3730	798824	9227753	3699	Roquedal	
17		AV23	798414	9227430	3707	798220	9227815	3736	Roquedal	Roquedal ubicado al oeste de la laguna Muyoc.
18		AV24	798702	9227516	3705	798727	9227391	3702	Césped	Césped ubicado al sureste de la laguna Muyoc.
Microcuenca de la quebrada Kerosene										
19	EF10	AV26	795953	9227408	3953	795576	9227637	3892	Pajonal	Pajonal ubicado al norte de la laguna Kerosene.
20		AV27	795483	9227699	3884	795596	9227190	3887	Pajonal	Pajonal ubicado al noroeste de la laguna Kerosene.
21	EF11	AV28	795352	9227389	3860	795050	9227152	3795	Bofedal	Bofedal ubicado al oeste de la laguna Kerosene.
22		AV29	795050	9227152	3795	794578	9226802	3768	Bofedal	
23	EF13	AV30	794087	9227696	3972	794289	9227322	3943	Pajonal	Pajonal ubicado en Guagayoc.
24		AV31	794248	9227479	3932	794109	9227320	3916	Bofedal	Bofedal ubicado en



Rosa María...



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Ecosistema frágil (EF)	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Hábitat	Descripción
			Inicio			Final				
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)			
Microcuenca de la quebrada La Chorrera										
										Guagayoc, al norte del caserío Chamcas.
Microcuenca de la quebrada Yanacochoa										
25	EF12	AV33	796365	9226451	3739	795945	9226214	3736	Bofedal	Bofedal ubicado a lo largo de la quebrada Yanacochoa, al suroeste de la laguna Yanacochoa.
26		AV34	795855	9226168	3730	795495	9225759	3703	Bofedal	
27		AV35	795132	9225540	3688	795420	9225902	3728	Roquedal	Roquedal ubicado en la margen derecha de la quebrada Yanacochoa.
28		AV36	795420	9225902	3728	795854	9226213	3734	Roquedal	
29		AV37	795874	9226267	3744	796280	9226556	3769	Pajonal	Pajonal ubicado en la margen derecha de la quebrada Yanacochoa.

Asimismo, en el área de estudio se evaluaron 8 puntos de evaluación que corresponden a las lagunas evaluadas por conteo totales. Las coordenadas de ubicación de los puntos de evaluación se encuentran en la Tabla 6-35 y en el Anexo H.1.

Tabla 6-35. Ubicación de las lagunas evaluadas por conteos totales para evaluación de aves

N.º	Ecosistema frágil (EF)	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m .n.m.)	Hábitat	Descripción
			Inicio			Final				
			Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)			
Microcuenca de la quebrada La Chorrera										
1	EF8	AV1	795883	9229624	3781	795883	9229624	3781	Laguna	Laguna Lipiac.
Microcuenca de la quebrada Milpo										
2	EF1	AV10	795178	9228734	3863	795178	9228734	3863	Laguna	Laguna La Rinconada.
3	EF2	AV13	795690	9228771	3804	795942	9228765	3807	Laguna	Laguna Dos Colores A (lado oeste).
4	EF4	AV14	796028	9228868	3768	796028	9228868	3768	Laguna	Laguna Dos Colores B (lado este).
5	EF5	AV18	796914	9228190	3765	797260	9228050	3769	Laguna	Laguna Milpo.
6	EF7	AV19	798591	9227551	3730	798555	9227808	3671	Laguna	Laguna Muyoc.
Microcuenca de la quebrada Kerosene										
7	EF10	AV25	795683	9227214	3890	795756	9227312	3883	Laguna	Laguna Kerosene.
Microcuenca de la quebrada Yanacochoa										
8	EF9	AV32	796376	9226619	3742	795178	9228734	3863	Laguna	Laguna Yanacochoa.



Además, se instalaron 13 redes de niebla, distribuidas en EF 8 (3), EF 7 (6) y EF 12 (4). Las coordenadas de ubicación de los puntos de instalación de las redes de niebla se detallan en la Tabla 6-36 y en el Anexo H.1.

Tabla 6-36. Ubicación de puntos de instalación de redes de niebla para evaluación de aves

N.º	Ecosistema frágil (EF)	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
Microcuenca de la quebrada La Chorrera						
1	EF8	Red 1	796117	9229687	3801	Instalada en el hábitat pajonal próximo a la laguna Lipiac.
2		Red 2	795999	9229726	3780	Instalada en el borde pajonal con bofedal próximo a la laguna Lipiac.
3		Red 3	796033	9229837	3778	Instalada en el hábitat bofedal próximo a la laguna Lipiac.
Microcuenca de la quebrada Milpo						
4	EF7	Red 1	798306	9227425	3694	Instaladas en vegetación asociada a roquedal al oeste de la laguna Muyoc.
5		Red 2	798398	9227406	3698	
6		Red 3	798382	9227421	3702	
7		Red 4	798379	9227472	3693	
8		Red 5	798379	9227472	3693	
9		Red 6	798381	9227499	3683	
Microcuenca de la quebrada Yanacochoa						
10	EF12	Red 1	795507	9225943	3730	Instaladas en vegetación asociada a roquedal en la margen derecha de la quebrada Yanacochoa.
11		Red 2	795257	9225762	3756	
12		Red 3	795257	9225762	3756	
13		Red 4	795298	9225767	3758	

c. **Mamíferos**

Para documentar la diversidad de mamíferos en el área de estudio, se instalaron 10 cámaras trampa (Tabla 6-37) y se recorrieron 9 transectos para el censo de mamíferos silvestres (Tabla 6-38).

Las cámaras permanecieron activas por 12 días, fueron ubicadas entre los 0,5m-1 m de altura y permanecieron fijadas en rocas, matorrales y árboles de delgado fuste; en todos estos casos las cámaras permanecieron con una posición contraria a la salida y ocaso del sol (Anexo H.1).

Tabla 6-37. Ubicación de los sitios de instalación de las cámaras trampa para la evaluación de mamíferos

N.º	Ecosistema frágil (EF)	Cámaras Trampa	Coordenadas UTM WGS84 – zona 17M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
1	EF8	Galeno-01	796088	9229435	3935	Cámara ubicada en la naciente de una quebrada en el cerro Lipiac, suelo completamente pedregoso, recubierto por una gruesa capa de materia orgánica, la vegetación es achaparrada y en el sitio se observan al menos 10 individuos de <i>Polylepis</i> .
2		Galeno-02	794762	9229468	3937	Cámara instalada en una cueva del cerro Lipiac, esta cueva está a media cima del cerro, el suelo polvoriento, donde se observan



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Ecosistema frágil (EF)	Cámaras Trampa	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
			WGS84 – zona 17M			
			Este (m)	Norte (m)		
						abundante huellas de venado cola blanca (<i>Odocoileus peruvianus</i>).
3		Galeno-03	794935	9229567	3876	Cámara instalada en un roquedal del cerro Lipiac, la cámara está dirigido a un camino de mamíferos silvestres, en ella se observan huellas y heces de venado cola blanca (<i>Odocoileus peruvianus</i>) y zorro (<i>Lycalopex culpaeus</i>).
4		Galeno-04	798210	9227756	3729	Cámara instalada en un parche de matorral cercano a la laguna Muyoc, el suelo es negruzco entremezclado con piedras, suelo cubierto por diferentes herbáceas, la vegetación presenta una altura aproximada de 6m.
5	EF7	Galeno-05	799047	9228271	3869	Cámara instalada en un roquedal en la cima del cerro las cucharas, el suelo completamente pedregoso, la vegetación compuesto principalmente por ichu (<i>Stipa ichu</i>). En esta área hay mucho pastoreo de ganado domestico.
6		Galeno-06	798661	9227904	3695	Cámara ubicada a más o menos 300m de la laguna Muyoc, en un matorral, en el sitio se observan rastros de alimentación de zorrino (<i>Conepatus semistriatus</i>) y heces de zorro (<i>Lycalopex culpaeus</i>), la cámara está instalado a más o menos 70cm del suelo en un árbol de delgado fuste.
7	EF9	Galeno-07	795349	9226072	3857	cámara instalada en el roquedal Peñas grandes, suelo completamente rocoso cubierto por una gruesa capa de materia orgánica, musgo y paja, la vegetación dominante lo constituye un arbusto conocido localmente como campanilla, muchos de ellos con flores y fruto.
8		Galeno-08	796482	9226699	3763	Margen izquierda de laguna Yanacocha, en un parche de bosque de <i>Polylepis</i> , la cámara está dirigida a un claro en la margen derecha de la laguna.
9	EF10	Galeno-09	795881	9227027	4001	Cámara instalada en la parte alta de la laguna Kerosene, la cámara está dirigida a una cueva, donde se observan huellas y heces de zorro (<i>Lycalopex culpaeus</i>) la cueva está ubicada en un pajonal y está rodeado de matorrales y pequeños arbolitos del género <i>Polylepis</i> .
10	EF13	Galeno-10	794134	9227764	3990	Pajonal en la parte alta del bofedal Guagayoc, cámara dirigida a una pequeña cueva donde se observan huellas y heces de mamíferos silvestres, la cueva está recubierta de matorrales de más o menos un metro de alto, suelo polvoriento entremezclado con piedras.



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Las cámaras permanecieron activas por 12 días, fueron ubicadas entre los 0,5 m y un metro de altura y permanecieron fijadas en rocas, matorrales y árboles de delgado fuste, en todos estos casos las cámaras permanecieron con una posición contraria a la salida y ocaso del sol.

Tabla 6-38. Ubicación de los transectos evaluados para los censos de mamíferos

N.º	EF	Coordenadas del Transecto						DR	Descripción
		Inicio			Final				
		Este (m)	Norte (m)	Altitud (m s.n.m.)	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m s.n.m.)		
1	EF8	796320	9229757	3784	796084	9229407	3987	430 m	Ubicado en el borde derecho del bofedal que nace en la desembocadura de la laguna Lipiac. Este transecto se inicia en un pajonal a 3784 m.s.n.m, donde la vegetación dominante es el ichu (<i>Stipa ichu</i>) y pasa algunos parches de matorrales de más o menos 2m de alto, donde predomina un arbusto conocido localmente como campanilla, finalmente el transecto termina en la naciente de una quebrada a 3987 m s.n.m, donde la vegetación se entremezcla entre vegetación arbustiva y algunos individuos de delgado fuste de queñua (<i>Polylepis</i> sp). En este sector se encontraron heces frescas de venado de cola blanca (<i>Odocoileus peruvianus</i>).
2		796111	9229703	3779	794749	9229435	3932	1,36 km	Se inicia a 200 m del margen izquierdo de la laguna Lipiac a 3779 m s.n.m. En este sector la vegetación está dominada por un pajonal denso, suelo hidromorfo. El transecto recorre una carretera de acceso a la laguna Lipiac donde se observan huellas de venado cola blanca (<i>Odocoileus peruvianus</i>). El transecto llega a su final en un roquedal ubicado a 3932 m s.n.m.
3		796072	9229572	3826	795832	9229632	3784	250 m	Ubicado a 50m margen derecha de la laguna Lipiac, se inicia a 3826 m s.n.m, en un intermedio de roquedal y pajonal, la vegetación dominante de la parte de pajonal es el ichu, (<i>Stipa ichu</i>), en ciertas partes entremezclado con



Handwritten signature and initials in blue ink.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	EF	Coordenadas del Transecto						DR	Descripción
		Inicio			Final				
		Este (m)	Norte (m)	Altitud (m s.n.m.)	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m s.n.m.)		
									arbustos de campanilla. En la parte del roquedal se encuentran algunos parches de matorrales, especialmente en las partes planas donde se concentra materia orgánica. El transecto llega a su fin a los 3784 m s.n.m. En este sector se encontró heces de roedores pequeños no identificados.
4		798530	9227524	3682	798041	9228001	3741	686 m	Ubicado en la jurisdicción del centro poblado santa Rosa de Milpo, el transecto corre por la parte derecha de la laguna Muyoc, en un parche de bosque de más o menos 500 m y presentaba arboles con una altura de 2 m entremezclado con matorrales densos donde el suelo es negruzco. Por el área se observan heces y huellas de ganado doméstico.
5	EF7	798634	9227493	3685	799096	9227534	3772	476 m	Se inicia por el margen izquierdo de la laguna Muyoc, el transecto se inicia en un césped a 3685 m s.n.m. y se dirige hacia la cima del cerro el Pique, en el transcurso del transecto encontramos matorrales densos, en partes entremezclados con ichu (<i>Stipa ichu</i>), finalmente en la cima del cerro encontramos que la vegetación era dominada íntegramente por ichu (<i>Stipa ichu</i>). En este sector se observan rastros de ganado doméstico.
6	EF9	795359	9225855	3724	796085	9226332	3747	870 km	Ubicado en la jurisdicción del centro poblado Chamcas, el transecto se inicia en la vía de acceso a la laguna Yanacocha a 3724 m s.n.m. donde la vegetación es un matorral denso y el suelo es pedregoso, el transecto se dirige hacia la parte alta del cerro Peña Grande. En esta parte del transecto la vegetación es matorral denso, los tallos de los arbolitos están recubiertos por una gruesa capa de musgo.



Handwritten signature and initials in blue ink.





«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	EF	Coordenadas del Transecto						DR	Descripción
		Inicio		Altitud (m s.n.m.)	Final		Altitud (m s.n.m.)		
		Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)			
7		795835	9227559	3946	79581	9227027	4010	538 m	Ubicado en la jurisdicción del centro poblado Chamcas, parte alta de la laguna Kerosene, donde la vegetación dominante es pajonal, en ciertas partes se observan algunos individuos de queñua (<i>Polylepis</i> sp).
8	EF10	794442	9226692	3759	795198	9227255	3805	1000m	El transecto se inicia al borde del bofedal Kerosene, donde la vegetación dominante es un pajonal, en el área se observan rastros de animales domésticos.
9		794082	9227648	4031	797240	9228031	3777	200m	Ubicado en la parte alta del bofedal de Guagayoc, el transecto se inicia en un pajonal denso, donde el suelo es pedregoso y se dirige hacia la parte alta del cerro, el transecto transcurre entre pequeños parches de matorrales de más o menos un metro de alto.

(EF) Ecosistema frágil
(DR) Distancia recorrida

6.5.3 Parámetros y métodos de análisis

Los métodos de análisis para la evaluación de la fauna silvestre fueron determinados de acuerdo con la revisión de los instrumentos de gestión ambiental (IGA) y la estimación de los especialistas del OEFA.

Los parámetros evaluados, el método de análisis realizado y la cantidad de puntos o zonas de muestreo evaluados para la fauna silvestre se presentan en la Tabla 6-39.

Tabla 6-39. Parámetros, método de análisis y cantidad de zonas de evaluación para fauna silvestre

N.º	Parámetros a evaluar	Método de análisis	Laboratorio	Cantidad de zonas de evaluación	Observaciones
1	Anfibios y reptiles	Búsqueda por encuentro visual "Visual Encounter Survey (VES)"	Especialista del OEFA	48 VES en 12 zonas de ecosistemas frágiles	Búsqueda intensiva de anfibios y reptiles a través de caminatas aleatorias por 30 minutos en el sustrato, vegetación, refugio (debajo de rocas, piedras y/o vegetación). Distancia mínima entre cada VES de 50 metros, tomando los tiempos de inicio y final, coordenadas, condiciones climáticas y aspectos fisiológicos de los individuos encontrados.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Parámetros a evaluar	Método de análisis	Laboratorio	Cantidad de zonas de evaluación	Observaciones
		Transectos de hábitats acuáticos		12 transectos en hábitats acuáticos en 8 zonas de ecosistemas frágiles	El tiempo de evaluación fue de 45 minutos a 1 hora. En cada transecto se registraron datos de campo como: coordenadas, altitud, características de hábitat. Adicionalmente se fotografiaron los individuos capturados, y tomaron datos de sexo, estadio de desarrollo y medidas morfológicas.
		Registros oportunistas		5 registros oportunistas en las zonas de ecosistemas frágiles EF8 y EF12	Realizado fuera de las unidades de muestreo como VES o transectos (registros de otros especialistas, animales muertos, entre otras).
		Colecta de especímenes ³⁴		9 zonas de coleta: 7 VES en 4 zonas de ecosistemas frágiles y 2 transectos en hábitats acuáticos en 2 zonas de ecosistemas frágiles	Colecta de especímenes de anfibios y reptiles mínima (2 individuos por especie). Los especímenes colectados fueron preservados en formol al 10% y depositados en la colección científica del departamento de Herpetología del Museo de Historia Natural de la UNMSM.
2	Aves ³⁵	Transectos lineales (TL)	Especialista del OEFA	29 transectos lineales en 10 zonas de ecosistemas frágiles	Transectos de longitud de 0.5 km subdivididos cada 100 metros con un ancho de banda variable (máximo de 100 metros al transecto lineal) y evaluados en la mañana (8:30 am a 12:00 pm) y en la tarde (2:00 pm a 4:00 pm) por las constantes lluvias. Registro de especies ³⁶ de forma visual o auditiva, anotando el número de individuos, algunas observaciones ecológicas (hábitat y registros reproductivos), entre otros datos.
		Conteos directos totales (CT)		8 conteos totales en 7 lagunas (laguna Dos Colores fue	La metodología de conteos directos totales consistió en contar los individuos por especie directamente o subdividir la laguna



Handwritten signature and vertical text on the left margin.

³⁴ Para la determinación taxonómica de las especies de anfibios y reptiles se utilizaron claves taxonómicas especializadas (Peters y Donoso-Barros, 1970; Rodríguez *et al.*, 1993), descripciones científicas, bases de datos internacionales, así como colecciones científicas de referencia (Departamento de Herpetología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Museo de Historia Natural de San Antonio Abad del Cusco y otros). Para la clasificación taxonómica, respecto a los anfibios se siguió la taxonomía utilizada por Frost (2017) y en cuanto a los reptiles la taxonomía usada por Uetz *et al.* (2017).

³⁵ El listado de las aves siguió la clasificación taxonómica de la lista de aves de Perú (Plenge 2018).

³⁶ Para ilustrar y confirmar con mayor certeza el registro de algunas especies bastantes crípticas, muy esquivas y difícil de observar, se usó las técnicas de fotografía cuando se observaba un ave a distancia cercana en los recorridos de los transectos o en los conteos directos, se fotografiaba si se encontraba dentro de un rango de alcance de un lente teleobjetivo de 250 mm, para lo cual se utilizó una cámara profesional EOS MARK II.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Parámetros a evaluar	Método de análisis	Laboratorio	Cantidad de zonas de evaluación	Observaciones
				dividida en 2 zonas)	en sub-muestras para hacer el conteo de individuos. El conteo se realizó desde la parte alta y/o alrededor de las orillas por caminatas o en algún punto definido (cuando los bordes no permitieron el recorrido).
		Redes de niebla		3 zonas de ecosistemas frágiles (EF) distribuidos en: 3 redes de niebla en EF8, 6 en EF7 y 4 en EF12	Uso en total de 6 redes de niebla estándar de 12 x 2,5 metros instaladas de 9:30 am a 2:00 pm por las condiciones climáticas adversas. Las redes fueron revisadas cada 30 minutos y las aves capturadas fueron colocadas en bolsas de tela.
3	Mamíferos ³⁷	Censos por transecto	Especialista del OEFA	9 transectos lineales en 3 zonas de ecosistemas frágiles	El registro se realizó de ida de 09:30 am a 03:00 pm y consistió en recorrer los transectos a una velocidad promedio de 1,0 km/hora con paradas cada 10 minutos para detectar observaciones directas e indirectas como rastros (huellas, madrigueras, caminos, despojos, heces, emanación de sustancias odoríferas, y osamentas) u otras evidencias de presencia de mamíferos silvestres. Para complementar la información para la lista base de especies se hicieron entrevistas no estructuradas a los apoyos locales durante los censos de mamíferos silvestres y se recopiló información de avistamientos de fauna silvestre por investigadores de las otras áreas temáticas que detectaron mamíferos silvestres durante la ejecución de los trabajos de campo.



Handwritten signature and initials in blue ink.

37

Para la determinación taxonómica de las especies de mamíferos silvestres se utilizó información taxonómica especialidad indicado por Eisenberg F., Redford H. 1999. Mammals of the Neotropics, the Central Neotropics, Vol. 3. The University of Chicago Press, Chicago and London 609 pp.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

N.º	Parámetros a evaluar	Método de análisis	Laboratorio	Cantidad de zonas de evaluación	Observaciones
		Fototrampeo por cámaras trampa ³⁸		10 cámaras trampa en 5 zonas de ecosistemas frágiles	Las cámaras trampa estuvieron operativas las 24 horas del día y fueron programadas para tomar una foto seguida de un video de 10 segundos con periodos de espera de 2 segundos (una vez que la cámara realizó la primera foto, espera 2 segundos para activarse nuevamente). Las cámaras trampa permanecieron activas por 12 días, fueron ubicadas entre los 0,5 m y un metro de altura y permanecieron fijadas en rocas, matorrales y árboles de delgado fuste, en todos estos casos las cámaras permanecieron con una posición contraria a la salida y ocaso del sol. El sensor fue programado para la más alta sensibilidad.

(-) No aplica para el método de análisis.

6.5.4 Equipos utilizados

En la Tabla 6-40, Tabla 6-41 y Tabla 6-42 se muestra la lista general de los equipos utilizados en las actividades de evaluación de fauna silvestre en el área de influencia del proyecto El Galeno.

Tabla 6-40. Equipos de campo para la evaluación de anfibios y reptiles

Equipos	Marca	Modelo	Serie	Código Patrimonial
Equipo de posicionamiento – GPS	Garmin	Montana 680	4HU005019	952231860270
Cámara fotográfica profesional digital	Canon	EOS-7D	32021001852	742208970226
Bolsas de tela medianas	-	-	-	Equipo personal
Vernier	-	-	-	Equipo personal
Balanzas (10g y 20g)	Pesola	-	-	Equipo personal
Pinzas y tijeras finas de disección	-	-	-	Equipo personal

(-) No corresponde.

Tabla 6-41. Equipos de campo para la evaluación de aves

Equipos	Marca	Modelo	Serie	Código Patrimonial
Equipo de posicionamiento – GPS	Garmin	Montana 680	4HU005025	952231860274
Cámara fotográfica profesional digital	Canon	EOS-7D	032021001851	742208970225
Lente teleobjetivo	Canon	EFS 55-250 mm	521301635	Equipo personal
Binocular	Eagle Optics	Ranger 10x42	36929	Equipo personal
Redes de niebla (6)	Japonesas	12mx2,5 m	-	Equipo personal

38

Datos de programación de la cámara trampa:

• Modo: Híbrido, tamaño de imagen: 24 megapíxeles, formato de imagen: full screen, número de captura: 1 foto, control LED: Medio, tamaño de video: 1920x1080, duración de video: 10, intervalo: 2", nivel del sensor: Auto, NV Shutter: Auto, camera Mode: 24 horas y sonido de video: activado



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Equipos	Marca	Modelo	Serie	Código Patrimonial
Bolsas de tela	-	20cmx40cm	-	Equipo personal

(-) No corresponde.

Tabla 6-42. Equipos de campo para la evaluación de mamíferos

Equipos	Marca	Modelo	Serie	Código Patrimonial
Equipo de posicionamiento - GPS	Garmin	Montana 680	4HU005154	952231860282
Cámara fotográfica profesional digital	Canon	EOS-7D	032021001749	742208970219
Camaras trampa (10)	Bushnell	119877	B170304221	952214800005
			B170314523	952214800026
			B170304189	952214800015
			B170313955	952214800009
			B170303223	952214800007
			B170316215	952214800022
			B170314487	952214800020
			B170315541	952214800006
B170304212	952214800013			
B170305100	952214800008			



6.5.5 Aseguramiento de la calidad

La evaluación de fauna silvestre no presentó aseguramiento de la calidad debido a la metodología de colecta.

6.5.6 Criterios de comparación

Los resultados de la evaluación de la fauna silvestre fueron comparados con los resultados de los IGA de Lumina Copper S.A.C. y con estudios en ecosistemas similares cercanos al área de estudio.

6.5.7 Procesamiento de datos

La información obtenida de los muestreos de campo fue analizada posteriormente de acuerdo con los métodos cuantitativos y cualitativos usados para las evaluaciones ecológicas. Los resultados se analizaron por tipo de hábitat y zona de ecosistema frágil. En esta sección se presenta el análisis de datos, que consistió en caracterizar la fauna silvestre mediante la composición taxonómica, riqueza de especies, abundancia de individuos, entre otros análisis. A continuación, se detalla el procesamiento de datos para cada componente de la fauna silvestre: anfibios y reptiles, aves y mamíferos.

a. Diversidad alfa

a.1. Composición, riqueza y abundancia

Se realizó la clasificación taxonómica por cada grupo evaluado de fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) siguiendo orden taxonómico (orden, familia y especie).

Para la determinación taxonómica de las especies de anfibios y reptiles registrados y colectados durante las evaluaciones, se utilizaron claves taxonómicas especializadas (Peters & Donoso-Barros, 1979; Rodríguez *et al.*, 1993), descripciones científicas, bases de datos internacionales, así como colecciones científicas de referencia



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

(Departamento de Herpetología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos).

En el caso de aves, se siguió la clasificación taxonómica de la lista de aves de Perú (Plenge, 2017); mientras que para los mamíferos silvestres se utilizó la información taxonómica indicada por Eisenberg & Redford (1999).

La riqueza y abundancia de especies fue analizada por cada por cada grupo evaluado de fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos).

La riqueza específica es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas (Moreno, 2001). Mientras que la abundancia es la suma total de los individuos de una especie o especies obtenida mediante un muestreo (Bibby *et al.*, 1998).

En el caso de los mamíferos mayores, para estimar la abundancia de especies por transectos evaluados se utilizaron los índices de ocurrencia (IO) y abundancia (IA) (Boddicker *et al.*, 2002).

Índices de ocurrencia (IO)

El Índice de ocurrencia provee una lista de especies confirmadas basadas en las evidencias acumuladas (rastros y entrevistas). Siguiendo el criterio de Boddicker *et al.* (2002), cuando los puntos acumulados de las diferentes evidencias alcanzan un mínimo de 10 puntos o más, se concluye que la especie está presente en el sitio. Los valores para cada uno de estos registros están contenidos en la Tabla 6-43.

Tabla 6-43. Puntaje para diferentes tipos de evidencias utilizado para calcular el índice de ocurrencia

Tipo de evidencia	Puntaje
Evidencia no ambigua:	-
Especie observada	10
Evidencia de alta calidad:	-
Huellas	5
Despojos (Huesos, pelos, cerdas)	5
Identificación por residentes locales	5
Vocalizaciones, emanación de sustancias odoríferos	5
Evidencias de baja calidad:	-
Camas, madrigueras, caminos, rasguños	4
Restos fecales	4

Índice de abundancia (IA)

La aplicación del índice de abundancia es el más apropiado cuando se desea cubrir una mayor área de evaluación en un tiempo relativamente corto. En este sentido, se empleó la metodología descrita por Rodríguez & Amanzo (2001), donde señalan que los valores iguales o superiores a 25 indican mayor actividad de una especie en el área de estudio, y valores inferiores a 25 indican niveles bajos de actividad. Asumiendo que cada registro es un evento diferente, el índice de abundancia es la sumatoria del producto resultante de la multiplicación del valor de un tipo de evidencia por el número de veces en que fue registrado (Tabla 6-43).



Vertical handwritten signature and date: 10/11/2017



Recolección de datos fotográficos y análisis de información en cámaras trampa

Los datos fotográficos fueron analizados con el programa *Camera Base*, una base de datos en el programa *Access*, específicamente diseñada para analizar fotos de cámaras trampa (Tobler, 2013). Para el análisis de datos se consideraron todas las fotos, excepto aquellas en blanco o las que registraron a personas. Se calculó la frecuencia de captura de cada especie usando el número de apariciones en 1000 días-cámara.

La frecuencia de captura es el número de cámaras en las cuales aparece el animal. El número de apariciones cuenta los eventos independientes (cada evento tiene un intervalo de 30 minutos).



a.2. Estimación de riqueza esperada

Curva de acumulación de especies

La curva de acumulación de especies representa gráficamente la forma como las especies van apareciendo en las unidades de muestreo o de acuerdo con el incremento de número de individuos.

Para realizar la curva de acumulación de especies y estimador de Chao 1 se usó el programa EstimateS 7.5 (Colwell, 2005), que permite la aleatorización de las especies acumuladas de los muestreos y realiza cálculos del número de especies observadas y esperadas utilizando estimadores y considerando las desviaciones estándar del proceso de aleatorización.

Para elaborar la curva de acumulación de especies se usaron los valores de especies observadas (S_{obs} Mao Tau) combinada con el esfuerzo de muestreo.

Estimador de Chao 1

Para predecir la riqueza de especies se utilizó un estimador no paramétrico Chao 1 (Moreno, 2001). Se utilizó este método no paramétrico, debido a que utiliza las abundancias de las especies.

Chao 1: es un estimador del número de especies en una comunidad basado en las especies representadas por un individuo (*singletons*) y el número de especies representadas por 2 individuos en las muestras (*doubletons*).

Su fórmula es:

$$\text{Chao 1} = S + (a^2/2b) \tag{6.19}$$

Donde

- S : Número de especies en una muestra
- a : Número de especies que están representadas solamente por un único individuo en esa muestra
- b : Número de especies representadas por exactamente 2 individuos en la muestra



Rarefacción y extrapolación basadas en el tamaño de la muestra

Debido a que se realizaron diferentes esfuerzos de muestreo en cada zona de evaluación, se realizó un análisis de rarefacción / extrapolación (Chao *et al.*, 2016) en función del tamaño de muestra más pequeño, dado que es recomendable realizar la extrapolación a no más allá del doble del tamaño mínimo de la muestra observada (Colwell *et al.*, 2012). Este análisis se realizó con el paquete estadístico INext en el programa R.

a.3. Índices de diversidad

Para el análisis de diversidad de especies de fauna silvestre evaluados (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) se utilizaron los índices de Shannon-Wiener y Simpson.

El índice de Shannon-Wiener (H'), expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev & Penev, 1995, citados en Moreno, 2001). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988 citado en Moreno, 2001). Su fórmula es:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \quad (6.20)$$

Donde:

H' : Índice de diversidad de la muestra

p_i : Proporción del total de la muestra que corresponde a la especie i

El valor de H' se encuentra acotado entre 0 y $\ln(S)$, donde «S» es el número total de especies. Tiende a cero en comunidades poco diversas y es igual al logaritmo de la riqueza específica (o H' max.) en comunidades de máxima equitatividad.

El índice de diversidad de Simpson (1-D), manifiesta la probabilidad de que 2 individuos tomados al azar de una muestra sean la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974 citados en Moreno, 2001). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse mediante la fórmula:

$$1 - D = 1 - \sum p_i^2 \quad (6.21)$$

Donde:

p_i : abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Los índices de diversidad alfa fueron calculados mediante los programas estadísticos Past (Hammer *et al.*, 2001) y PRIMER v6 (Clarke & Gorley, 2006). Para el caso de anfibios y reptiles el índice de diversidad de Shannon-Wiener se presentan en las unidades bits/ind, mientras que para aves y mamíferos fueron en las unidades nits/ind. Los valores del índice de Simpson se presentan en las unidades probits/ind.



Handwritten signature and initials in blue ink.

**b. Diversidad alfa**

Para la evaluación de la diversidad beta de las especies fauna silvestre (anfibios, reptiles y aves) se usó un índice de similitud, mediante el índice de Morisita (cuantitativo, basado en abundancias) se calculó mediante el programa estadístico Past (Hammer *et al.*, 2001). Este índice de similitud son ampliamente empleado y recomendado para inventarios biológicos (Moreno, 2001). El índice de Morisita estima similitudes basado en las abundancias registradas por especies (Krebs, 1999) en los hábitats evaluados.

El índice de Morisita, expresa cuan semejantes son 2 muestras en base a la abundancia proporcional de cada especie en dichas muestras (Magurran, 1988; Krebs, 1989; Moreno, 2001). Este índice está definido por:

$$Morisita_{jk} = \frac{2 \sum_{i=1}^s (x_{ij} x_{ik})}{(\lambda_1 + \lambda_2) \sum_{i=1}^s x_{ij} \sum_{i=1}^s x_{ik}} \quad (6.22)$$

Donde:

X_{ij} , X_{ik} : Número individuos de la especie i en las muestras j y k
 N_j : $\sum X_{ij}$: Total de individuos en la muestra j
 N_k : $\sum X_{ik}$: Total de individuos en la muestra k

Para facilitar el análisis de los valores de similitud de manera visual, se procederá a la elaboración de dendrogramas mediante la unión de pares promedio (Sokal & Michener, 1958; Crisci & López, 1983) utilizando el programa estadístico Past (Hammer *et al.*, 2001).

c. Determinación de especies endémicas y amenazadas de fauna silvestre

En cuanto a los anfibios y reptiles, las especies endémicas se determinaron mediante la revisión de bibliografía especializada como las descripciones originales de las especies o aquellas que indiquen la ampliación de rango. Adicionalmente se consultaron bases de datos en línea como «*Reptile Database*» (Uetz & Hošek, 2018), «*Amphibian species of the world*» (Frost, 2018), *Amphibiaweb* (2018) y la página de la Lista Roja de especies amenazadas de la *International Union for Conservation of Nature* (IUCN, 2018).

Para aves, las especies endémicas y migratorias de Perú se determinaron según Schulenberg *et al.* (2010) y Plenge (2017) y las especies endémicas de los biomas se determinaron según Stolz *et al.* (1996).

Las especies endémicas de mamíferos se determinaron utilizando la publicación de Pacheco *et al.* (2009) sobre diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú.

Para determinar las especies amenazadas de fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves, y mamíferos) obtenidas en la presente evaluación, se contrastó con la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas, aprobado según D. S. N.º 004-2014-MINAGRI, el Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú, SERFOR (2018) y con la clasificación internacional según UICN (2018). Asimismo, se listaron las especies incluidas en los apéndices de la CITES (2018) y las especies incluidas en los apéndices de la



apéndices de la *Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals*³⁹ (por sus siglas en inglés, CMS) (2015).

7. RESULTADOS

7.1 Comparación con los estándares aprobados en el EIAsd y estándares vigentes

7.1.1 Agua

Los resultados de agua superficial (quebradas y lagunas) y los afloramientos de agua subterránea (Anexo D) fueron comparados con los los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (ECA para agua) señalado en el El Primer Informe Técnico Sustentatorio (ITS) de la IV Modificación del EIAs Categoría II del proyecto El Galeno, vigente a la fecha de la ejecución de los monitoreos realizados en octubre de 2017 y marzo de 2018, y con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

En el Primer Informe Técnico Sustentatorio (ITS) de la IV Modificación del EIAs Categoría II de la actividad de exploración del proyecto El Galeno señala la comparación de los resultados de los afloramientos, quebradas y lagunas con los ECA para agua 2015, considerando las las siguientes categorías:

- Categoría 1: Poblacional y recreacional, subcategoría A1- aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (en adelante, Cat1A1), para la evaluación agua subterráneas (afloramientos).
- Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales, subcategorías D1-vegetales de tallo bajo y alto (en adelante, Cat3D1) y D2-bebida de animales. (en adelante, Cat3D2), para la evaluación de quebradas y afloramientos.
- Categoría 4. Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1-lagos y lagunas (en adelante, Cat4E1), para la evaluación de lagunas.

Asimismo, para evaluar la calidad de los resultados de los diferentes cuerpos de agua, fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua aprobados con Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM (en adelante, ECA para Agua 2017). Detallados en el **ítem 6.1.6** del presente informe.

En el caso de los puntos ubicados en las quebradas, lagunas y afloramientos que no fueron evaluados en octubre de 2017 o marzo de 2018, se consideró como no ejecutado (en adelante, NE).

A continuación, se presentan los gráficos de barras por cuerpos de agua y subdivididos por microcuencas, de los parámetros que superaron al menos en un punto de muestreo los ECA para agua según las categorías de comparación.

Es importante aclarar que, en los gráficos de comparación de los resultados reportados en octubre de 2017 y marzo de 2018 con los valores de los ECA para agua; sus valores fueron unidos, debido a que, estos con los parámetros a evaluar son iguales en ambas categorías de comparación.

**A. Afloramientos****a.1. Microcuenca de la quebrada Milpo**

En la microcuenca de la quebrada Milpo se evaluaron 33 afloramientos de agua subterránea, 11 en octubre de 2017 y 27 en marzo de 2018; siendo sólo 5 afloramientos evaluados en ambas salidas.

Potencial de hidrógeno-pH

Como se puede observar en las Figuras 7-1a y b, la mayoría de los afloramientos presentaron valores de pH que se encontraron dentro del rango establecido en los ECA para agua 2015 y 2017, a excepción de los afloramientos: FNatu13 (4,49), FNatu14 (4,49) y FNat7 (3,73 y 3,71), que presentaron condiciones ácidas con valores que estuvieron fuera del rango establecido en las Cat1A1, Cat3D1 y Cat3D2.

Cabe resaltar que el punto FNat7 presentó las más bajas condiciones de acidez en las 2 temporadas evaluadas. Por otro lado, en los afloramientos MANA-30 y MANA-32 se registraron valores de 8,45 y 8,50 unidades de pH, respectivamente, excediendo el rango establecido en la Cat3D2 de los ECA para agua 2015 y 2017 (Figura 7-1b).

Oxígeno disuelto-OD

Como se puede observar en las Figuras 7-2a y b, la concentración del OD en los afloramientos es variable, con valores que oscilan de 2,30 a 7,59 mg/L. El valor mínimo se registró en MANA-10 y máximo en FNat2. La variabilidad del OD también se pudo observar en los afloramientos FNatu4 (5,56 y 4,32 mg/L), FNatu5 (6,22 y 5,55 mg/L), FNatu6 (4,08 y 2,75 mg/L), FNat7 (6,59 y 7,12 mg/L) y FNat8 (6,22 y 5,53 mg/L) evaluados en ambas ejecuciones.

En cuanto a los afloramientos MANA-10, MANA-19, MANA-20, MANA-21, MANA-22, MANA-25 y FNatu6, todos presentaron concentraciones de OD menores al valor mínimo (≥ 4 mg/L) establecido en la Cat3D1 del ECA para agua 2015 y 2017, incumpliendo la referida norma. Los afloramientos MInge-01, MANA-10, MANA-13, MANA-14, MANA-19, MANA-20, MANA-21, MANA-22, MANA-25, FNatu4 (marzo 2018) y FNatu6, presentaron concentraciones de OD menores al valor mínimo (≥ 5 mg/L) establecido en la Cat3D2 del ECA para Agua 2015 y 2017, también incumpliendo la referida norma nacional.

Por otro lado, los afloramientos FNatu14, MInge-01, MANA-10, MANA-11, MANA-13, MANA-14, MANA-18, MANA-19, MANA-20, MANA-21, MANA-22, MANA-25, FNat3, FNatu4, FNatu5 (marzo 2018), FNatu6 y FNat8 (marzo 2018) presentaron concentraciones de OD menores al valor mínimo (≥ 6 mg/L) establecido en la Cat1A1 del ECA para Agua 2015 y 2017, incumpliendo la citada norma.



Handwritten signature and initials in blue ink, including the letters 'A', 'D', 'A', 'S', and 'R'.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Vertical handwritten text on the left margin

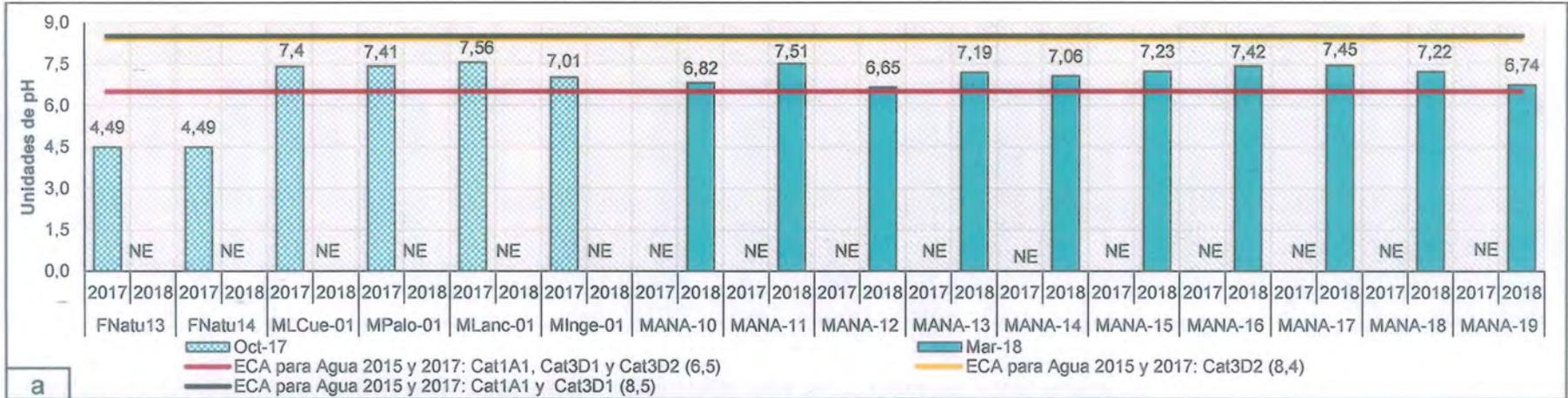


Figura 7-1a. Valor de pH en los afloramientos ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo

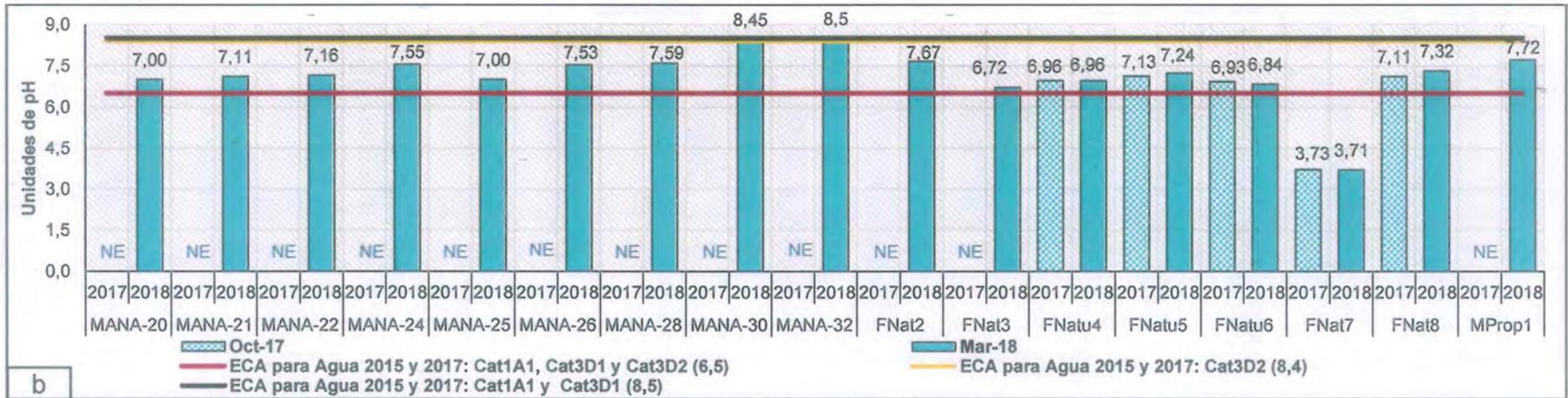


Figura 7-1b. Valor de pH en los afloramientos ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and initials on the left margin

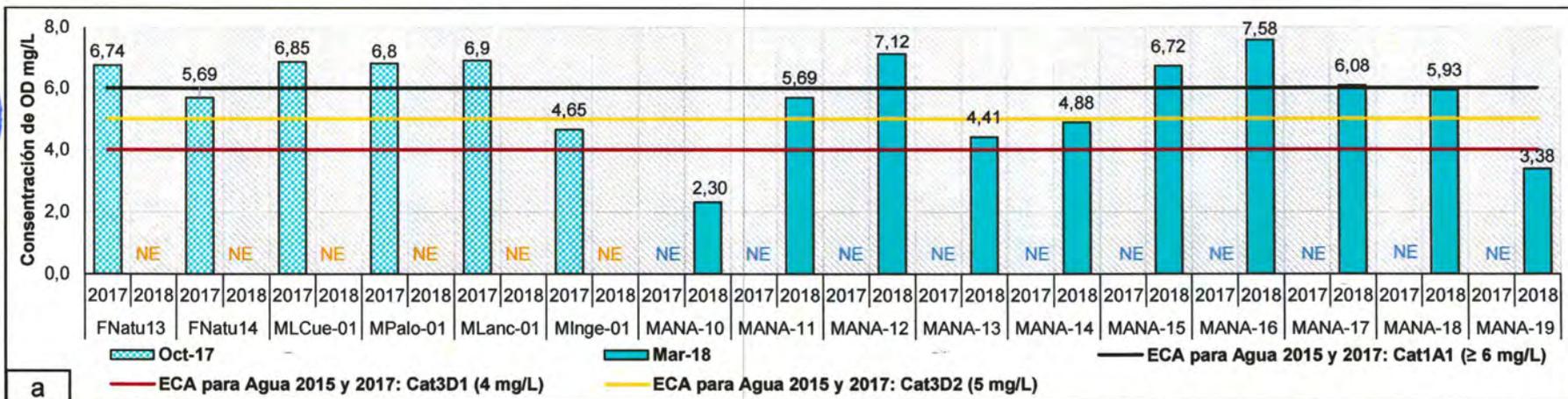


Figura 7-2a. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo

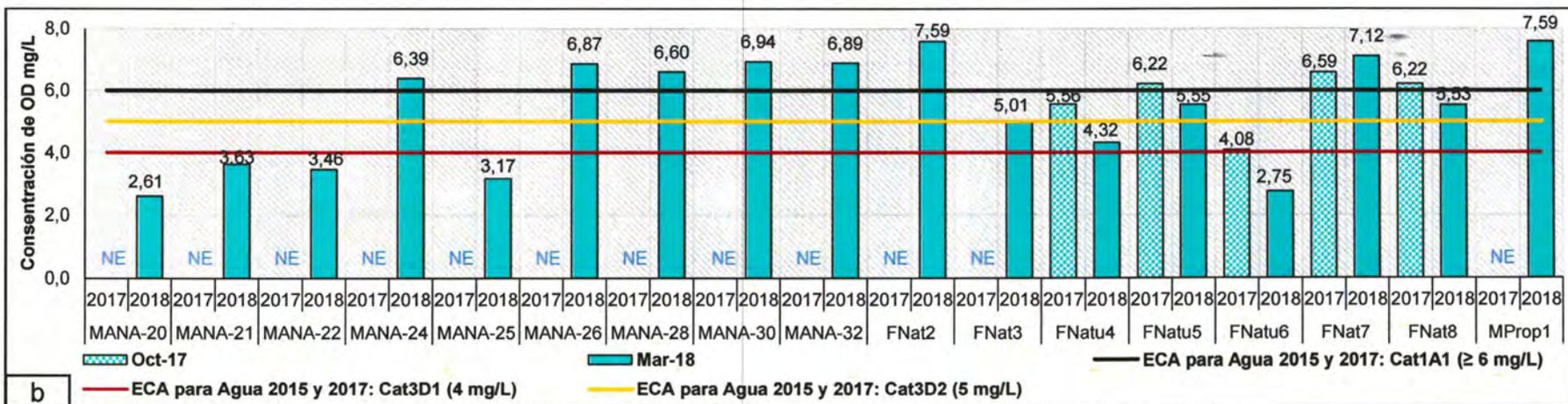


Figura 7-2b. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo



Demanda química de oxígeno-DQO

Como se puede observar en las Figura 7-3, la concentración de DQO en los afloramientos es variable, con concentraciones que van desde menores al límite de cuantificación (< 2 mg/L) hasta 18 mg/L. Las mayores concentraciones se reportaron en los afloramientos FNatu13, FNatu14 y FNatu6 con valores de 18, 14 y 11 mg/L, respectivamente, excediendo el valor establecido en la Cat1A1. Sin embargo, las mencionadas concentraciones cumplieron con el valor establecido en la Cat3D1 y Cat3D2 de los ECA para agua del 2015 y 2017.

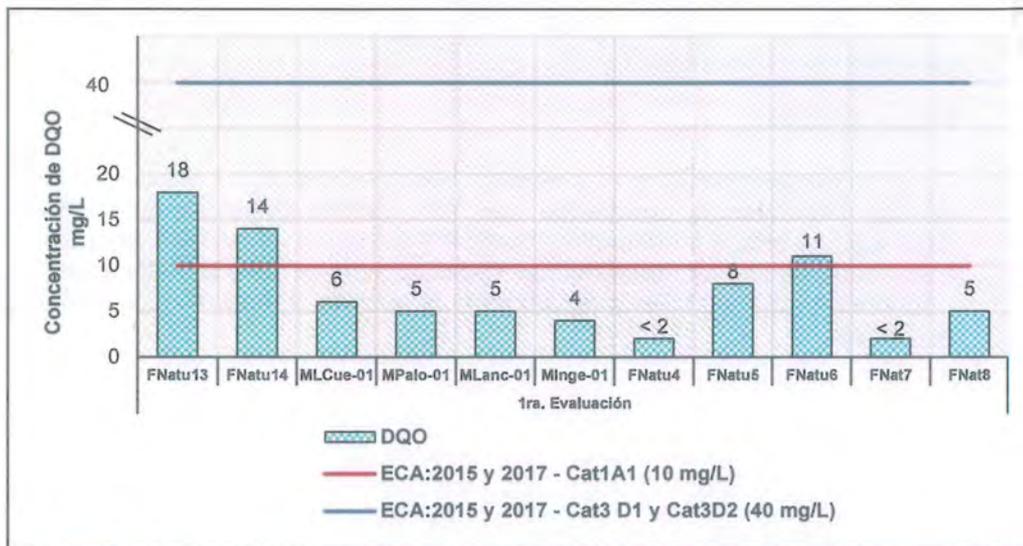


Figura 7-3. Concentración de demanda química de oxígeno (DQO) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo

Aluminio total (Al)

Como se puede observar en las Figuras 7-4a y b, la mayoría de los afloramientos presentaron concentraciones de aluminio total que no excedieron los valores establecidos en las Cat1A1 (0,9 mg/L), Cat3D1 y Cat3D2 (5 mg/L), a excepción de FNat7 que presentó valores de 1,20 y 1,437 mg/L, superando en las 2 evaluaciones el valor establecido en la Cat1A1 de los ECA para agua 2015 y 2017 (Figura 7-4b).

Cadmio total (Cd)

Como se puede observar en las Figuras 7-5a y b, la concentración de cadmio total en los afloramientos reportados por el laboratorio fue menor al límite de cuantificación, a excepción del afloramiento FNat7 que presentó concentraciones de 0,0058 y 0,0038 mg/L, dichos valores excedieron únicamente el valor de 0,003 mg/L establecido en la Cat1A1 de ECA para agua 2015 y 2017.

Hierro total (Fe)

Como se puede observar en las Figuras 7-6a y b, la concentración de hierro total en los afloramientos cumplió con los valores establecidos en las Cat1A1 (0,3 mg/L) y Cat3D1 (5 mg/L) del ECA para agua 2015 y 2017, a excepción de los afloramientos MANA-12 (0,895 mg/L) y FNat7 (0,4048 y 0,4822 mg/L) que presentaron concentraciones de hierro total que excedieron únicamente el valor de 0,3 mg/L.



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



establecido en la Cat1A1. En el caso del punto FNat7 excedió la referida norma nacional en las 2 evaluaciones realizadas (Figura 7-6b).

Manganeso total (Mn)

Como se puede observar en las Figuras 7-7a y b, la concentración de manganeso total en la mayoría de los afloramientos cumplió con los valores establecidos en las Cat1A1 (0,4 mg/L), Cat3D1 (0,2 mg/L) y Cat3D2 (0,2 mg/L) de los ECA para agua 2015 y 2017, a excepción del afloramiento FNat7 donde se obtuvo valores de 0,36712 mg/L (octubre de 2017) y 0,18524 mg/L (marzo de 2018), respectivamente. Cabe resaltar que el valor reportado en octubre de 2017 excedió la Cat3D1 y Cat3D2 de la referida norma (Figura 7-7b).

Plomo total (Pb)

Como se puede observar en las Figuras 7-8a y b, las concentraciones de plomo total en los afloramientos cumplieron con los valores establecidos en las Cat1A1 (0,01 mg/L), Cat3D1 (0,05 mg/L) y Cat3D2 (0,05 mg/L) de los ECA para agua 2015 y 2017, a excepción del afloramiento FNat7, donde se reportó valores de 0,1554 y 0,1348 mg/L, dichos valores excedieron la referida norma en las 2 evaluaciones realizadas.



Handwritten signature and vertical text: A, G, T, S, P



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

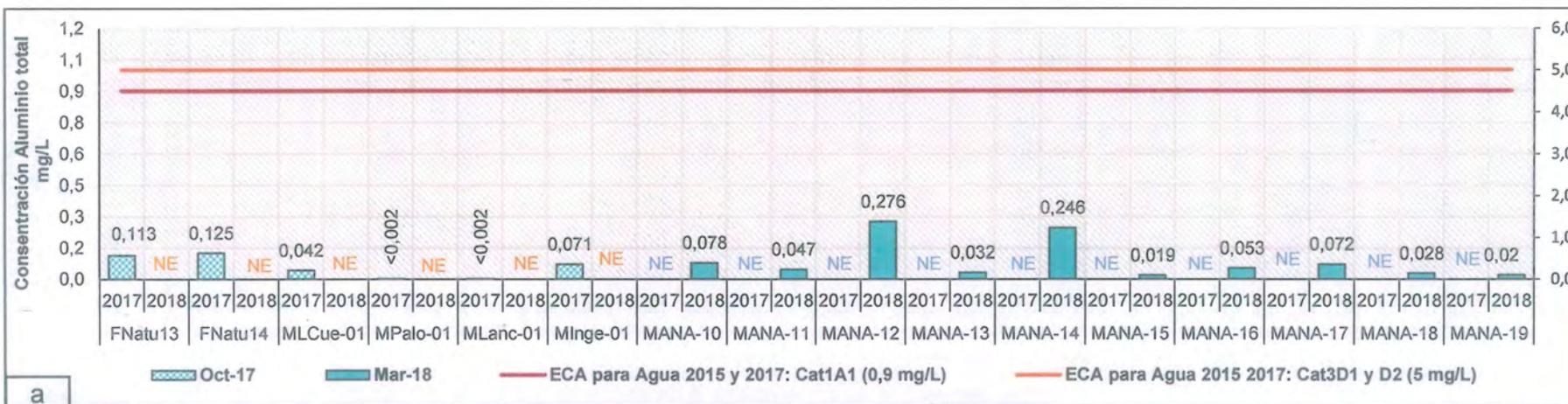


Figura 7-4a. Concentración de aluminio total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo

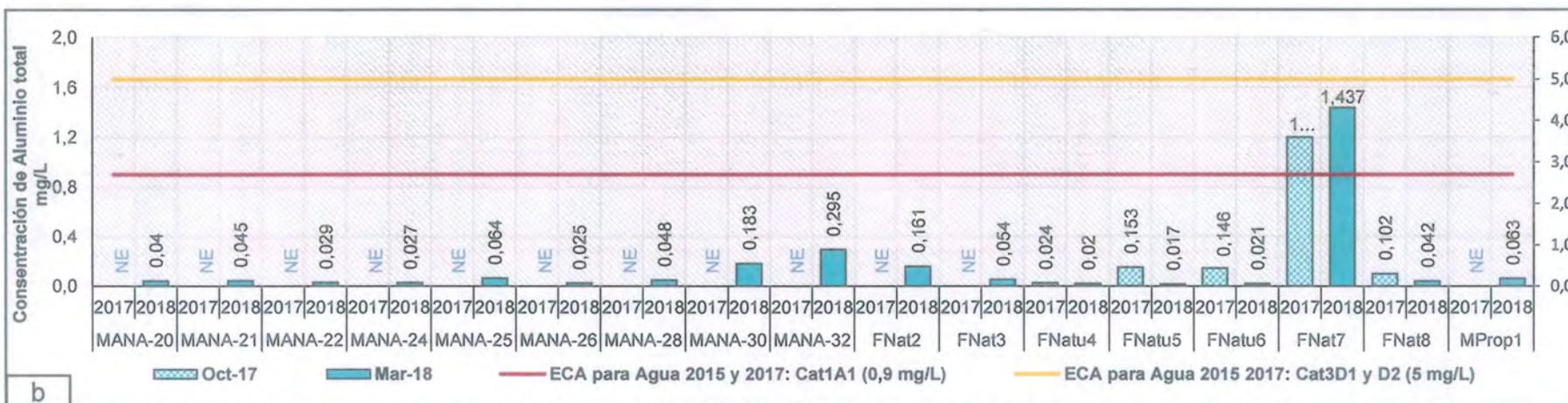


Figura 7-4b. Concentración de aluminio total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo



Handwritten signature and initials in blue ink.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

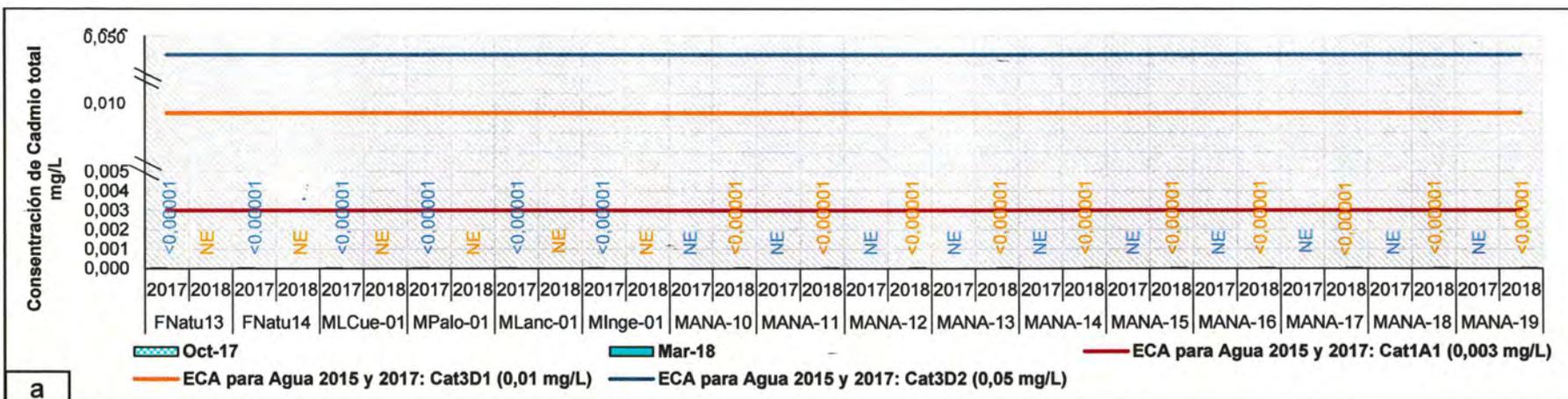


Figura 7-5a. Concentración de cadmio total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo

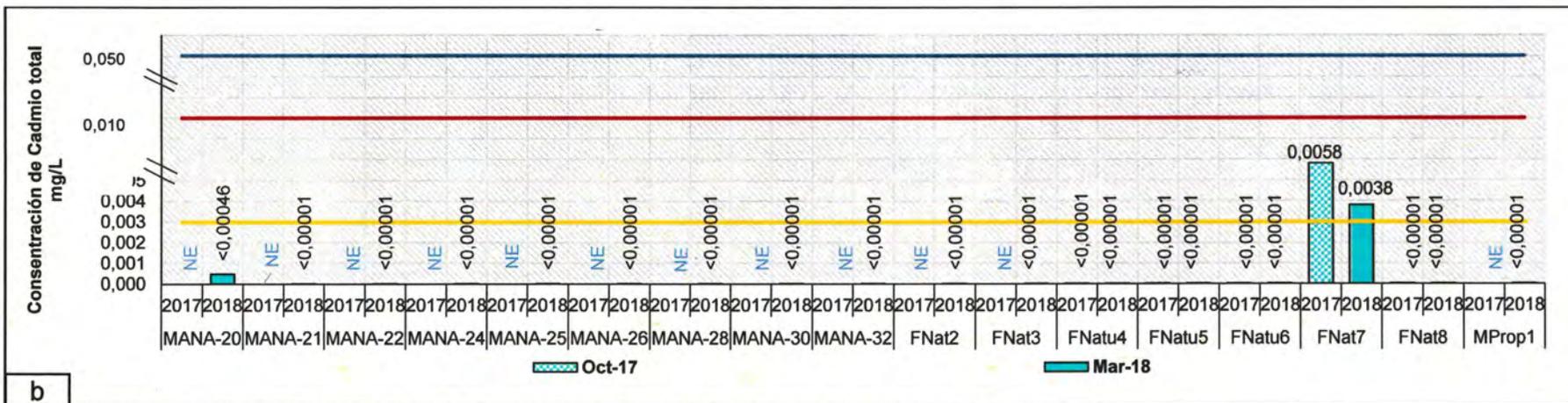


Figura 7-5b. Concentración de cadmio total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo



Handwritten signature and date '25/4/2018' in blue ink.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and initials in blue ink.

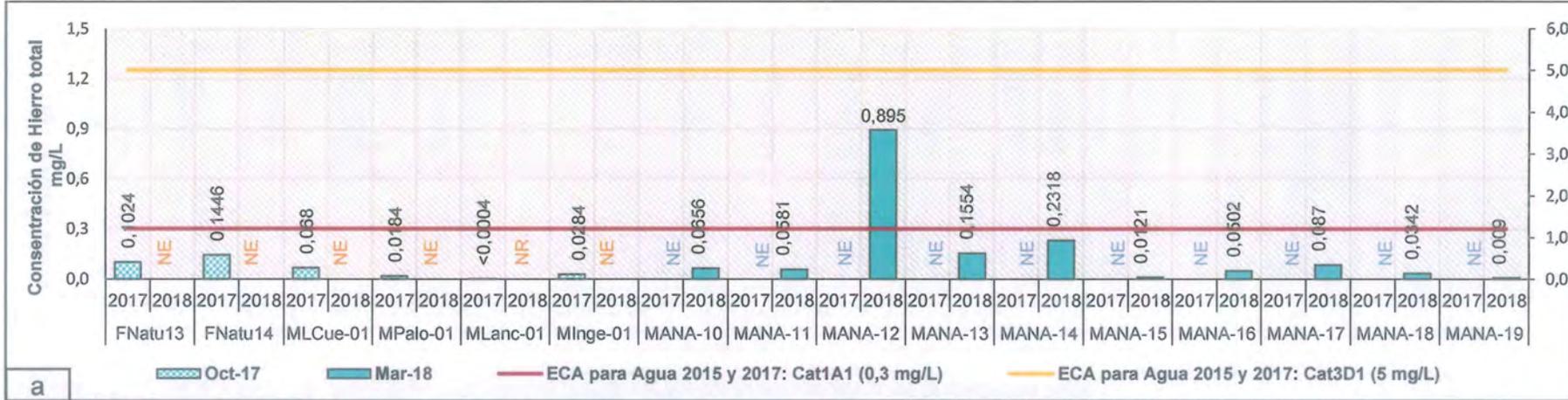


Figura 7-6a. Concentración de hierro total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo

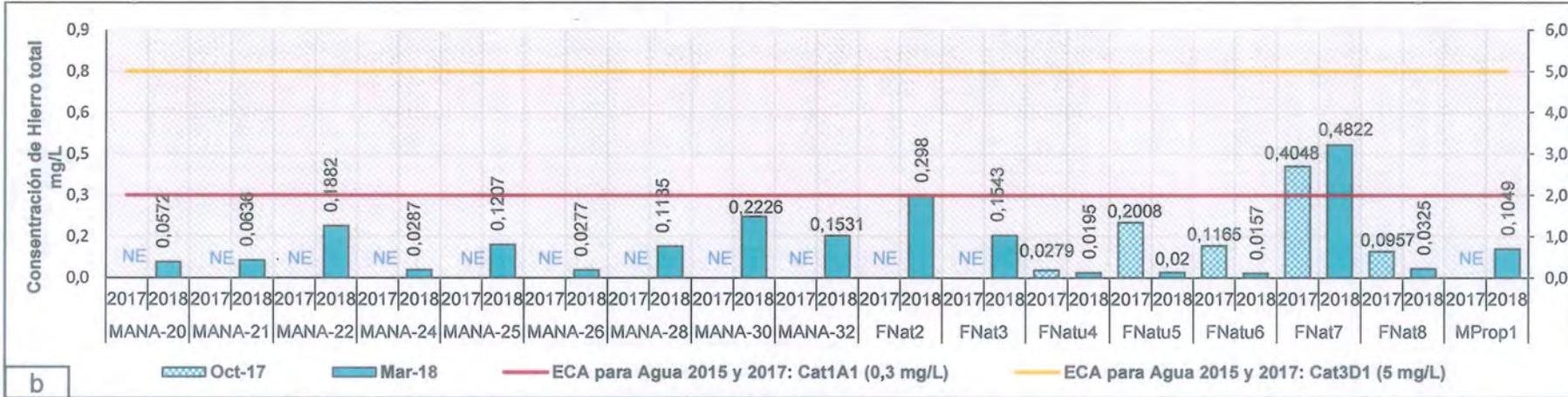


Figura 7-6b. Concentración de hierro total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten blue signature and arrows pointing upwards.

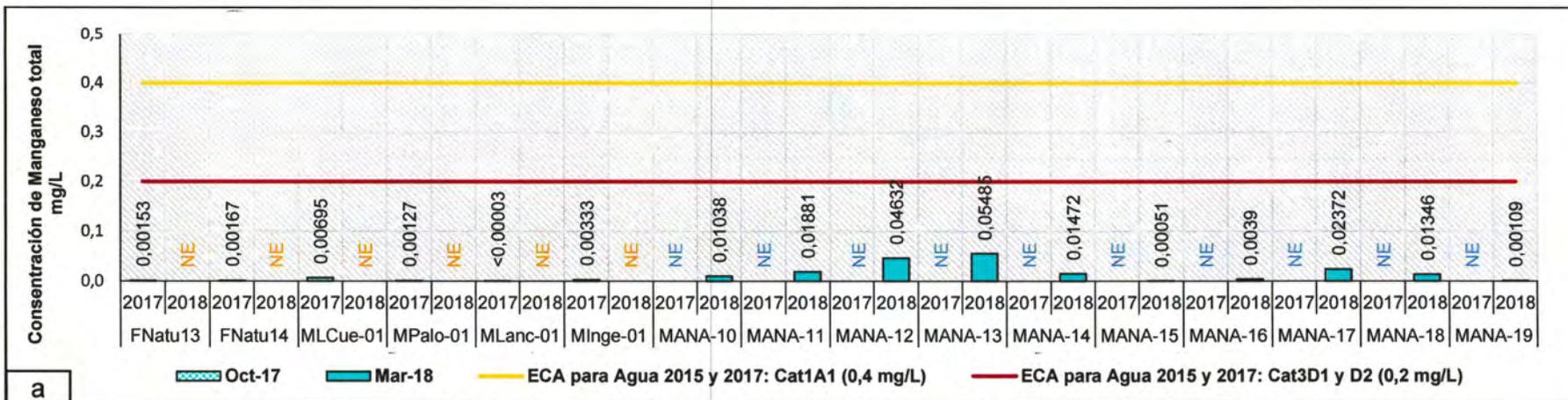


Figura 7-7a. Concentración de manganeso total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo

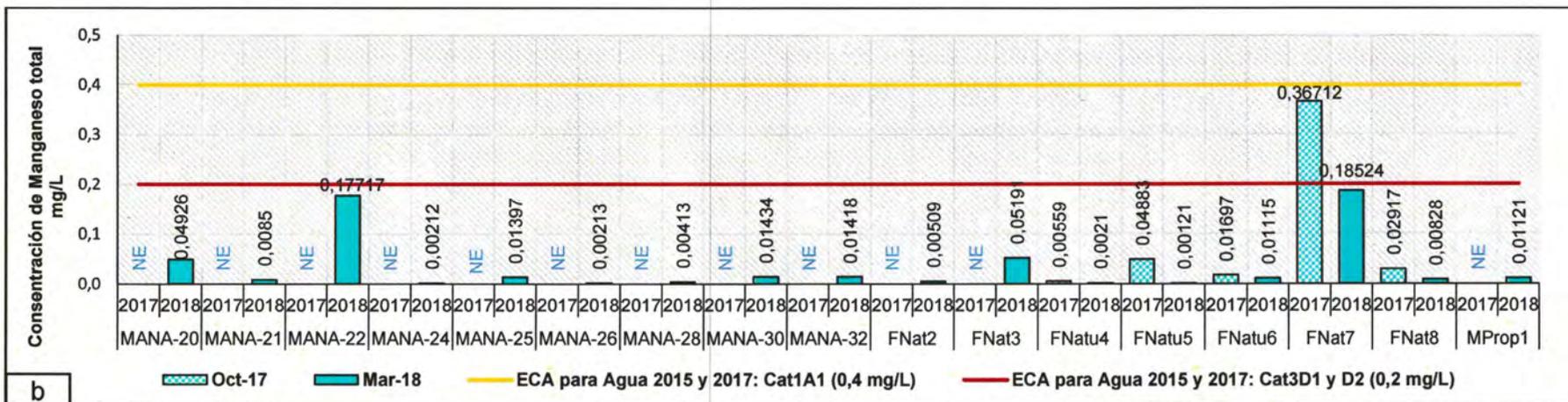


Figura 7-7b. Concentración de manganeso total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and initials in blue ink.

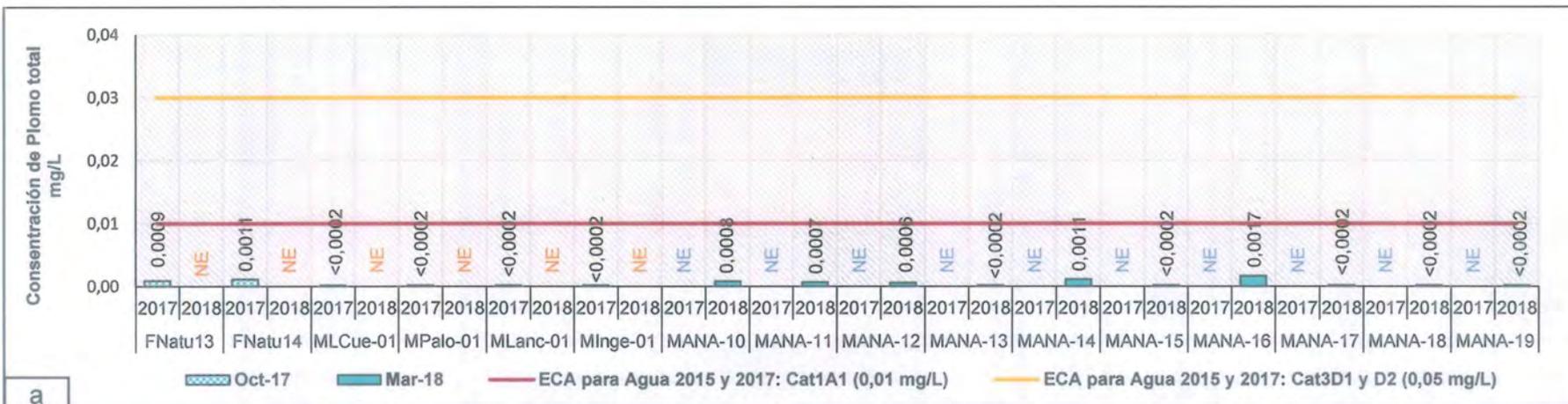


Figura 7-8a. Concentración de plomo total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo

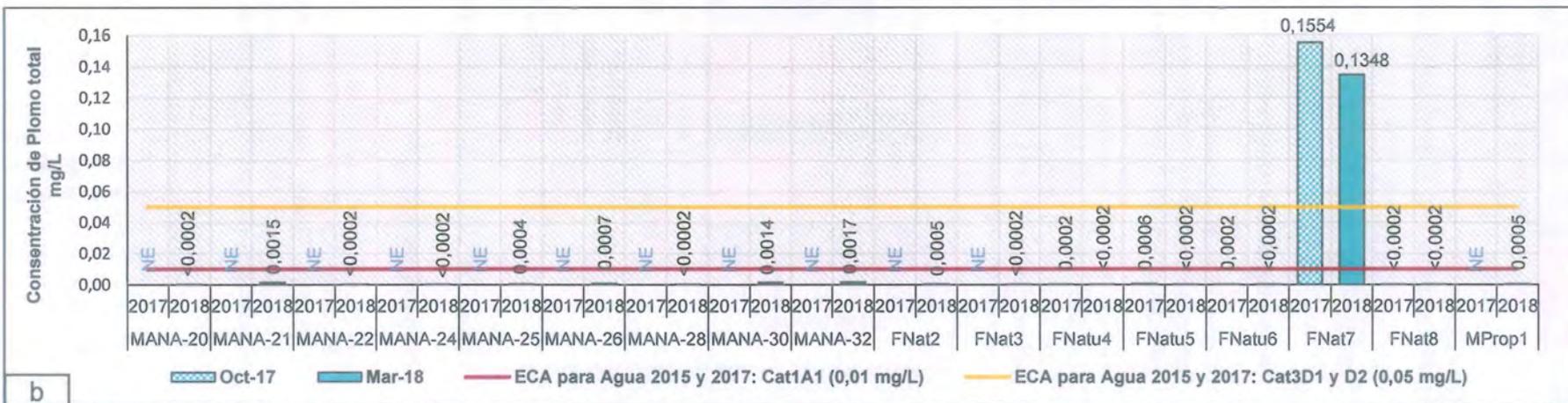


Figura 7-8b. Concentración de plomo total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Milpo



a.2. Microcuenca de la quebrada Yanacocha

En la microcuenca de la quebrada Yanacocha se evaluaron 7 afloramientos de agua subterránea, 5 en octubre de 2017 y 2 en marzo de 2018; sin embargo, no se evaluó ningún afloramiento en común en ambas evaluaciones.

Potencial de hidrógeno-pH

Como se puede observar en la Figura 7-9, los afloramientos presentaron valores de pH que se encuentran dentro del rango establecido en la norma, a excepción de los afloramientos con código MYana1, MLCor1 y MANA-43.

Donde, los afloramientos MYana1 y MANA-43 presentaron valores 8,84 y 4,69 unidades de pH por lo que se encuentran fuera del rango establecido, incumpliendo las Cat1A1, Cat3D1 y Cat3D2 del ECA para agua 2015 y 2017; asimismo, el afloramiento MLCor1 (La Cortadera) presentó un valor de 8,5 unidades de pH, incumpliendo únicamente la Cat3D2 de la referida norma nacional.



Handwritten signature and initials in blue ink.

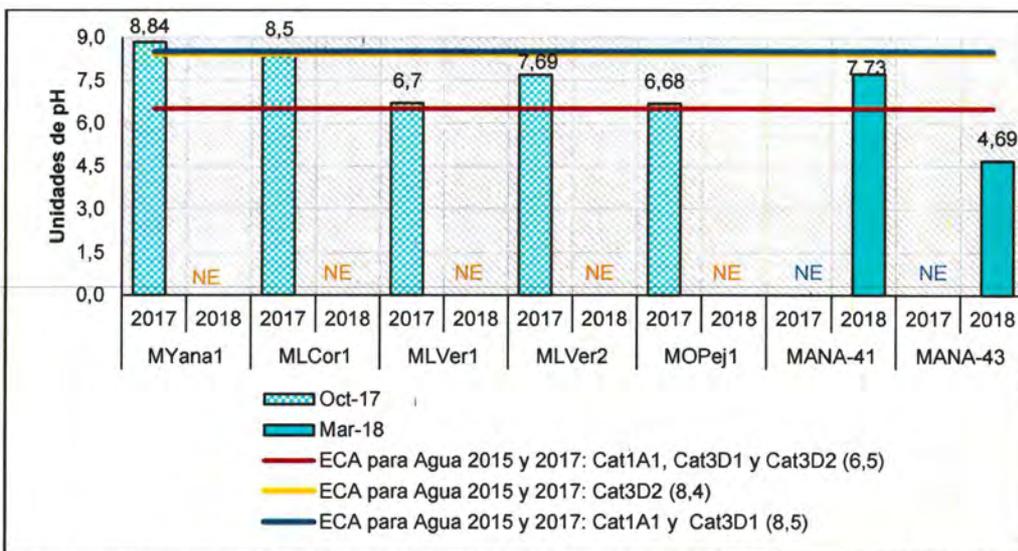


Figura 7-9. Valor de pH en los afloramientos de la microcuenca la quebrada Yanacocha

Oxígeno disuelto-OD

Como se puede observar en la Figura 7-10, la concentración del OD en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Yanacocha oscila entre 5,97 y 7,36 mg/L. El valor mínimo fue registrado en el afloramiento MLCor1 y el máximo en el afloramiento MLVer1. De este modo, se registró que el afloramiento MLCor1 incumplió el valor (≥ 6 mg/L) establecido en la Cat1A1 del ECA para agua 2015 y 2017.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

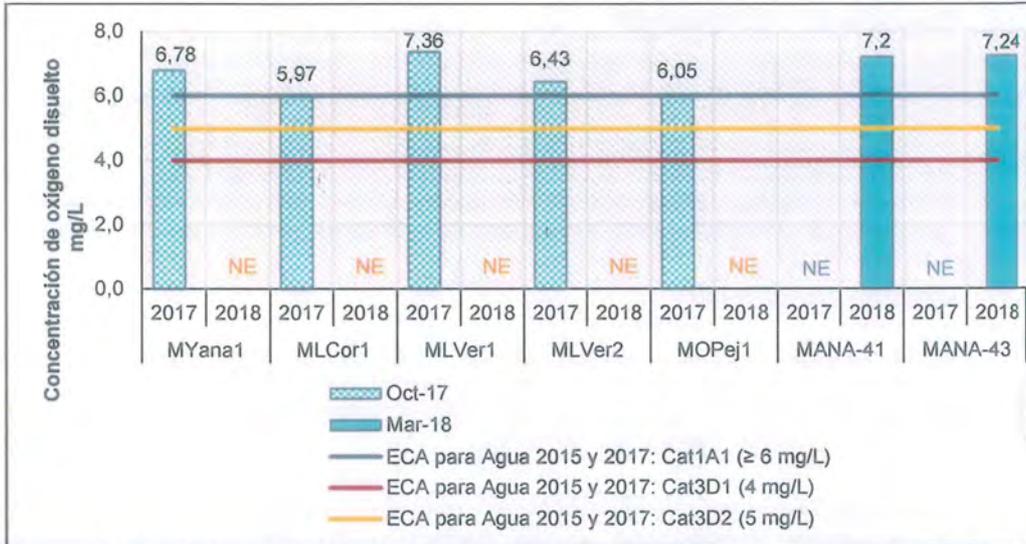


Figura 7-10. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

Demanda química de oxígeno-DQO

Como se puede observar en las Figura 7-11, la concentración de DQO en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Yanacocha fueron menores al límite de cuantificación (< 2 mg/L), cumpliendo los valores establecidos en la Cat1A1, Cat3D1 y Cat3D2 de los ECA para agua del 2015 y 2017.

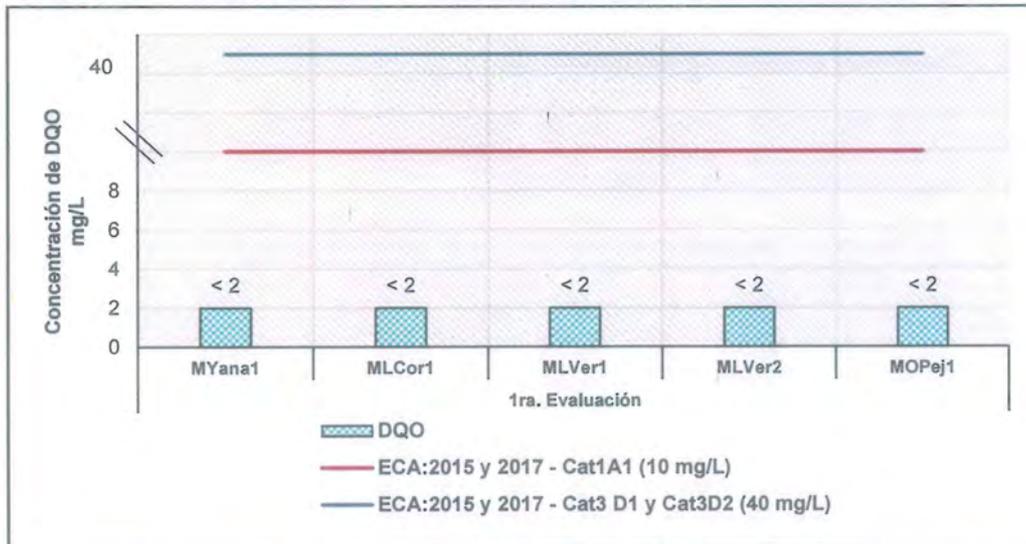


Figura 7-11. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

a.3. Microcuenca de la quebrada Kerosene

En la microcuenca de la quebrada Kerosene se evaluaron 30 afloramientos de agua subterránea, 8 afloramientos en octubre de 2017 y 22 afloramientos en marzo de 2018, en ambas temporadas no se evaluaron ningún afloramiento en común.



Vertical handwritten text in blue ink, possibly a signature or initials.



Potencial de hidrógeno-pH

Como se puede observar en las Figuras 7-13a y b, los afloramientos MCham3, MANA-29, MANA-50, MANA-58, MANA-61, MANA-62, MANA-63, MANA-67, MANA-73 y MANA-75 presentaron características ácidas con valores que se encontraron fuera de los rangos establecidos en la Cat1A1, Cat3D1 y Cat3D2 del ECA para agua 2015 y 2017. En los demás afloramientos los valores de pH estuvieron dentro de los rangos establecidos, cumpliendo con la referida norma nacional (Figuras 7-13a y b).

Oxígeno disuelto-OD

Como se puede observar en las Figuras 7-14a y b, la concentración del OD en los afloramientos es variable, con valores que oscilan de 2,81 a 7,8 mg/L. El valor mínimo fue registrado en el afloramiento MCham1 (octubre de 2017) y el máximo en el afloramiento MANA-38 (marzo de 2017).

Los afloramientos MCham5 y MANA-51 presentaron concentraciones de OD menores a los valores establecidos en las Cat1A1 (≥ 6 mg/L), Cat3D1 (≥ 4 mg/L) y Cat3D2 (≥ 5 mg/L) del ECA para agua 2015 y 2017, incumpliendo la referida norma. Los afloramientos MANA-34, MANA-40, MANA-42, MANA-50, MANA-53 y MANA-61 presentaron concentraciones de OD que no cumplieron con el valor mínimo establecido en las Cat1A1 (≥ 6 mg/L) y Cat3D2 (≥ 5 mg/L) del ECA para agua 2015 y 2017.

Los afloramientos MCham2, MCham3, MANA-33, MANA-46, MANA-49, MANA-63, MANA-67 y MANA-73, no cumplieron con el valor mínimo establecido en la Cat1A1 (≥ 6 mg/L) del ECA para agua 2015 y 2017. Por otro lado, en los demás afloramientos la concentración de OD superó el valor mínimo establecido en la norma nacional.

Demanda química de oxígeno-DQO

Como se puede observar en las Figura 7-12, la concentración de DQO en los afloramientos fue variable, con concentraciones desde menores al límite de cuantificación (< 2 mg/L) hasta 16 mg/L.

Las mayores concetraciones se reportaron en los afloramientos MChm3 y MCham7 con valores de 9 y 16 mg/L, respectivamente, excediendo únicamente en el afloramiento MCham7 el valor establecido en la Cat1A1. Sin embargo, en el resto de afloramientos se cumplieron los valores establecidos en la Cat1A1, Cat3D1 y Cat3D2 de los ECA para agua del 2015 y 2017.



Handwritten signature and initials in blue ink, including the letters 'A', 'S', and 'H'.



Handwritten signature and vertical text on the left margin.

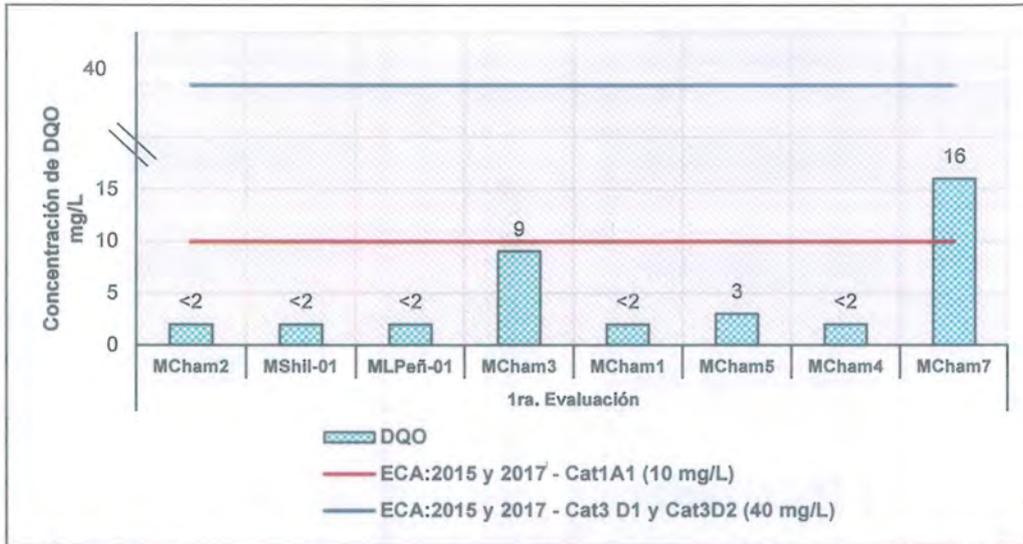


Figura 7-12. Concentración de demanda química de oxígeno (DQO) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene

Aluminio total (Al)

Como se puede observar en las Figuras 7-15a y b, en la mayoría de los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene, la concentración de aluminio total cumplieron con la normativa de la referencia, a excepción de los afloramientos MLPeña-01 y MCham7 donde se reportó concentraciones de aluminio de 1,816 y 0,949 mg/L, excediendo únicamente el valor de la Cat1A1D1 (0,9 mg/L) del ECA para agua 2015 y 2017.

Cobre total (Cu)

Como se puede observar en las Figuras 7-16a y b, en la mayoría de los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene, la concentración de cobre total fue menor al límite de cuantificación; a excepción del afloramiento MANA-75 donde se reportó una concertación de 0,5745 mg/L, excediendo los valores de las Cat3D1 (0,2 mg/L) y Cat3D2 (0,5 mg/L) del ECA para agua 2015 y 2017.

Hierro total (Fe)

Como se puede observar en las Figuras 7-17a y b, 5 de 30 afloramientos reportaron concentraciones de hierro total de 1,329 (MLPeñ-01), 0,4557 (MCham3), 2,285 (MCham7), 0,7119 (MANA-50) y 0,3372 mg/L (MANA-55). Dichos valores superaron el valor (0,3 mg/L) establecido en la Cat1A1 del ECA para Agua 2015 y 2017.





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»

«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

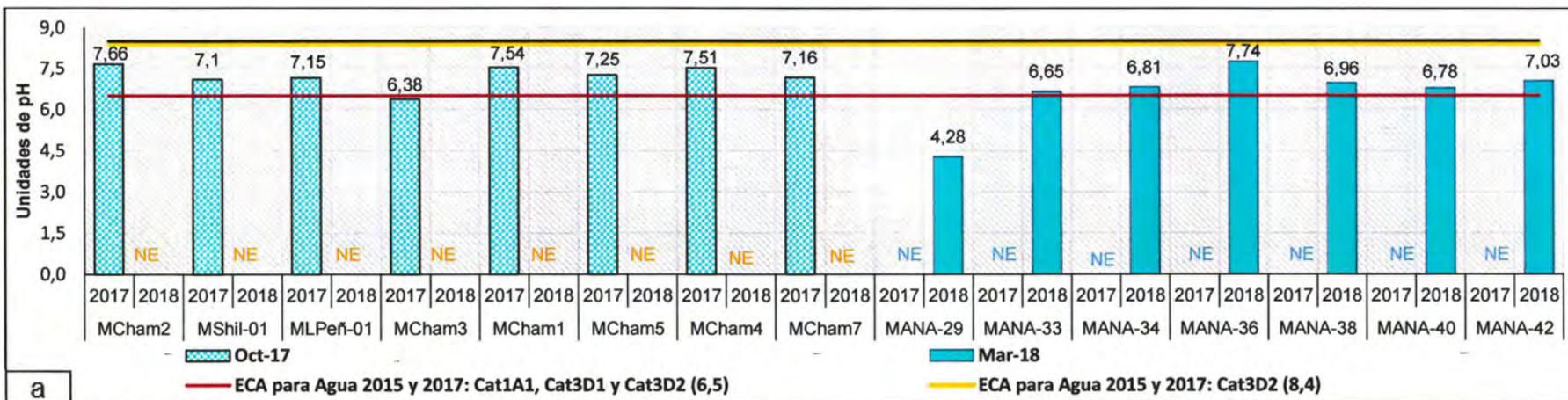


Figura 7-13a. Valor de pH en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene

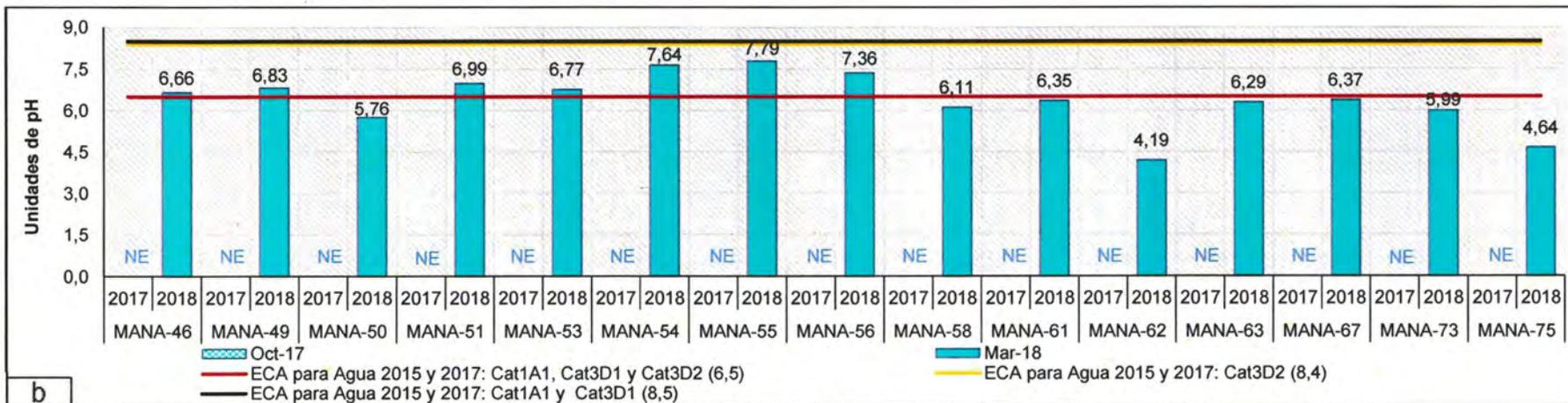


Figura 7-13b. Valor de pH en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene



Handwritten signature and initials



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



A. S. H.

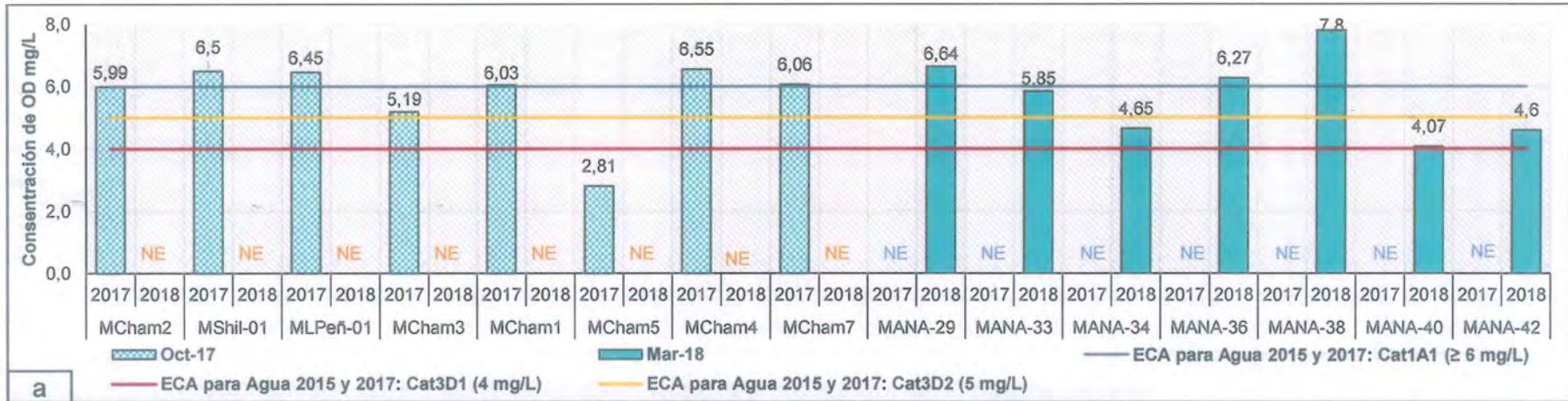


Figura 7-14a. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene

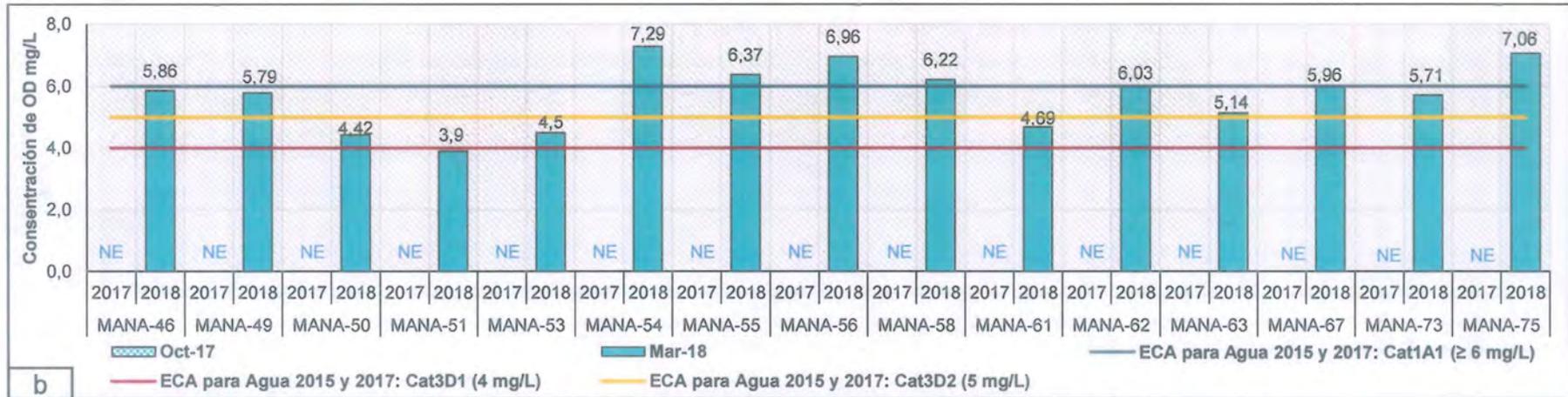


Figura 7-14b. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

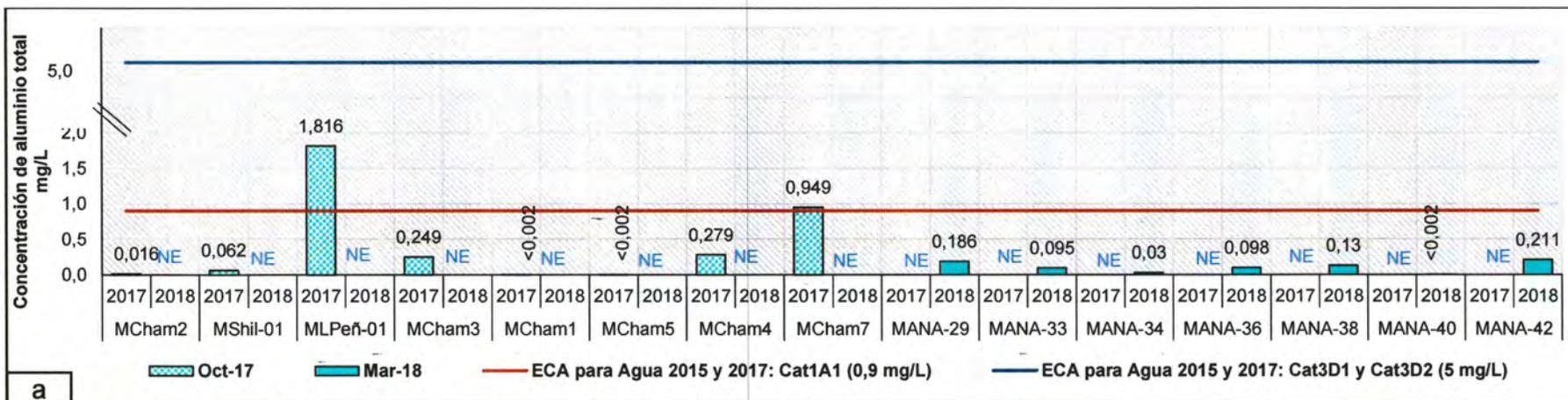


Figura 7-15a. Concentración de aluminio total (Al) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene

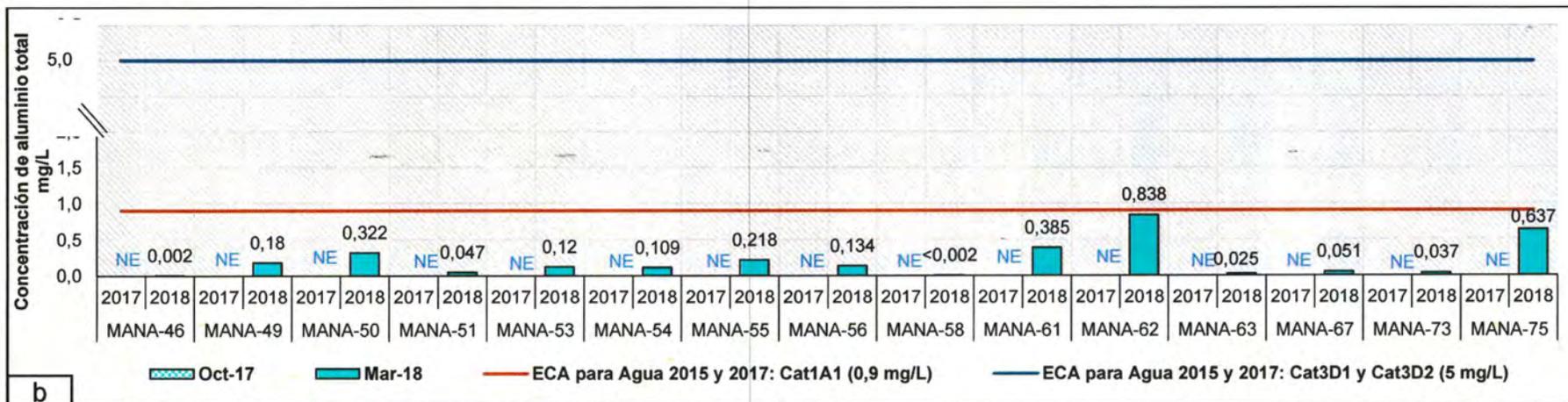


Figura 7-15b. Concentración de aluminio total (Al) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene

SUBDIVISIÓN TÉCNICA AMBIENTAL
 OEFA - T2
 [Handwritten signature and initials]



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Vertical handwritten notes in blue ink on the left margin.

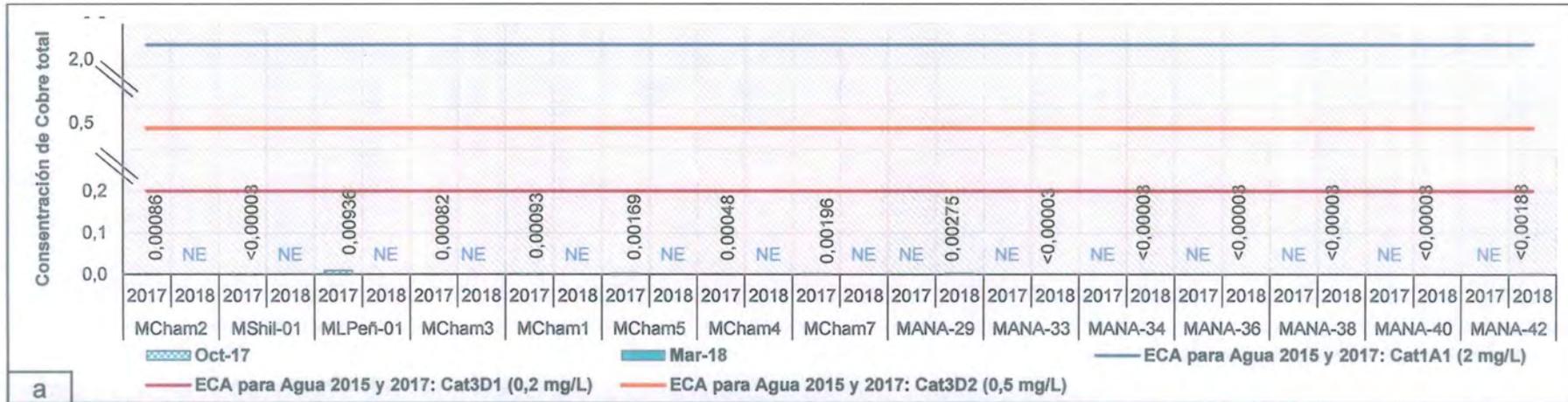


Figura 7-16a. Concentración de cobre total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene

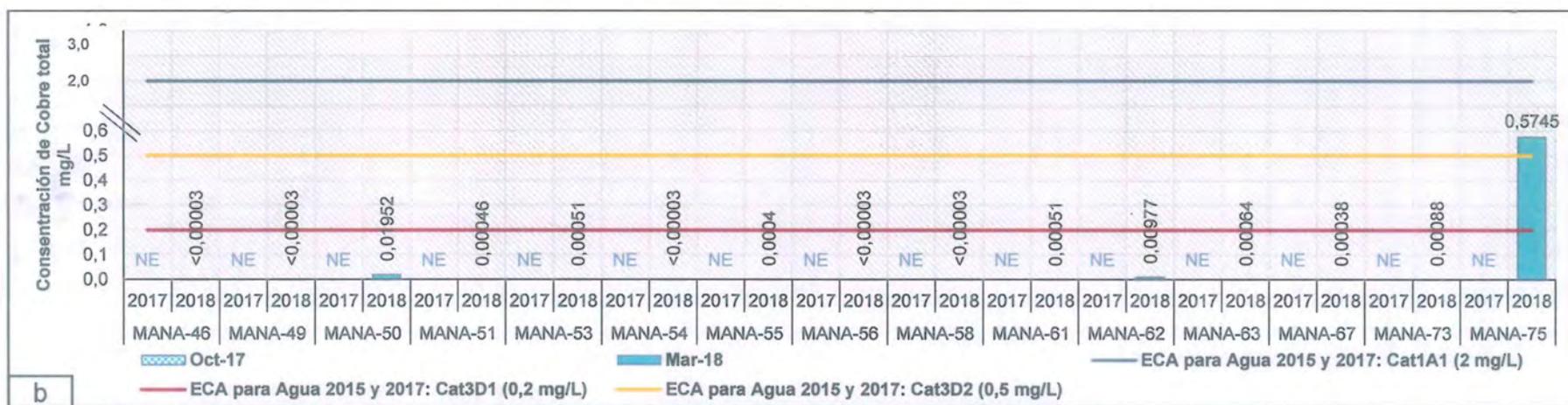


Figura 7-16b. Concentración de cobre total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Vertical handwritten signature and date: *Alfonso...*

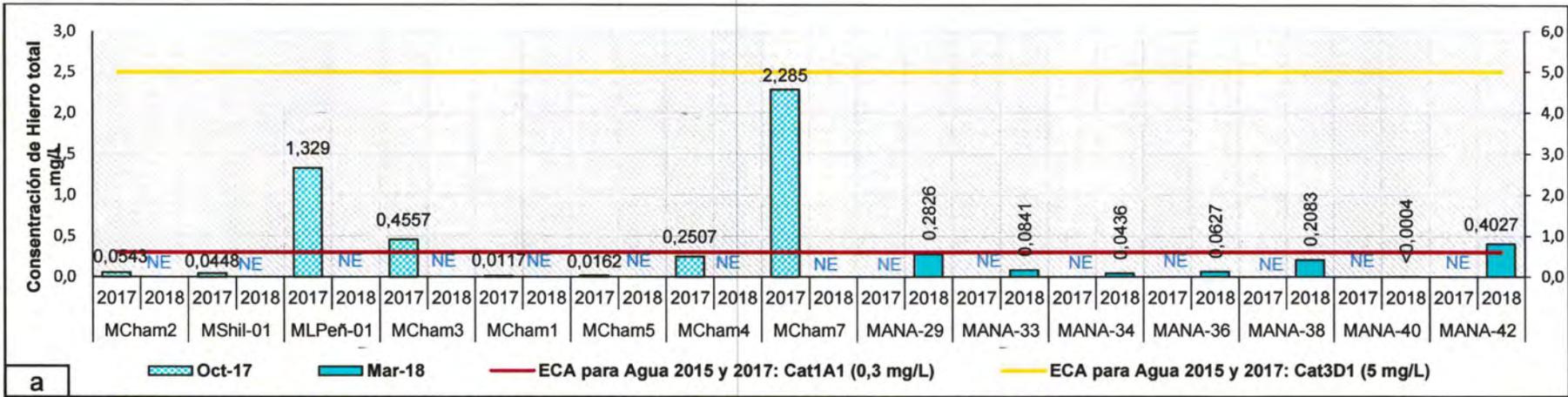


Figura 7-17a. Concentración de hierro total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene

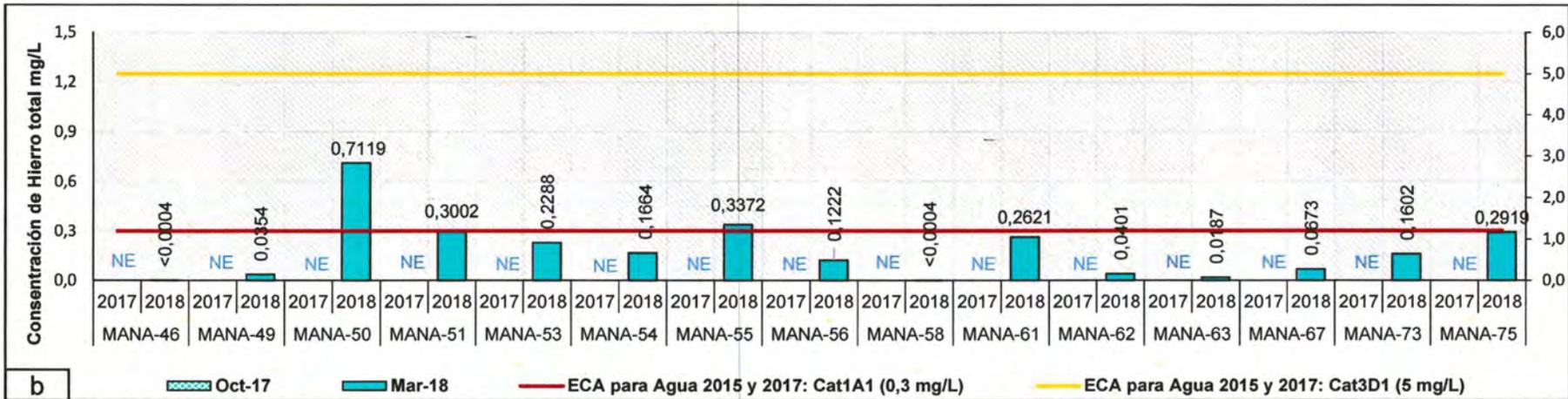


Figura 7-17b. Concentración de hierro total en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada Kerosene



a.4. Microcuenca de la quebrada La Chorrera

En la microcuenca de la quebrada La Chorrera se evaluaron 5 afloramientos de agua subterránea únicamente en octubre de 2017.

Oxígeno disuelto-OD

Como se puede observar en la Figura 7-18, las concentraciones de oxígeno disuelto en los 5 afloramientos evaluados cumplieron con las categorías Cat1A1, Cat3D1 y Cat3D2 del ECA para agua 2015 y 2017, a excepción del afloramiento FNatu12 que incumplió la Cat1A1 de la referida norma.



Handwritten signature and initials in blue ink.

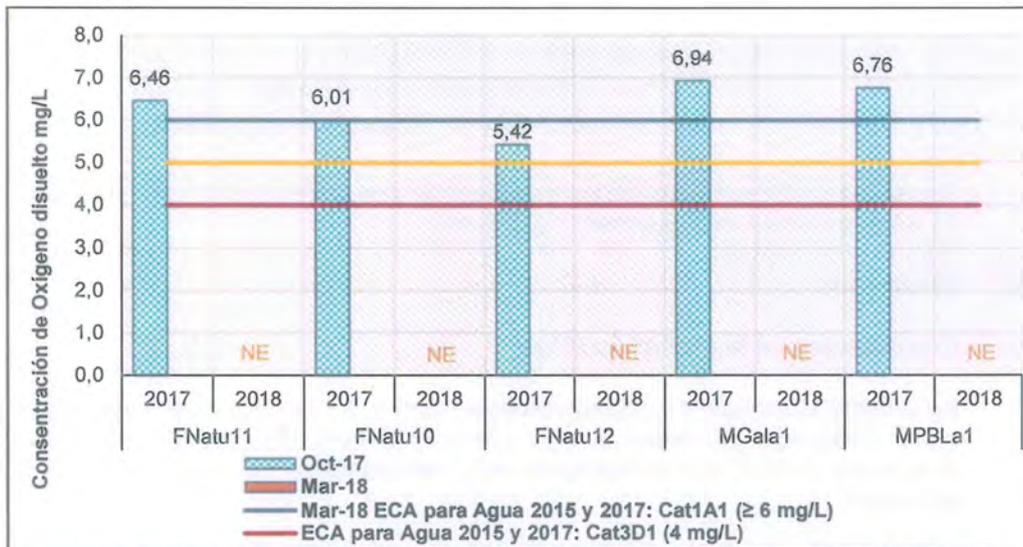


Figura 7-18. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada La Chorrera

Demanda química de oxígeno-DQO

Como se puede observar en las Figura 7-19, la concentración de DQO en los afloramientos fue variable, con concentraciones desde menores al límite de cuantificación (< 2 mg/L) hasta 10 mg/L. Las mayores concentraciones se reportaron en los afloramientos FNatu11 y FNatu12 con valores de 10 y 4 mg/L, respectivamente, cumpliendo los valores establecidos en la Cat1A1, Cat3D1 y Cat3D2 de los ECA para agua del 2015 y 2017.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

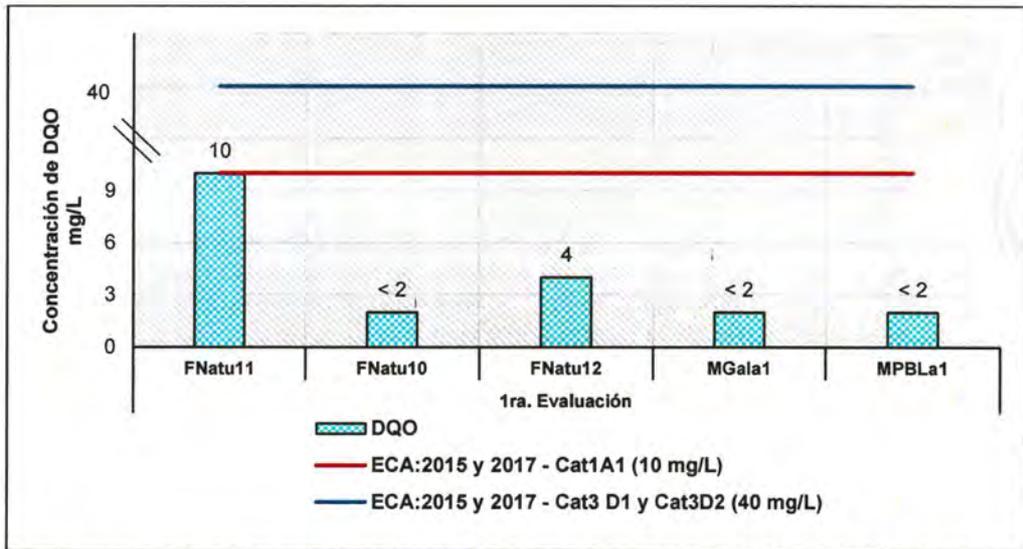


Figura 7-19. Concentración de demanda química de oxígeno (DQO) en los afloramientos de la microcuenca de la quebrada La Chorrera

B. Quebradas

b.1. Microcuenca de la quebrada Milpo

En la microcuenca de la quebrada Milpo se evaluaron 11 puntos de muestreo ubicados en las quebradas circundantes al proyecto El Galeno. Diez puntos fueron evaluados en octubre de 2017 y 8 en marzo de 2018, en ambos estudios se evaluaron 7 puntos en común.

Potencial de hidrógeno-pH

Como se puede observar en la Figura 7-20, los puntos de muestreo LDCo12, QMilp1 y QQuin1 presentaron características ácidas en las 2 evaluaciones con valores de pH que estuvieron fuera del rango establecido en las Cat3D1 y CatD2 del ECA para agua 2015 y 2017.

Por el contrario, los puntos QMilp2, QMilp4 y QPunr2 presentaron condiciones ligeramente básicas en octubre de 2017, con valores de 8,53, 8,42 y 8,44 unidades de pH, respectivamente. Dichos valores incumplieron el rango (6,5 a 8,4) establecido en la Cat3D2 del ECA para agua 2015 y 2017. En los demás puntos los valores de pH se ubicaron dentro del rango, cumpliendo con la referida norma nacional.

Manganeso total (Mn)

Como se puede observar en la Figura 7-21, la mayoría de los puntos ubicados en las quebradas presentaron concentraciones de manganeso total que cumplieron con el valor (0,2 mg/L) establecido en las Cat3D1 y Cat3D2 del ECA para agua 2015 y 2017, a excepción del punto QMuy2 (quebrada Muyoc) donde se reportaron concentraciones de 0,011004 y 0,434230 mg/L, respectivamente; incumpliendo la referida norma nacional en la evaluación realizada en marzo de 2018.



Handwritten signature and initials in blue ink.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

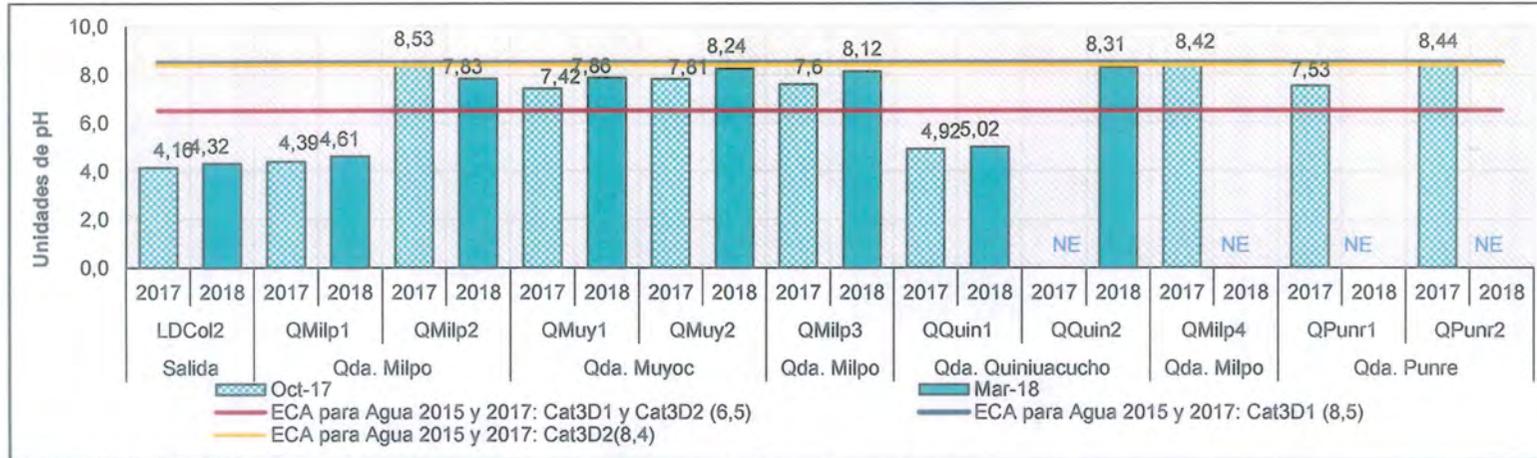


Figura 7-20. Valor de pH en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo

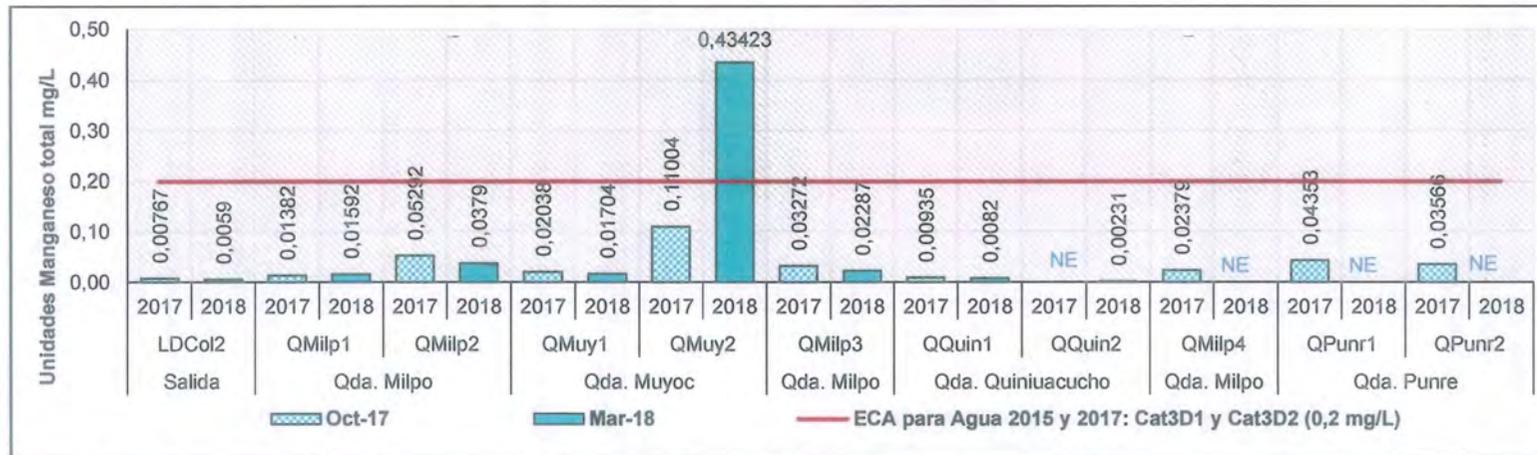


Figura 7-21. Concentración de manganeso total en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo



Handwritten signature and notes in blue ink.



b.2. Microcuenca de la quebrada Yanacocha

En la microcuenca de la quebrada Yanacocha se evaluaron 3 puntos de muestreo ubicados en las quebradas circundantes al proyecto El Galeno. 2 puntos fueron evaluados en octubre de 2017 y 3 en marzo de 2018, en ambos estudios se evaluaron 2 puntos en común.

Potencial de hidrógeno-pH

Como se puede observar en la Figura 7-22, los puntos de muestreo QYana2 y QLipi1A presentaron características ácidas con valores de pH que se encontraron fuera del rango establecido en las Cat3D1 y CatD2 del ECA para agua 2015 y 2017. En cuanto al punto QLipi1A (quebrada Lipiac), en las 2 evaluaciones presentó las mismas condiciones de acides.

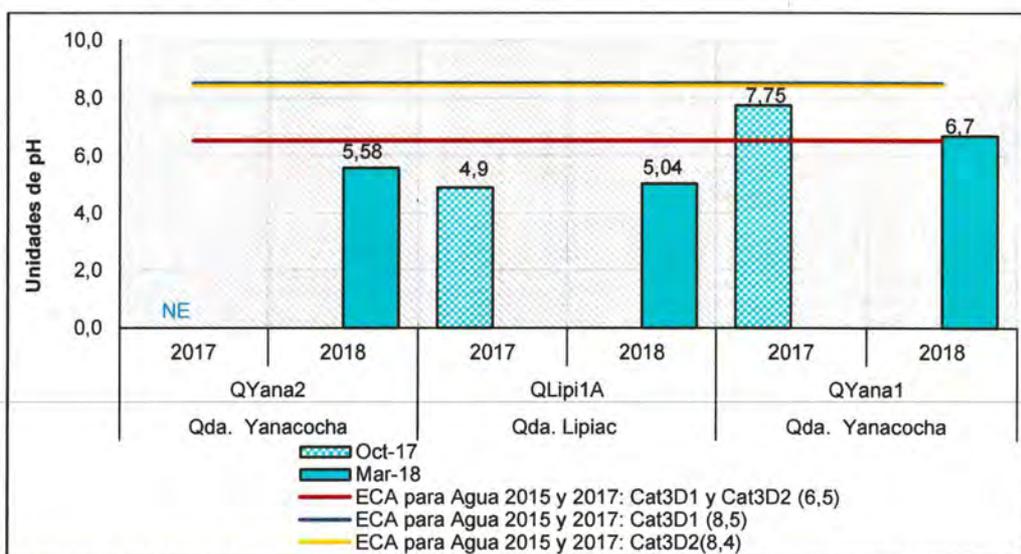


Figura 7-22. Valor de pH en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

b.3. Microcuenca de la quebrada Kerosene

En la microcuenca de la quebrada Kerosene se evaluaron 11 puntos de muestreo ubicados en las quebradas circundantes al proyecto El Galeno. 5 puntos fueron evaluados en octubre de 2017 y 11 en marzo de 2018, en ambos estudios se evaluaron 5 puntos en común.

Potencial de hidrógeno-pH

Como se puede observar en la Figura 7-23, los puntos de muestreo LKero1, QKero2, QD1, QD2, QKero3, QKero1, QChup-01 y QSN-3 presentaron características ácidas con valores de pH que estuvieron fuera del rango establecido en las Cat3D1 y CatD2 del ECA para agua 2015 y 2017. El punto QKero1 presentó las mismas características en las 2 evaluaciones mientras que el punto QChup-01 incumplió la referida norma únicamente en octubre de 2017.



Handwritten signature and vertical text on the left margin.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and vertical text on the left margin.

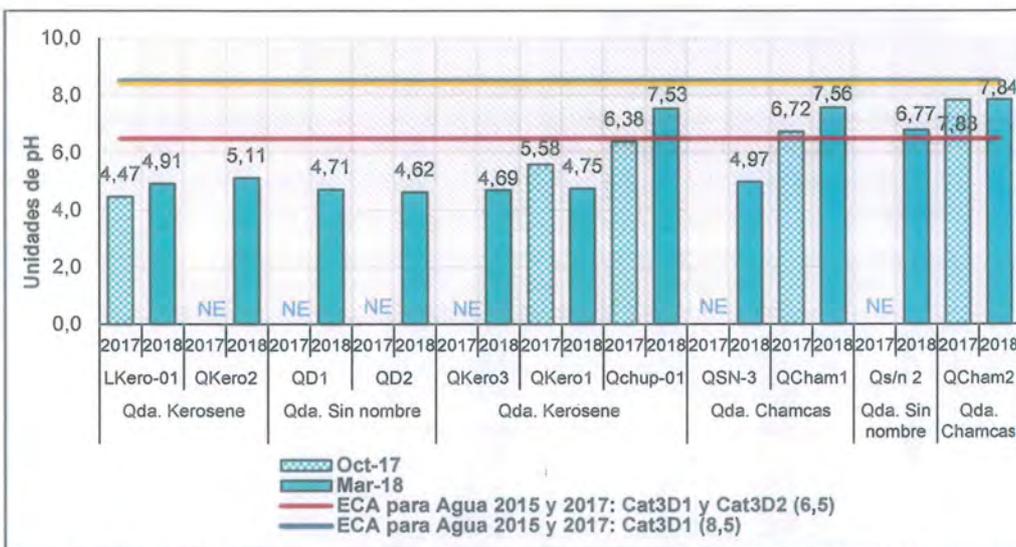


Figura 7-23. Valor de pH en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

Cobre total (Cu)

Como se puede observar en la Figura 7-24, 3 de los 11 puntos evaluados en las quebradas presentaron concentraciones de cobre total de 0,48924, 0,5301, 0,20271 mg/L en los puntos QD1, QD2 y QKero3, respectivamente. Dichos puntos superaron el valor de 0,2 mg/L establecido en la Cat3D1; asimismo la concentración de cobre total en el punto QD2 superó el valor de 0,5 mg/L establecido en la Cat3D2 del ECA para agua 2015 y 2017.

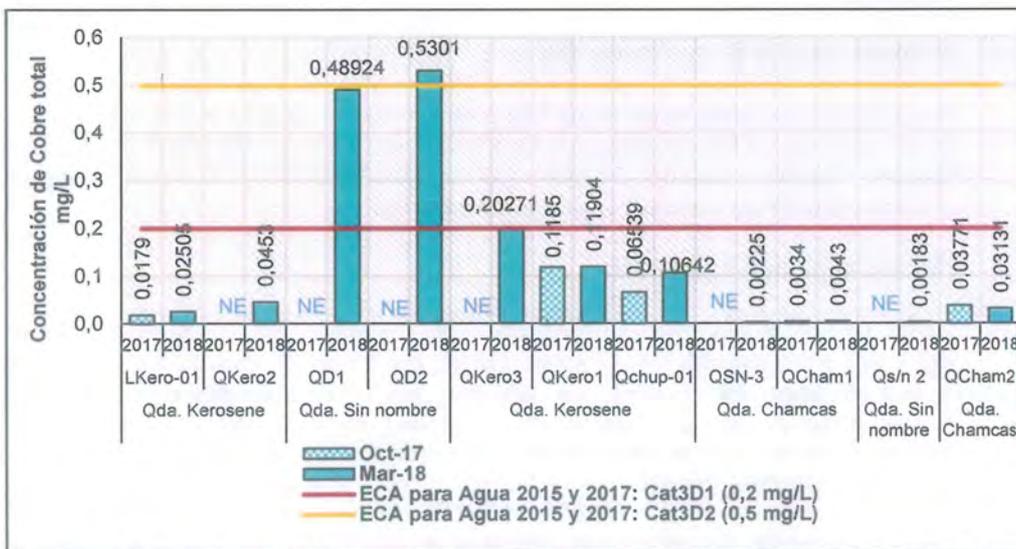


Figura 7-24. Concentración de cobre total en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

b.4. Microcuenca de la quebrada La Chorrera

En la microcuenca de la quebrada La Chorrera se evaluaron 3 puntos ubicados en la quebrada La chorrera y Papacuy, únicamente en octubre de 2017.



Potencial de hidrógeno-pH

Como se puede observar en la Figura 7-25, en el punto QPapa1 (Qda. Papacuay) se registró un valor de 9,05 unidades de pH, el mismo que superó el rango establecido en las Cat3D1 y Cat3D2 del ECA para agua 2015 y 2017. En cambio los puntos QLipi1 y QLipi2, ubicados en la quebrada la Chorrera o Lipiac cumplieron con la referida norma.



Handwritten signature and initials in blue ink.

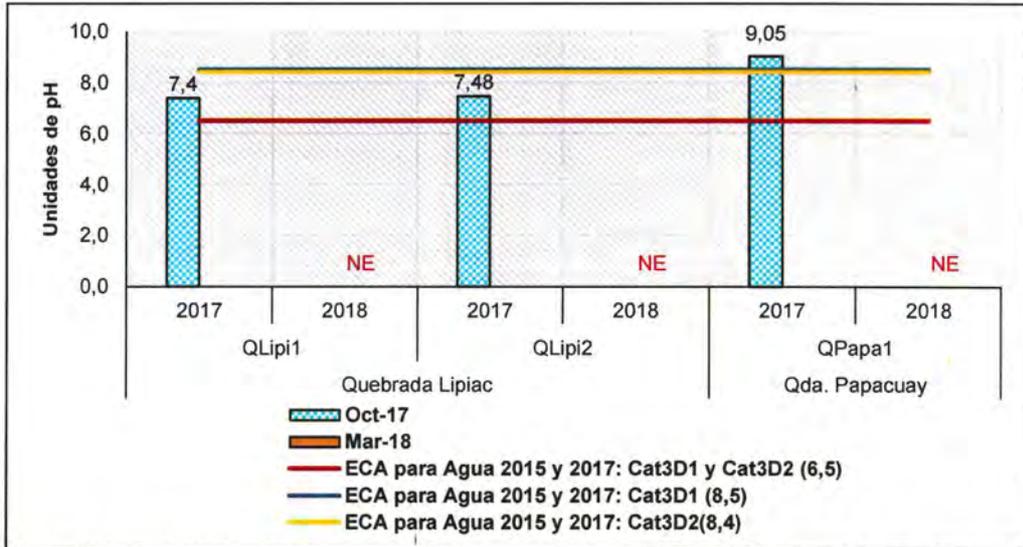


Figura 7-25. Valor de pH en las quebradas de la microcuenca de la quebrada La Chorrera

C. Lagunas

c.1. Microcuenca de la quebrada Milpo

En la microcuenca de la quebrada Milpo se evaluaron 16 puntos de muestreo ubicados en las lagunas La Rinconada, Dos Colores, Milpo y Muyoc circundantes al proyecto El Galeno. Fueron evaluados 13 puntos en octubre de 2017 y 16 en marzo de 2018, en ambos estudios se tuvieron 13 puntos en común.

Potencial de hidrógeno-pH

Como se puede observar en la Figura 7-26, los puntos de muestreo ubicados en las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo presentaron características ácidas en las 2 evaluaciones con valores de pH que se encuentran fuera del rango (6,5 a 9,0 unidades de pH) establecido en la Cat4E1 del ECA para agua 2015 y 2017, a diferencia de los puntos de la laguna Muyoc donde los valores de pH cumplieron con la referida norma nacional.

De lo mencionado es importante aclarar que, en el punto de muestreo LMilp4 (laguna Milpo) se registró valores de 6,52 y 4,51 unidades de pH durante los muestreos realizados en octubre de 2017 y marzo de 2018, respectivamente, cumpliéndose únicamente con la citada norma nacional en octubre de 2017.

Fósforo total

Como se puede observar en la Figura 7-27, los puntos de muestreo ubicados en las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo reportaron valores de fósforo total



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

menores al límite de cuantificación, a diferencia de los puntos LMuy1, LMuy2 y LMuy4 (laguna Muyoc) donde las concentraciones de fósforo total en ambas evaluaciones superaron el valor establecido en la Cat4E1 (0,035 mg/L) del ECA para agua 2015 y 2017; sin embargo, en el punto LMuy3 no cumplió con la referida norma solamente en octubre de 2017.

Cabe destacar, que las mayores concentraciones de fósforo total se presentaron en los 4 puntos de muestreo ubicados en la orilla de la laguna, a diferencia de las concentraciones en los puntos ubicados en el interior de la laguna Muyoc.

Cobre total (Cu)

Como se puede observar en la Figura 7-28, el punto LDCol1 (laguna Dos Colores) presentó concentraciones de cobre total de 0,1213 y 0,12335 mg/L en octubre de 2017 y marzo de 2018, respectivamente. Dichos valores superaron el valor de 0,01 mg/L establecido en la Cat4E1 del ECA para agua 2015 y 2017. Por otro lado, cabe resaltar que el cobre total registrado en la laguna Muyoc fue menor al límite de cuantificación.



Vertical handwritten text on the left margin: 10/10/17, followed by several illegible characters.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and initials in blue ink.

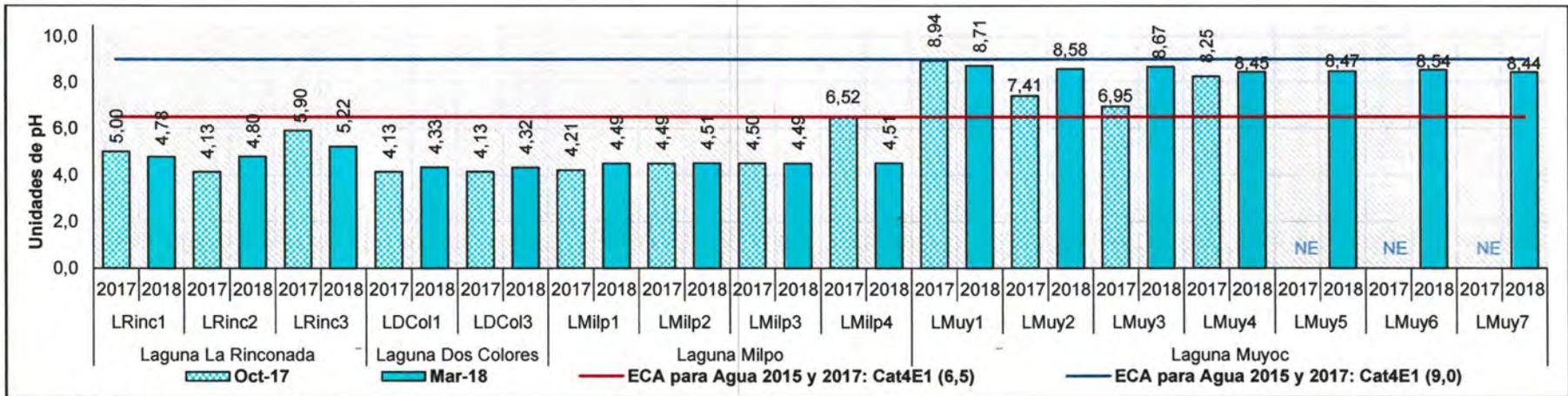


Figura 7-26. Valor de pH en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

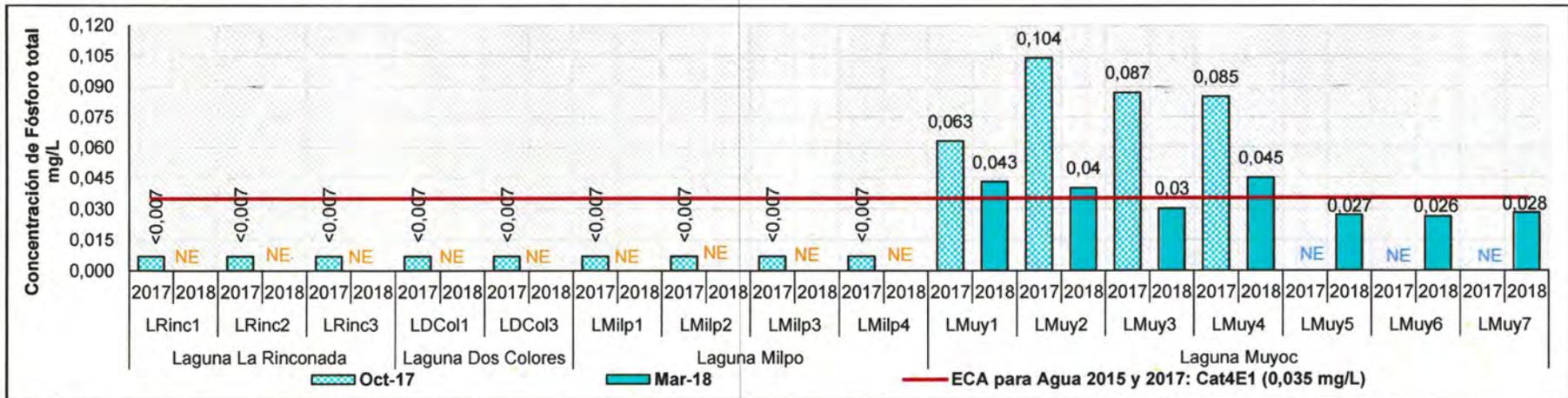


Figura 7-27. Concentración de fósforo total en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and initials in blue ink

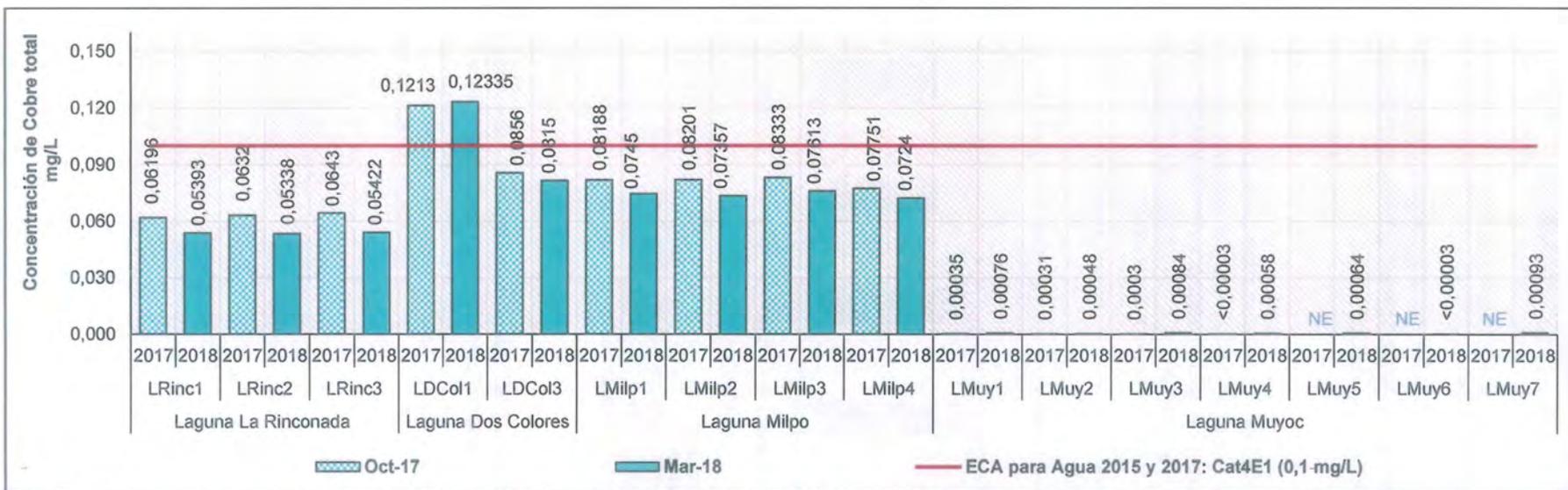


Figura 7-28. Concentración de cobre total en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo





«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

c.2. Microcuenca de la quebrada Yanacocha

En esta microcuenca se evaluaron 7 puntos de muestreo ubicados en la laguna Yanacocha, de los que sólo un punto fue evaluado en octubre de 2017 y 7 en marzo de 2018 y un punto en común en ambas evaluaciones.

Potencial de hidrógeno-pH

Como se puede observar en la Figura 7-29, los puntos de muestreo ubicados en la laguna Yanacocha presentaron características ácidas con valores que se encuentran fuera del rango (6,5 a 9,0 unidades de pH) establecido en la Cat4E1 del ECA para agua 2015 y 2017. En cuanto al punto LYana1, presentó las mismas condiciones en las 2 evaluaciones, incumpliendo la referida norma nacional.



Vertical handwritten signature and date: 10/10/18

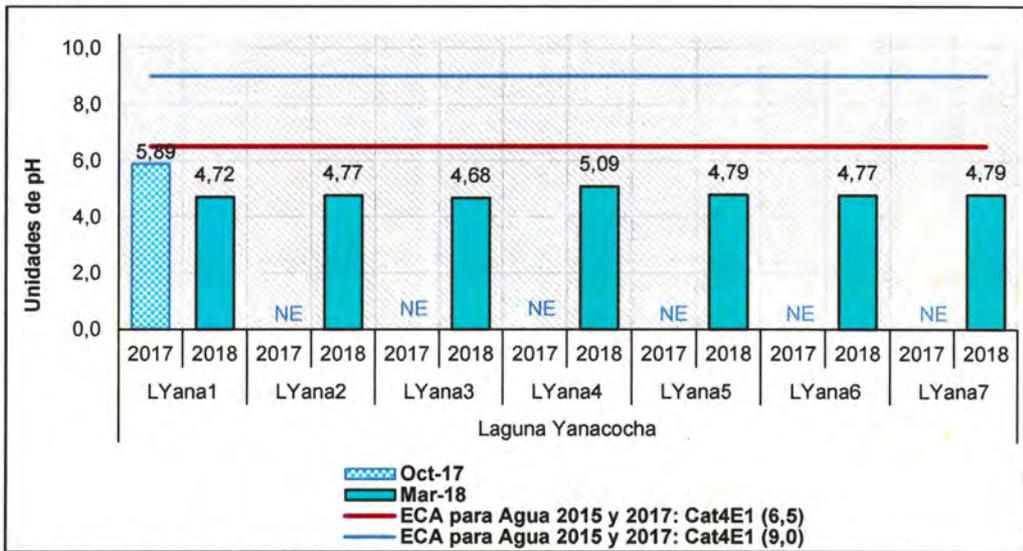


Figura 7-29. Valor de pH en la laguna Yanacocha

Plomo total (Pb)

Como se puede observar en la Figura 7-30, las concentraciones de plomo total en los puntos de la laguna Yanacocha cumplieron con los valores establecidos en las Cat4E1 (0,0025 mg/L), a excepción del punto LYana7 donde se reportó una concentración de 0,0039 mg/L, incumpliendo la Cat4E1 del ECA para agua 2015 y 2017.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Vertical handwritten notes in blue ink, including a signature and the number '40' at the bottom.

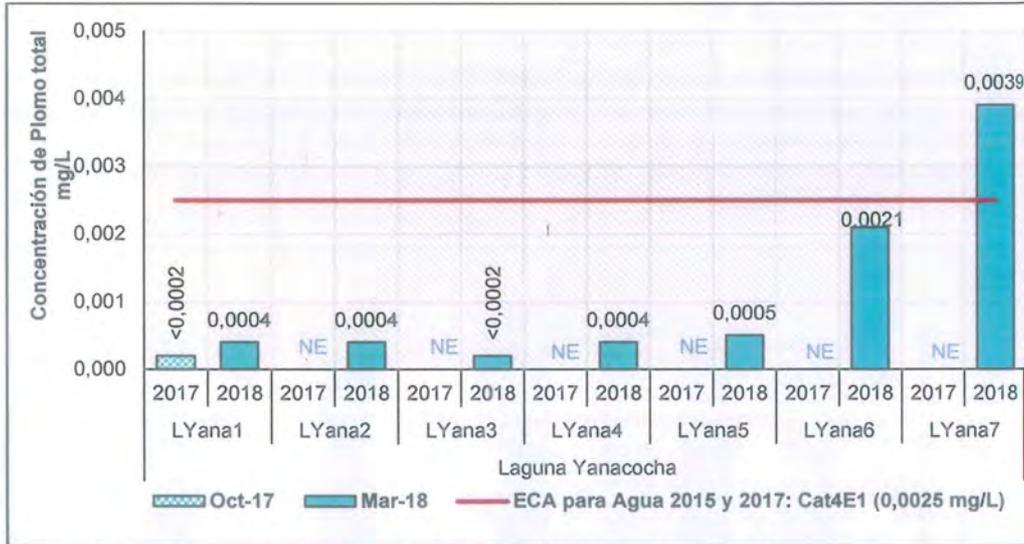


Figura 7-30. Concentración de plomo total en la laguna Yanacocha

c.3. Microcuenca de la quebrada Kerosene

En esta microcuenca se evaluaron 5 puntos de muestreo ubicados en las lagunas Kerosene y Seca. 2 puntos fueron evaluados en octubre de 2017 y 5 en marzo de 2018, para ambas evaluaciones se tuvieron 2 puntos de muestreo en común.

Potencial de hidrógeno-pH

Como se puede observar en la Figura 7-31, las lagunas Kerosene y Seca presentaron condiciones ácidas con valores que se encuentran fuera del rango (6,5 a 9,0 unidades de pH) establecido en la Cat4E1 del ECA para agua 2015 y 2017. Por otro lado, en los puntos LKero2 y LKero3 (laguna Kerosene) se registró valores de pH que se encuentran fuera del rango establecido en la referida norma en ambas evaluaciones.

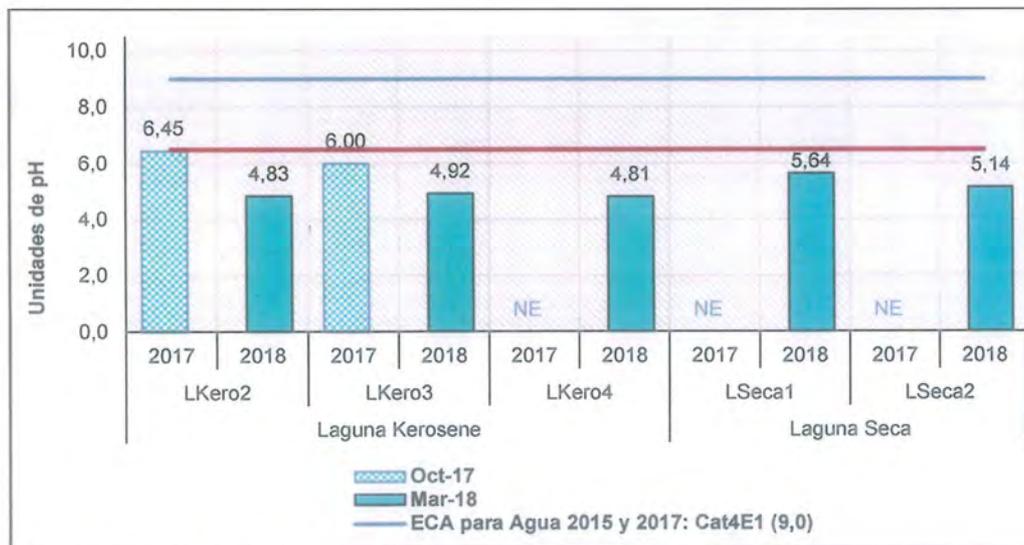


Figura 7-31. Valor de pH en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Oxígeno disuelto (OD)

Como se puede apreciar en la Figura 7-32, en el punto LSeca2 (laguna Seca) se registró una concentración de oxígeno disuelto de 4,66 mg/L, incumpliendo el valor mínimo establecido en la Cat4E1 (≥ 5 mg/L) del ECA para agua 2015 y 2017. Por el contrario, el resto de puntos ubicados en las lagunas Kerosene y Seca cumplieron con la referida norma nacional.



Handwritten signature and date: 12/02/18

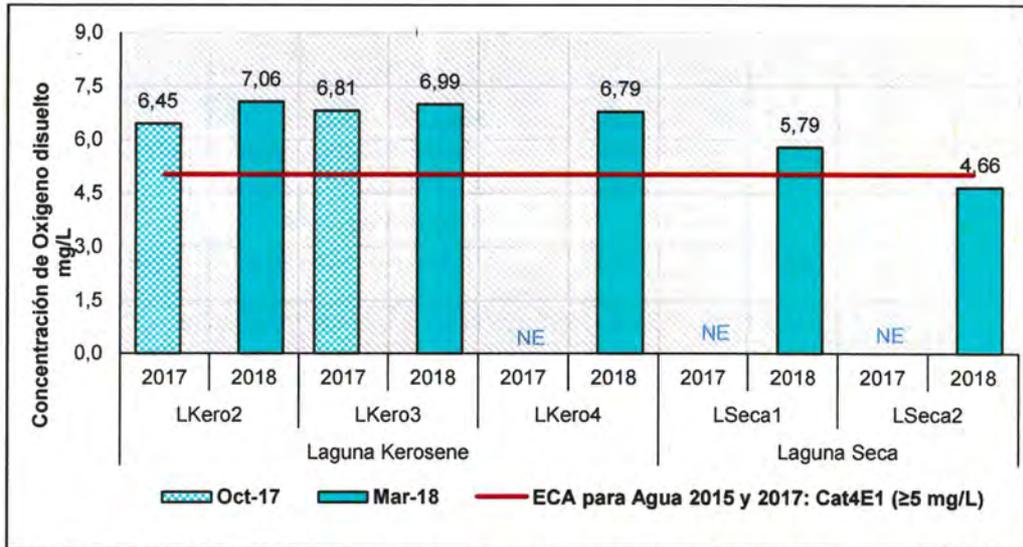


Figura 7-32. Concentración de oxígeno disuelto en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Kerosene

Handwritten signature and date: 12/02/18

c.4. Microcuenca de la quebrada La Chorrera

En la microcuenca de la quebrada La Chorrera se evaluaron 3 puntos de muestreo ubicados en la laguna Lipiac únicamente en octubre de 2017.

Potencial de hidrógeno-pH

Como se puede observar en la Figura 7-33, los 3 puntos evaluados en la laguna Lipiac (LLipi1, LLipi2 y LLipi3) presentaron características ácidas con valores de 5,31, 5,77 y 4,83, respectivamente. Dichos valores se encuentran fuera del rango (6,5 a 9,0 unidades de pH) establecido en la Cat4E1 del ECA para agua 2015 y 2017.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and initials in blue ink.

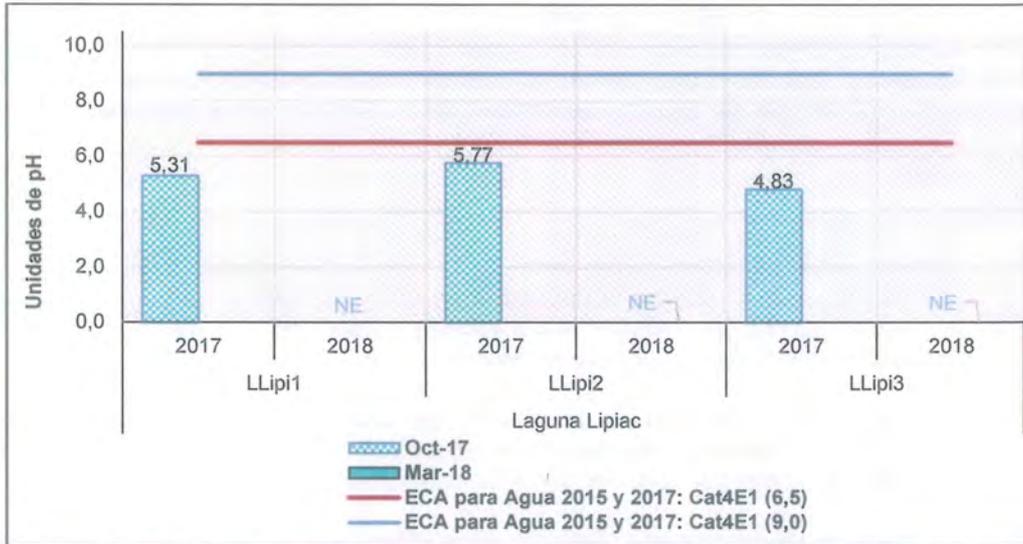


Figura 7-33. Valor de pH en la laguna Lipiac de la microcuenca de la quebrada La Chorrera

Plomo total (Pb)

Como se puede observar en la Figura 7-34, la concentración de plomo total en los puntos LLipi1, LLipi2 y LLipi3 fueron 0,0038; 0,0029 y 0,0064 mg/L, respectivamente. Dichos valores excedieron el valor de 0,0025 mg/L establecidos en la Cat4E1 del ECA para agua 2015 y 2017.

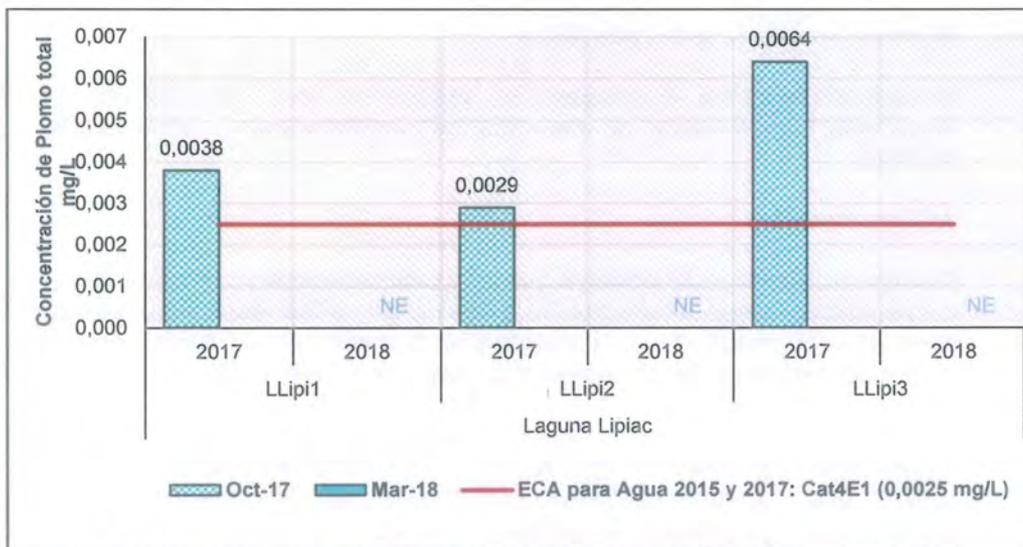


Figura 7-34. Concentración de plomo total en la laguna Lipiac de la microcuenca de la quebrada La Chorrera

7.1.2 Sedimento

En esta sección se presenta los resultados de la calidad de sedimentos en peso seco (PS) evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018. Los resultados se compararon de manera **referencial** con las «Directrices de Calidad de Sedimento Canadiense para la Protección de Vida Acuática» del Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente-CCME.



Las directrices de calidad del sedimento (SQG-*Sediment Quality Guideline*) brindan valores de referencia para evaluar y observar efectos biológicos adversos en sistemas acuáticos. Las directrices derivan de la información toxicológica disponible según el protocolo «Protocolo para la Derivación de la Calidad del Sedimento Canadiense Directrices para la Protección de la Vida Acuática» formal establecido por el CCME en 1995.

Las Directrices de Calidad Ambiental de Canadá (CEGQ- *Canadian Environmental Quality Guidelines*) para sedimentos, recomiendan niveles de ISQG y PEL para 31 elementos o sustancias químicas para sedimentos de agua dulce y marinos (incluidos los estuarios). En los metales recomendados están: As, Cd, Cu, Cr, Hg, Pb y Zn, parámetros de comparación con la referida norma.

- Directrices provisionales de calidad de sedimentos (ISQG-*Interim Sediment Quality Guidelines*): Representa la concentración, por debajo de la cual se espera efectos biológicos adversos en raras ocasiones.
- Nivel de efecto probable (PEL-*Probable Effect Level*): Define la concentración, por encima de la cual se espera que ocurra con frecuencia efectos biológicos adversos.

A continuación, se presentan los gráficos de los resultados de la calidad de los sedimentos evaluados en las lagunas de las microcuencas aledañas al proyecto EL Galeno.

A. Lagunas

a.1. Microcuenca de la quebrada Milpo

En esta microcuenca se evaluaron los sedimentos de las lagunas Dos Colores, La Rinconada, Milpo y Muyoc, en las evaluaciones realizadas en octubre de 2017 y marzo de 2018.

Arsénico total

En esta microcuenca se observa que los valores de arsénico total se encuentran en concentraciones que varían de 0,12 a 1951 mg/kg PS (Figura 7-35), siendo la mayor concentración reportada en la laguna Dos Colores (SED-LDCol1), mientras que la menor concentración se obtuvo en la laguna Muyoc (SED-LMuy6).

En los puntos evaluados en la laguna Muyoc (SED-LMuy1, SED-LMuy2, SED-LMuy3 y SED-LMuy4), la concentración de arsénico fue variable en las 2 evaluaciones. Cabe resaltar, que en los puntos SED-LMuy2 y SED-LMuy3 las concentraciones excedieron los valores referenciales ISQG y PEL de las CEQG para sedimentos, en el caso del punto SED-LMuy2 superó el valor PEL de la norma referencial únicamente en la evaluación realizada en marzo de 2018 (Figura 7-30).

Por otro lado, en las lagunas La Rinconada y Dos Colores, las concentraciones de arsénico superaron los valores referenciales de ISQG y PEL de las CEQG para sedimentos, a diferencia de la laguna Milpo que excedió sólo el valor de la norma referencial ISQG (Figura 7-35).



Handwritten signature and initials in blue ink, including the letters 'A', 'd', 'S', and 'H'.



Cadmio total

En los puntos evaluados en la laguna Muyoc (SED-LMuy1, SED-LMuy4, SED-LMuy5 y SED-LMuy7) en marzo de 2018, se reportó concentraciones de cadmio que superaron el valor referencial ISQG de las CEQG para sedimentos; sin embargo, en el punto SED-LMuy3 la concentración de cadmio excedió la norma internacional en las 2 evaluaciones. Por otro lado, en los puntos SED-LRinc2 (laguna La Rinconada) y SED-LDCol1 (laguna Dos Colores) la concentración de cadmio superó el valor referencial ISQG de las CEQG para sedimentos (Figura 7-36).

Cobre total

En los puntos de muestreo de la laguna Muyoc, las concentraciones de cobre no superaron los valores del ISQG y PEL de las CEQG para sedimento en ambas evaluaciones, a excepción del punto SED-LMuy5 donde presentó una concentración de 90,54 mg/Kg Ps, excediendo el valor del ISQG (35,7 mg/Kg) de la referida norma en la evaluación realizada en marzo de 2018 (Figura 7-37).

En cuanto a la laguna Dos Colores, la concentración de cobre en el punto SED-LDCol1 fue la más alta (4415 mg/kg PS), excediendo los valores de ISQG (35,7 mg/Kg) y PEL (197 mg/Kg); sin embargo, en el punto SED-LDCol3, la concentración disminuye a 107 mg/kg PS excediendo únicamente el valor ISQG de las CEQG para sedimentos (Figura 7-32). Por otro lado, en la laguna La Rinconada la concentración de cobre en los 3 puntos de muestreo superó el valor de ISQG; mientras, el punto SED-LRinc3 (199 mg/kg PS) también superó el valor PEL (197 mg/Kg) de las CEQG para sedimentos (Figura 7-37).

Mercurio Total

Como se puede observar en la Figura 7-38, la concentración de mercurio total en los puntos evaluados en la laguna Muyoc: SED-LMuy1 SED-LMuy3 y SED-LMuy6 en marzo de 2018 fue 0,9959, 0,3724 y 0,2824 mg/Kg PS, respectivamente. Dichos valores excedieron el valor ISQG de las CEQG, en cuanto al punto SED-LMuy1 también excedió el valor PEL para sedimentos. Por otra parte, en los puntos SED-LMuy1 y SED-LMuy4, la concentración de mercurio únicamente excedió el valor ISQG de la norma internacional en la evaluación de octubre de 2017.

En cuanto a los puntos SED-LRinc1 y SED-LRinc3, evaluados en la laguna La Rinconada en octubre de 2017, las concentraciones de mercurio fueron 0,39 y 0,21 mg/Kg PS, respectivamente, excediendo el valor (0,17 mg/Kg PS) ISQG de las CEQG para sedimentos. Finalmente, en el punto SED-LDCol3 evaluado en la laguna Dos Colores, la concentración de mercurio fue 1,2 mg/Kg PS excediendo los valores ISQG y PEL de las CEQG para sedimentos; a diferencia del punto SED-DCol1 ubicado en la misma laguna, que superó sólo el valor de ISQG de la norma internacional (Figura 7-38).

Plomo Total

Como se observa en la Figura 7-39, los puntos evaluados en la laguna Muyoc: SED-LMuy1, SED-LMuy3, SED-LMuy5 y SED-LMuy7, presentaron concentraciones de plomo de 39,4, 267,2, 39,2 y 43,63 mg/Kg PS, respectivamente; excediendo el valor ISQG de la CEQG para sedimentos en la evaluación de marzo de 2018. En el caso del punto SED-LMuy3, la concentración de plomo excedió el valor PEL en marzo de 2018 y el valor ISQG de la norma internacional en octubre de 2017.



Handwritten signature and initials in blue ink.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

En la laguna La Rinconada, la mayor concentración de plomo se registró en el punto SED-LRinc2 (200 mg/Kg PS) superando los valores ISQG y PEL de las CEQG para sedimentos en la evaluación de octubre de 2017; a diferencia del punto SED-LRinc3 (49,3 mg/Kg PS) que superó únicamente el valor ISQG de la norma internacional (Figura 7-39).

Por otro lado, en la laguna Dos Colores, las concentraciones de plomo en los puntos SED-LDcol1 y SED-LDcol3 fueron 71,2 y 28,6 mg/Kg PS respectivamente, excediendo el valor ISQG de las CEQG para sedimentos en la evaluación de octubre de 2017 (Figura 7-39).

Zinc total

Como se puede apreciar en la Figura 7-40, los puntos SED-LMuy1, SED-LMuy3, SED-LMuy5 y SED-LMuy7 evaluados en marzo de 2018 en la laguna Muyoc, presentaron concentraciones de 138,3, 249,4, 165,2 y 169,3 mg/Kg PS, respectivamente; excediendo el valor (123 mg/Kg) ISQG de las CEQG para sedimentos. En el caso del punto SED-LMuy3 también superó la referida norma internacional en la evaluación de octubre de 2017.

En cuanto a los puntos SED-LRinc2 (laguna La Rinconada) y SED-LDcol1 (Dos Colores), presentaron concentraciones de zinc de 799 y 532 mg/KG PS, respectivamente; excediendo los valores ISQG y PEL de las CEQG para sedimentos. Por otro lado, las concentraciones de zinc registradas en los demás puntos evaluados en las lagunas mencionadas no superaron los valores de la norma internacional en la evaluación de octubre de 2017 (Figura 7-40).



Handwritten signature and initials in blue ink.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and vertical text on the left margin.

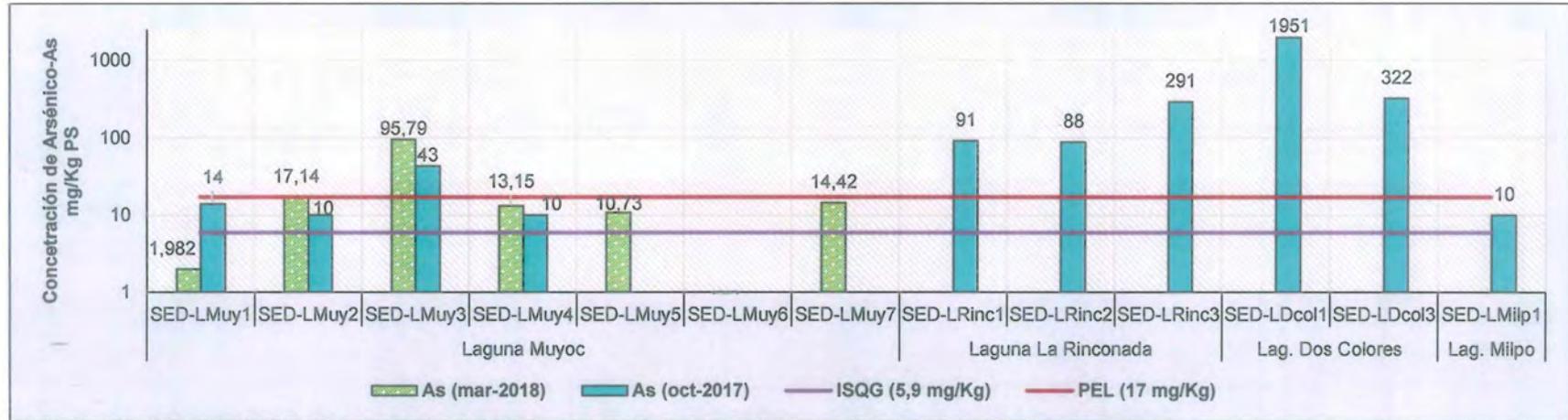


Figura 7-35. Concentración de arsénico en los sedimentos de las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

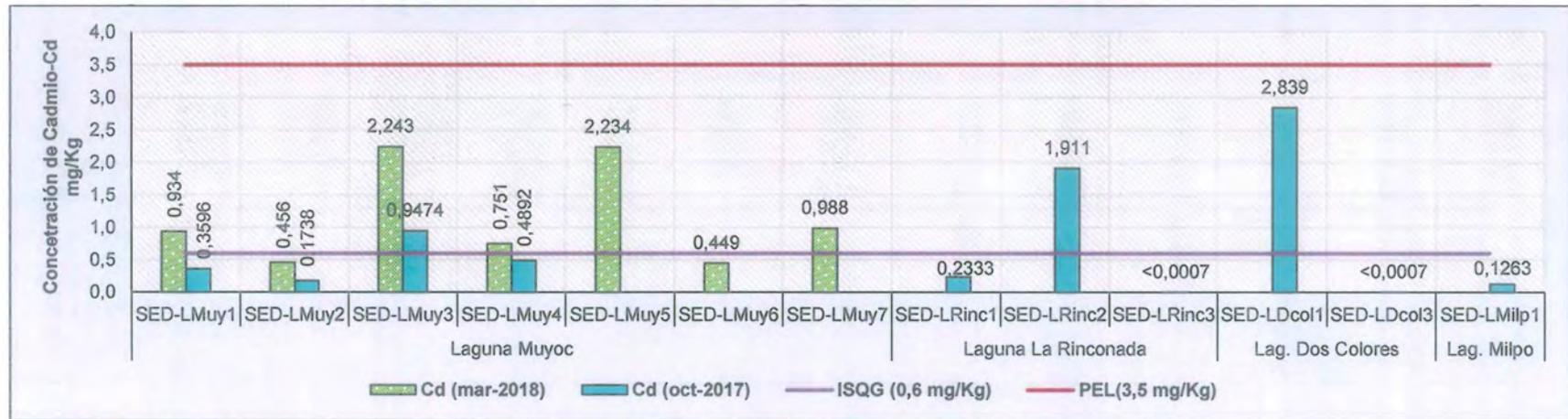


Figura 7-36. Concentración de cadmio en los sedimentos de las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and initials in blue ink.

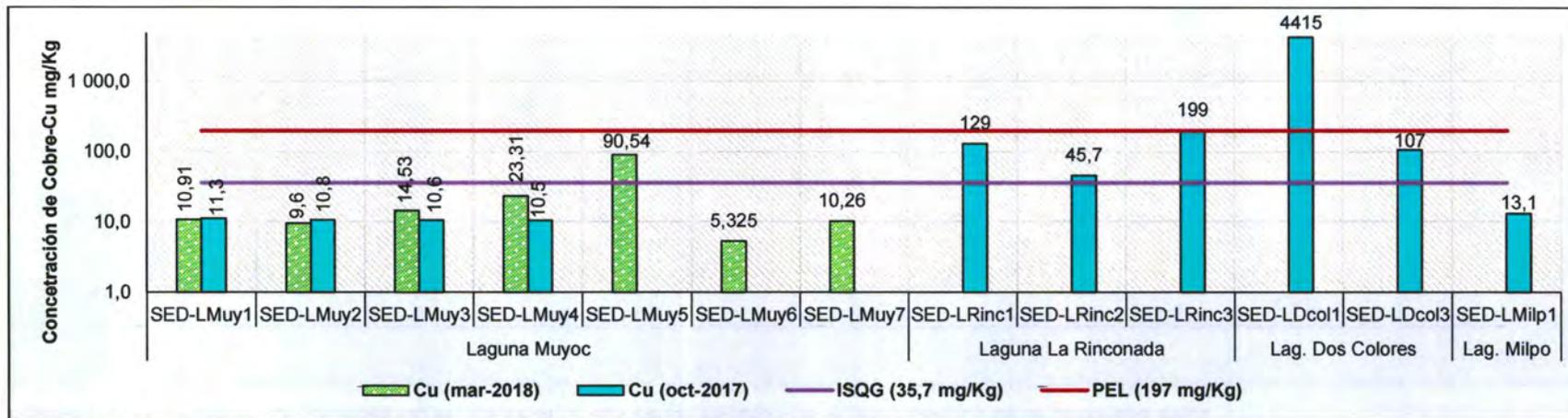


Figura 7-37. Concentración de cobre en los sedimentos de las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

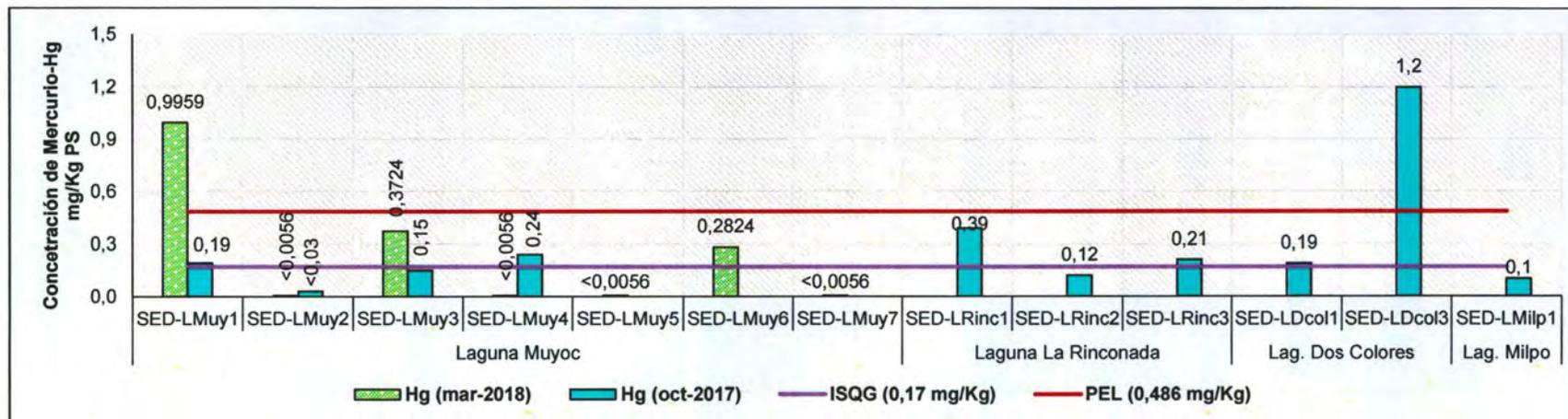


Figura 7-38. Concentración de mercurio en los sedimentos de las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

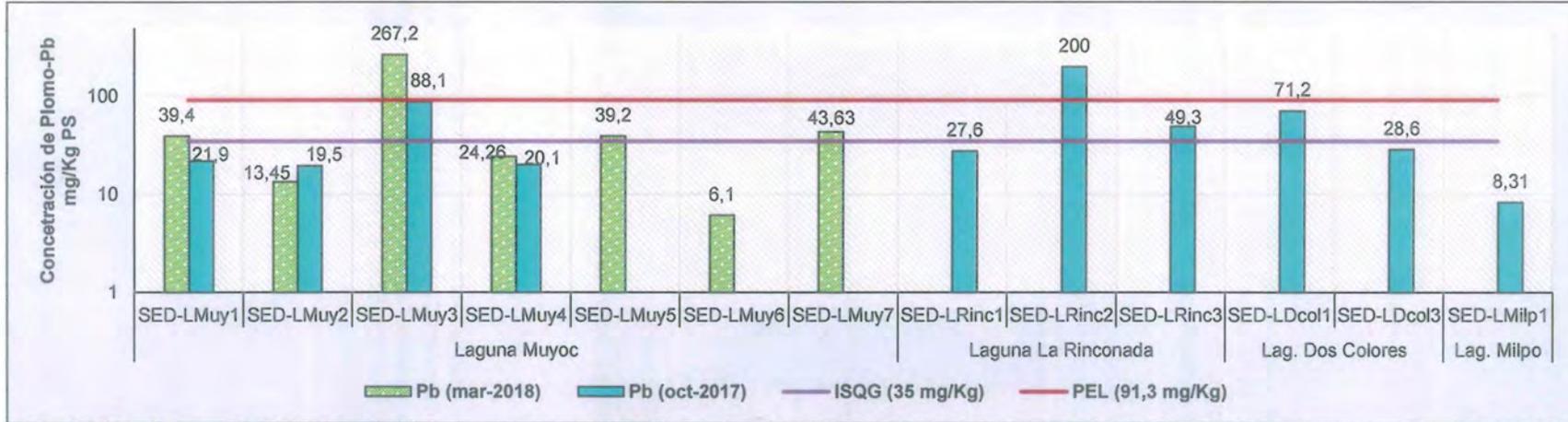


Figura 7-39. Concentración de plomo en los sedimentos de las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

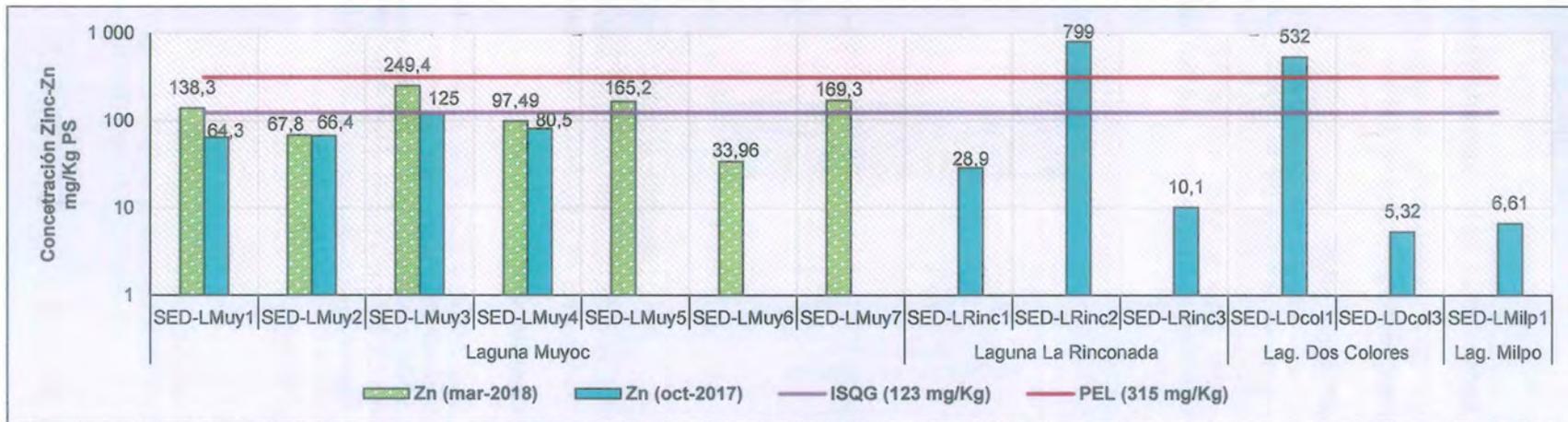


Figura 7-40. Concentración de zinc en los sedimentos de las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo



Handwritten signature and date: 2018



a.2. Microcuenca de la quebrada Yanacocha

En esta microcuenca se evaluaron únicamente los sedimentos de la laguna Yanacocha en marzo de 2018.

Arsénico total

Como se observa en la Figura 7-41, los valores de arsénico total en los puntos SED-LYana5, SED-LYana6 y SED-LYana7 evaluados en la laguna Yanacocha fueron 1738, 1108 y 1202 mg/Kg PS, respectivamente, superando los valores ISQG (5,9 mg/Kg) y PEL (17 mg/Kg) de las CEQG para sedimentos de ambientes continentales (agua dulce).



Vertical handwritten signature and initials in blue ink.

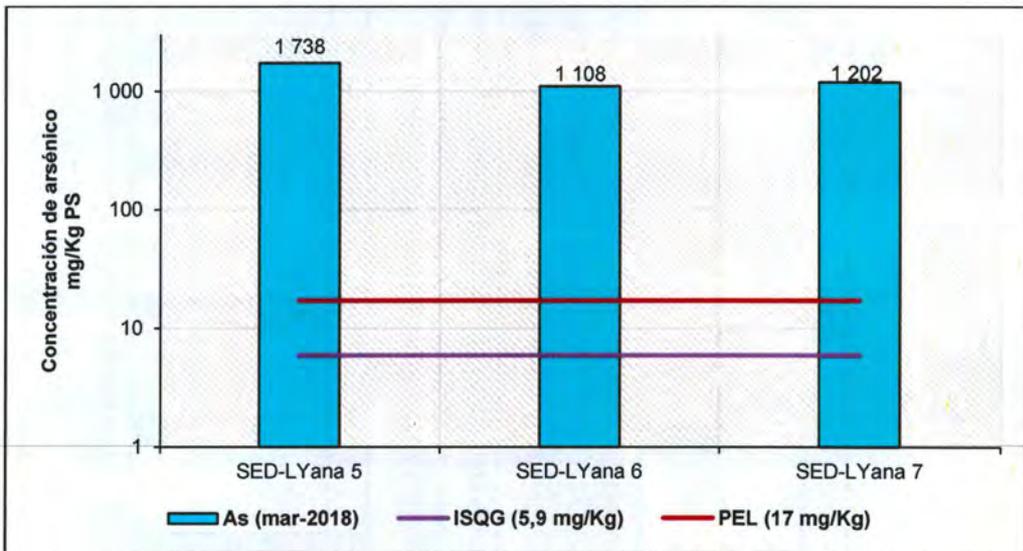


Figura 7-41. Concentración de arsénico en los sedimentos de la laguna Yanacocha-microcuenca de la quebrada Yanacocha

Cadmio total

Como se puede apreciar en la Figura 7-42, los valores de cadmio total en los puntos SED-LYana5, SED-LYana6 y SED-LYana7 evaluados en marzo de 2018 fueron 0,964, 3,728 y 2,89 mg/Kg PS, respectivamente, excediendo el valor ISQG (0,6 mg/Kg) de las CEQG para sedimentos. Asimismo, en el punto SED-LYana6 la concentración de cadmio total superó el valor PEL (3,5 mg/Kg) de la norma internacional.



Handwritten signature and vertical text on the left margin.

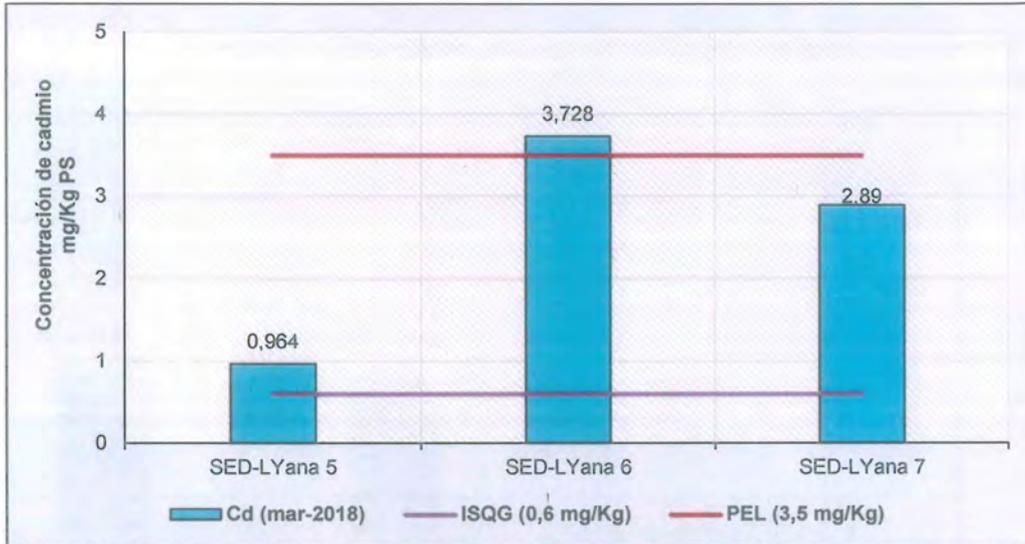


Figura 7-42. Concentración de cadmio en los sedimentos de la laguna Yanacocha-microcuenca de la quebrada Yanacocha

Cobre total

Como se puede apreciar en la Figura 7-43, los valores de cobre total en los puntos SED-LYana5, SED-LYana6 y SED-LYana7 evaluados en marzo de 2018 fueron 122,4, 209,9 y 135 mg/Kg PS, respectivamente, superando el valor ISQG (35,7 mg/Kg) de las CEQG para sedimentos. Asimismo, la concentración de cobre total en el punto SED-LYana6 excedió el valor PEL (197 mg/Kg) de la norma internacional.

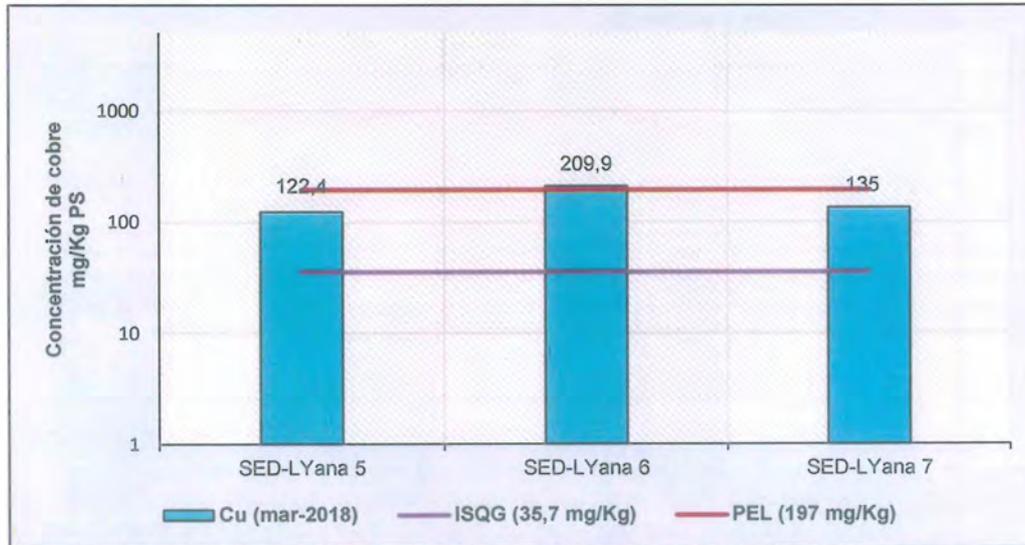


Figura 7-43. Concentración de cobre en los sedimentos de la laguna Yanacocha-microcuenca de la quebrada Yanacocha

Mercurio total

Como se puede observar en la Figura 7-44, los valores de mercurio total en los puntos SED-LYana6 y SED-LYana7 evaluados en marzo de 2018 fueron de 0,1914 y 0,2584 mg/Kg PS, respectivamente, superando el valor ISQG (0,17 mg/Kg) de las CEQG para



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

sedimentos. En cuanto al punto SED-LYana5, este registró la concentración de mercurio total por debajo del límite de cuantificación (<0,0056).



Vertical handwritten signature in blue ink.

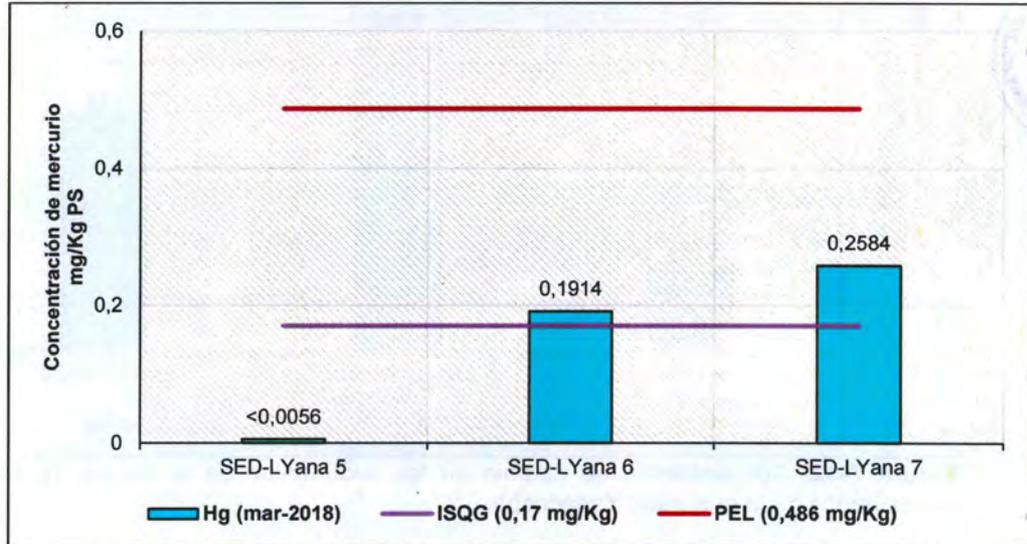


Figura 7-44. Concentración de mercurio en los sedimentos de la laguna Yanacocha-microcuenca de la quebrada Yanacocha

Plomo total

Como se puede apreciar en la Figura 7-45, los valores de plomo total en los puntos SED-LYana5, SED-LYana6 y SED-LYana7, fueron de 12,82, 6,83 y 6,97 mg/Kg PS, respectivamente, cumpliendo con los valores ISQG (35 mg/Kg) y PEL (91,3 mg/Kg) de las CEQG para sedimentos.

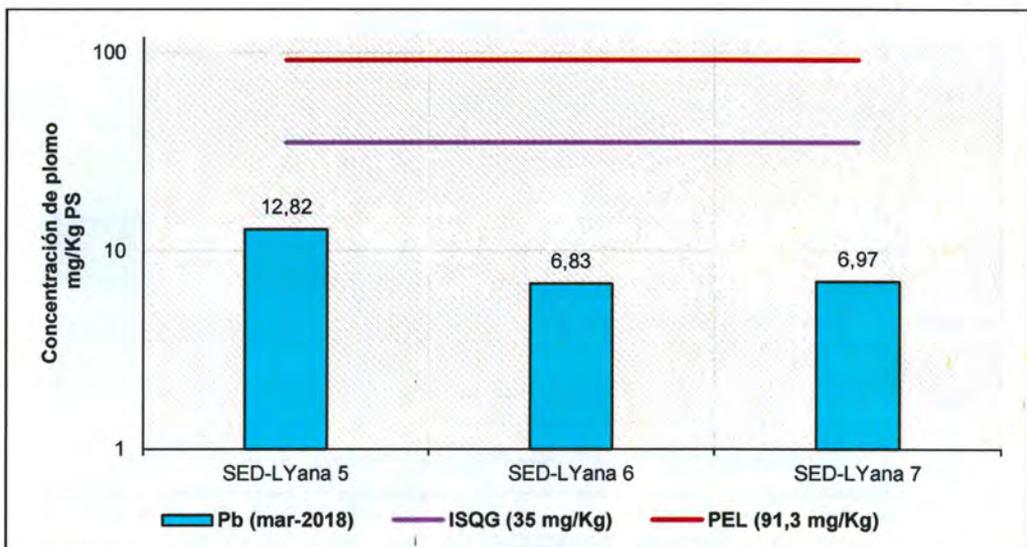


Figura 7-45. Concentración de plomo en los sedimentos de la laguna Yanacocha-microcuenca de la quebrada Yanacocha



Zinc total

Como se puede observar en la Figura 7-46, los valores de zinc total en los puntos SED-LYana5, SED-LYana6 y SED-LYana7, fueron de 289,2, 41, 23 y 23,69 mg/Kg PS, respectivamente. De este modo, sólo el punto SED-LYana5 excedió en la concentración del zinc total el valor ISQG (123 mg/Kg) de las CEQG para sedimentos.



Vertical handwritten signature and date

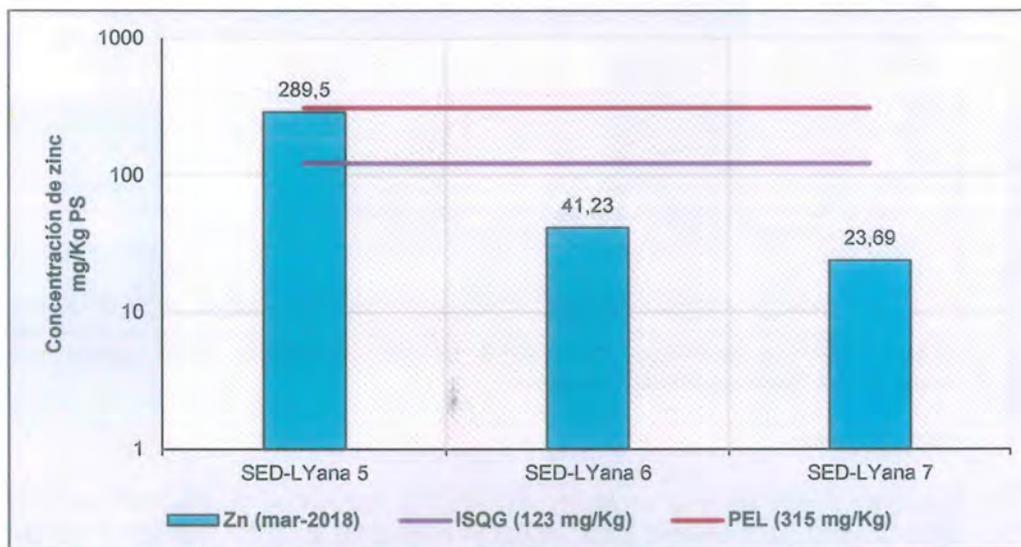


Figura 7-46. Concentración de zinc en los sedimentos de la laguna Yanacocha-microcuenca de la quebrada Yanacocha

a.3. Microcuenca de la quebrada kerosene

En esta microcuenca se evaluaron únicamente los sedimentos de la laguna Kerosene en las evaluaciones realizadas en octubre de 2017 y en marzo de 2018.

Arsénico total

Como se puede apreciar en la Figura 7-47, los valores de arsénico total en los puntos SED-LKero2, SED-LKero3 y SED-LKero4 evaluados en marzo de 2018 fueron 40,45, 2,758 y 0,063 mg/Kg PS, respectivamente; excediendo el valor ISQG (5,9 mg/Kg) y PEL (17 mg/Kg PS) de la de las CEQG para sedimentos únicamente en el punto SED- LKero2.

Por otro lado, en la evaluación realizada en octubre de 2017 la concentración de arsénico en el punto SED-LKero2, excedió únicamente el valor ISQG de la norma internacional.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

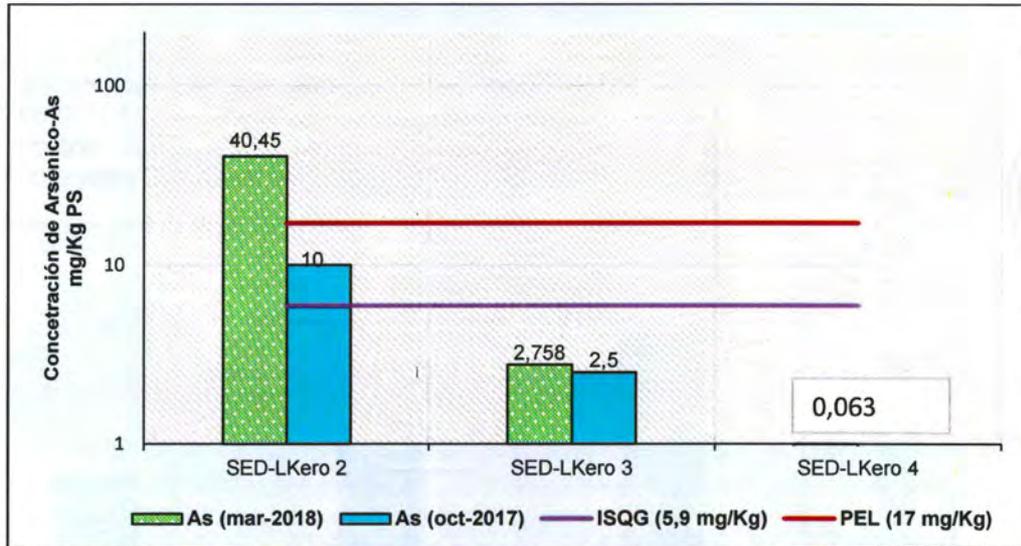


Figura 7-47. Concentración de arsénico en los sedimentos de la laguna Kerosene-microcuena de la quebrada Kerosene

Cadmio total

Como se puede apreciar en la Figura 7-48, los valores de cadmio total en los puntos SED-LKero2, SED-LKero3 y SED-LKero4 evaluados en marzo de 2018 fueron 0,183, 0,763 y 0,166 mg/Kg PS, respectivamente; excediendo únicamente el valor ISQG (0,6 mg/Kg) en los puntos SED-LKero2 y SED-LKero3. En cambio, en la evaluación realizada en octubre de 2017, la concentración de cadmio no excedió los valores ISQG y PEL de la ECQG para sedimentos.

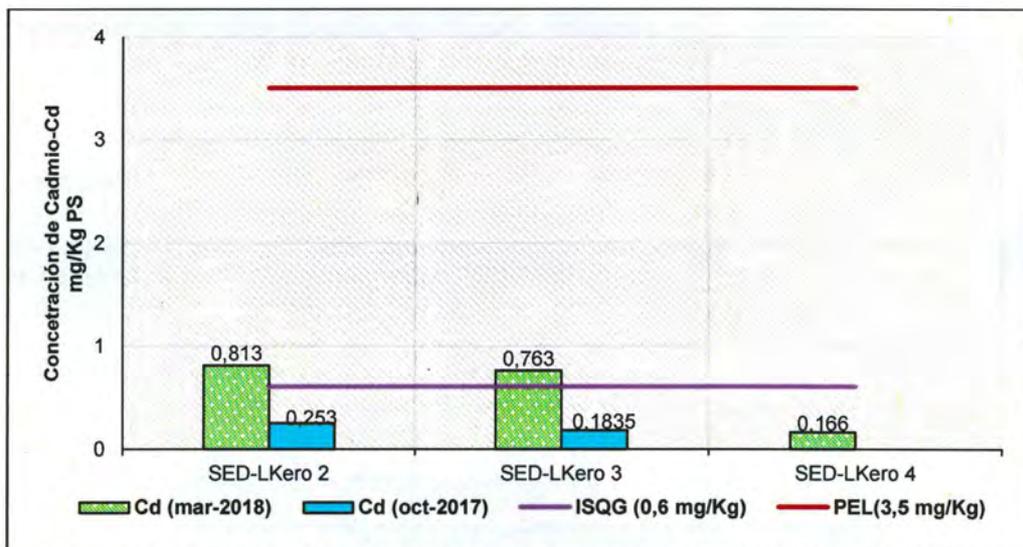


Figura 7-48. Concentración de cadmio en los sedimentos de la laguna Kerosene-microcuena de la quebrada Kerosene

Cobre total

Como se puede apreciar en la Figura 7-49, los valores de cobre total en los puntos SED-LKero2, SED-LKero3 y SED-LKero4 evaluados en marzo de 2018 fueron 846,8,



523,2 y 230,7 mg/Kg PS, respectivamente; excediendo los valores ISQG (35,7 mg/Kg) y PEL (197 mg/Kg) de la ECQG para sedimentos. Cabe resaltar que las concentraciones más elevadas se presentaron en los puntos SED-LKero2 y SED-LKero3 evaluados en octubre de 2017, que también superaron la norma internacional.



Handwritten signature and initials in blue ink.

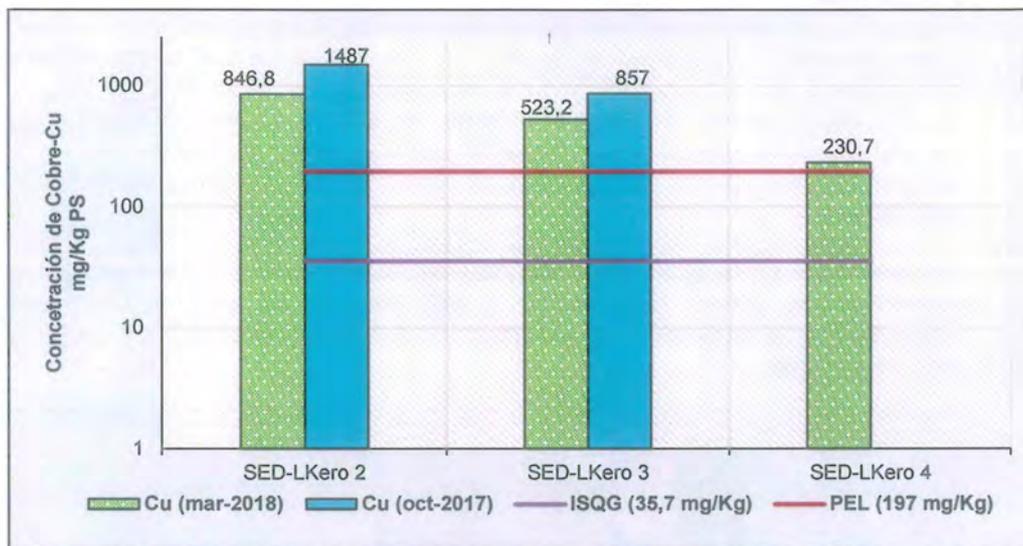


Figura 7-49. Concentración de cobre en los sedimentos de la laguna Kerosene-microcuenca de la quebrada Kerosene

Mercurio total

Como se puede observar en la Figura 7-50, los valores de mercurio total en los puntos SED-LKero2 y SED-LKero3 fueron menores al límite de cuantificación (<0,0056), en tanto que el punto SED-LKero4 excedió la norma internacional en la evaluación de marzo de 2018.

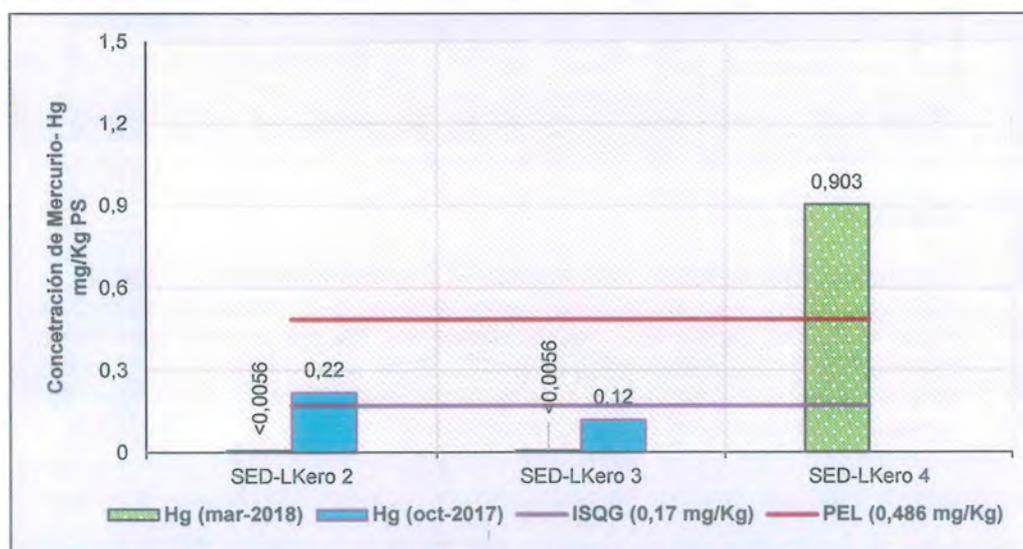


Figura 7-50. Concentración de mercurio en los sedimentos de la laguna Kerosene-microcuenca de la quebrada Kerosene



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

En cuanto a la evaluación realizada en octubre de 2017, la concentración de mercurio en los puntos SED-LKero2 y SED-LKero3 fue 0,22 y 0,12 mg/Kg PS, respectivamente, superando el valor ISQG (0,17 mg/Kg) de las CEQG para sedimentos.

Plomo total

Como se puede observar en la Figura 7-51, los valores de plomo total en los puntos SED-LKero2, SED-LKero3 y SED-LKero4 evaluados en marzo de 2018 fueron 375,8, 47,15 y 24,31 mg/Kg PS, respectivamente, superando el valor ISQG (35 mg/Kg) en los puntos SED-LKero2 y SED-LKero3. Asimismo, en el punto SED-LKero2 la concentración de plomo total excedió el valor PEL (91,3 mg/Kg) de la ECQG para sedimentos.

Por otro lado, en la evaluación realizada en octubre de 2017, la concentración de plomo en los puntos SED-LKero2 y SED-LKero3 fue 84,3 y 18,6 mg/Kg PS, respectivamente, superando en el punto SED-LKero2 el valor ISQG (35 mg/Kg) de la referente norma.



Vertical handwritten notes in blue ink, including the number '5' and various scribbles.

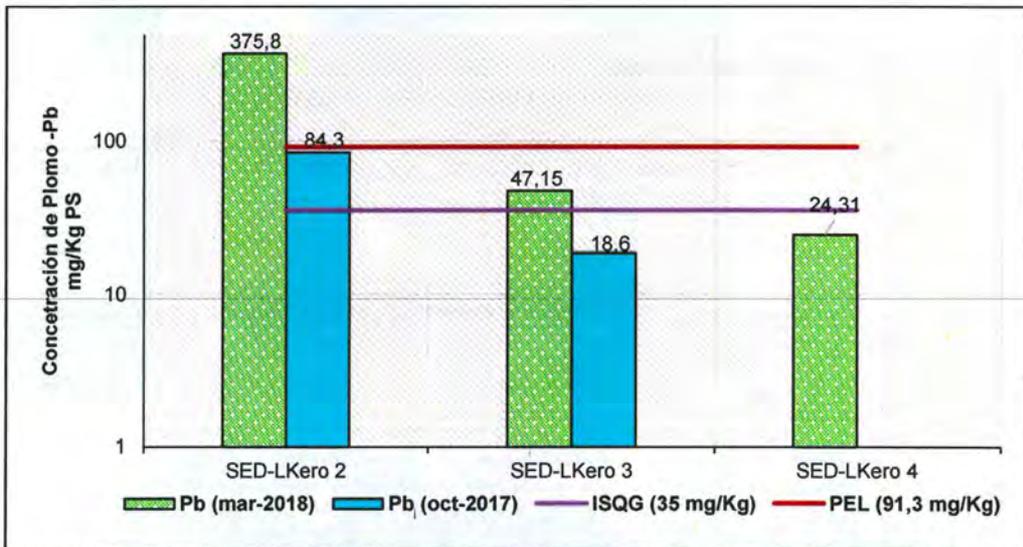


Figura 7-51. Concentración de plomo en los sedimentos de la laguna Kerosene-microcuenca de la quebrada Kerosene

Zinc total

Como se puede apreciar en la Figura 7-52, los valores de zinc total en los puntos SED-LKero2, SED-LKero3 y SED-LKero4 evaluados en marzo de 2017 fueron 16,73, 18,26 y 15,68 mg/Kg PS, respectivamente, no excediendo los valores ISQG (123 mg/Kg) y PEL (315 mg/Kg) de las CEQG para sedimentos. De igual manera, las concentraciones de dicho metal en la evaluación realizada en octubre de 2017 no superaron los valores de la norma internacional.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and vertical text on the left margin.

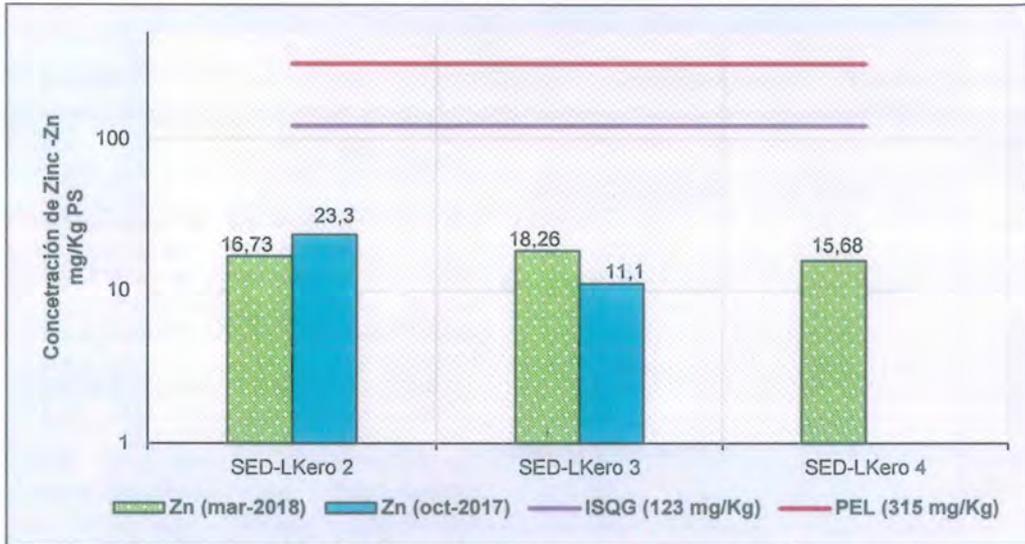


Figura 7-52. Concentración de zinc en los sedimentos de la laguna Kerosene-microcuenca de la quebrada Kerosene

7.2 Comparación con los resultados del IGA

7.2.1 Agua

En esta sección se presentan la comparación y análisis de los resultados de las evaluaciones realizadas por el OEFA en octubre de 2017 y marzo de 2018, con los resultados de los puntos declarados en el ITS.

La comparación se realizó únicamente con puntos que presentaron coincidencia, por la ubicación en los cuerpos de agua, ubicación geográfica y la descripción de los puntos, detallados en la Tabla 7-1.

Tabla 7-1. Puntos de los IGA y de la Evaluación ambiental temprana

Puntos de Lumina Copper S.A.C.	Puntos evaluados en la EAT		Observaciones
	Octubre de 2017	Marzo de 2018	
Microcuenca de la quebrada Milpo			
M14	FNat8	FNat8	El punto del OEFA evaluado en octubre de 2017 y marzo de 2018, difiere en 6 m aprox. del punto M14 declarado en el ITS de la IV Modificatoria (afloramiento de agua subterránea).
M8	QMilp1	QMilp1	El punto del OEFA evaluado en octubre de 2017 y marzo de 2018, se ubica a 56 m aprox. aguas abajo del punto M8 declarado en el ITS de la IV Modificatoria.
M44	LDCol2	LDCol2	El punto del OEFA evaluado en octubre de 2017 y marzo de 2018, se ubica a 23 m aprox. al norte del punto M44 declarado en el ITS de la IV Modificatoria. Pero de acuerdo a su descripción ambos puntos se ubicarían en la descarga de la laguna Dos Colores.
M6	LRinc3	LRinc3	El punto del OEFA evaluado en octubre de 2017 y marzo de 2018, se ubica 30 m al noroeste del punto M6 declarado en el ITS de la IV Modificatoria. Pero de acuerdo a su descripción



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Puntos de Lumina Copper S.A.C.	Puntos evaluados en la EAT		Observaciones
	Octubre de 2017	Marzo de 2018	
			ambos puntos se ubicarían en la orilla de la laguna La Rinconada.
Microcuenca de la quebrada Kerosene			
M37	---	Q s/n 2	El punto del OEFA evaluado en marzo de 2018, se ubica a 188 m aprox. aguas abajo del punto M37 declarado en el ITS de la IV Modificatoria. Aguas arriba del punto del OEFA no se ha observado tributarios a la escorrentía del bofedal Pajablanca.
M1	QCham2	QCham2	El punto del OEFA evaluado en octubre de 2017 y marzo de 2018, se ubica a 7 m aprox. al sureste del punto M1 declarado en el ITS de la IV Modificatoria. De acuerdo a su descripción ambos puntos se ubicarían en la quebrada Chamcas.
M5	LKero4	El punto del OEFA LKero4 evaluado en marzo 2018 se ubica a 20 m aprox. al sur del punto M5 declarado en el ITS de la IV modificatoria. Ambos puntos se ubican en la laguna Kerosene.
Microcuenca de la quebrada La Chorrera			
M27	LLipi1, LLipi2 y LLipi3	---	Los puntos del OEFA LLipi1, LLipi2 y LLipi3 evaluados en octubre de 2017, se ubican en la orilla de la laguna Lipiac. Asimismo, el punto M27 declarado en el ITS de la IV Modificatoria se ubica en la orilla de dicha laguna. Los puntos mencionados al ubicarse en el mismo cuerpo de agua servirán para realizar una comparación referencial.
M28	QLipi2	---	El punto del OEFA evaluado en octubre de 2017, se ubica a 52 m al oeste del punto M28 declarado en el ITS de la IV modificatoria. De acuerdo a su descripción, ambos puntos están ubicados en la misma quebrada.

Cabe resaltar que para los resultados de los puntos de control de Lumina Copper S.A.C., se consideró los datos de los meses en que se realizó las evaluaciones del OEFA (octubre de 2017 y marzo de 2018); en el caso donde no fue posible obtener datos para los meses indicados, se consideró los datos del mes anterior o posterior.

A continuación, se presenta la comparación de los resultados de los 9 puntos en común entre la evaluación realizada por el OEFA y por Lumina Copper S.A.C., destacando los parámetros que superaron los ECA para Agua y los de interés relacionados a la actividad minera.

A. Afloramientos

a.1. Microcuenca de la quebrada Milpo

En esta microcuenca se ubica el afloramiento identificado por el OEFA como FNat8, el cual coincide con el punto M14, declarado por Lumina Copper S.A.C. En dicho punto se realizó la comparación de los parámetros pH, conductividad eléctrica, aluminio, cadmio, cobre, hierro, manganeso y plomo total.



Puntos de muestreo M14 y FNat8

Potencial de hidrógeno (pH)

En la Figura 7-53 se presenta los resultados de pH en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018) comparados con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones presentaron características ligeramente básicas con valores de 7,11 y 7,32 unidades de pH, respectivamente.

De la misma manera, los datos históricos reportados por Lumina Copper S.A.C. del 2006 al 2012 presentaron características básicas con valores de 6,26 a 8,00 unidades de pH para la primera evaluación y los datos reportados desde el 2006 al 2013 fueron de 6,80 a 7,80 unidades de pH para la segunda evaluación; es decir, el afloramiento presentó una tendencia ligeramente básica.



Handwritten signature and initials in blue ink.

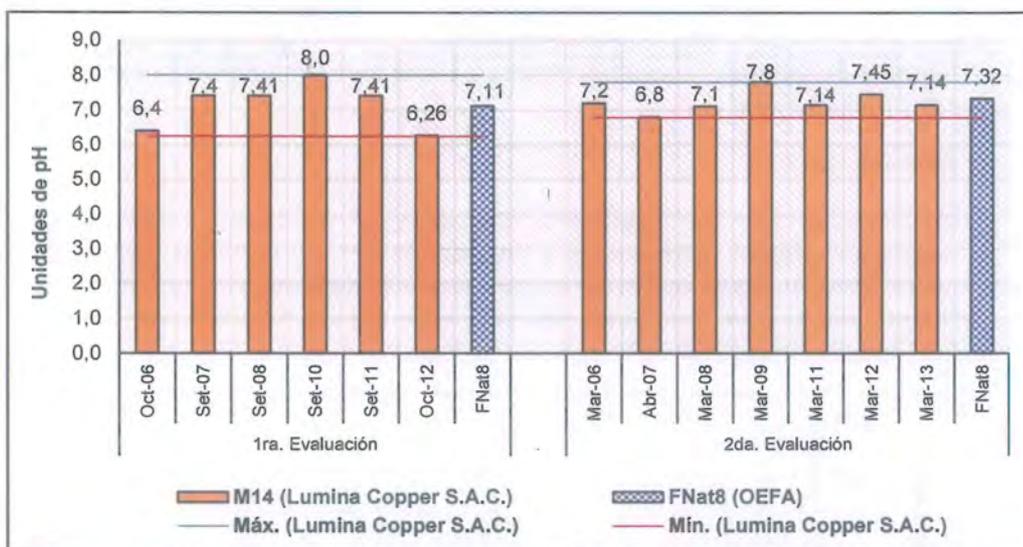


Figura 7-53. Valor de pH reportado por Lumina Copper S.A.C. y el OEFA en M14 y FNat8

Conductividad Eléctrica

En la Figura 7-54 se presenta los valores de conductividad eléctrica en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018) comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados registrados por el OEFA en ambas evaluaciones fueron 223 y 119,10 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente.

Mientras tanto, los datos históricos reportados desde el 2006 al 2012 para la primera evaluación fueron de 154,1 a 339 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y los datos reportados desde el 2006 al 2013 para la segunda evaluación fueron de 157 a 520 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Por lo tanto, los datos registrados por el OEFA se encuentran dentro del rango de los datos históricos reportados por Lumina Copper S.A.C.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

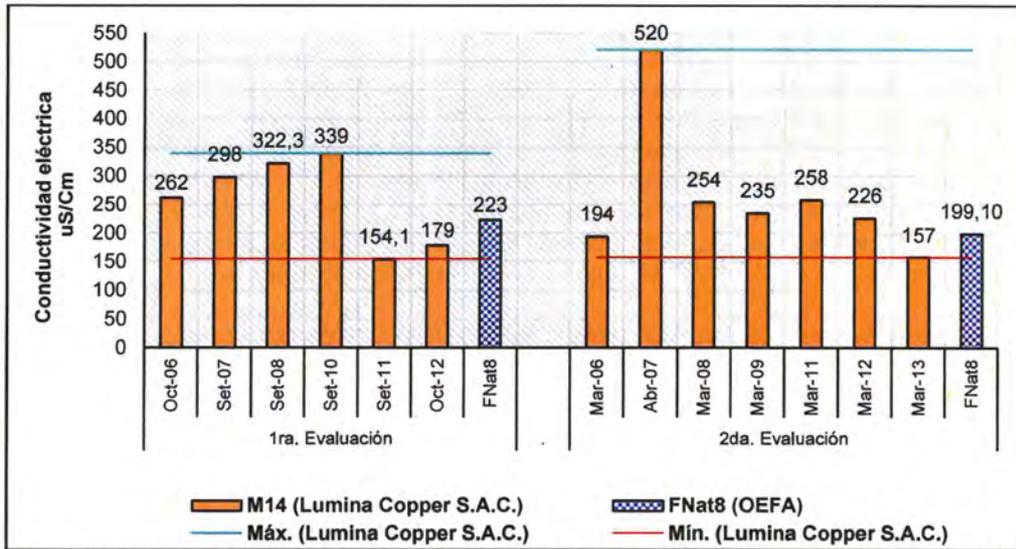


Figura 7-54. Valor de conductividad eléctrica reportado por Lumina Copper S.A.C. en M14 y el OEFA en FNat8

Aluminio total

En la Figura 7-55 se presenta la concentración de aluminio total en la primera evaluación (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018) comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones fueron 0,102 y 0,042 mg/L, respectivamente.

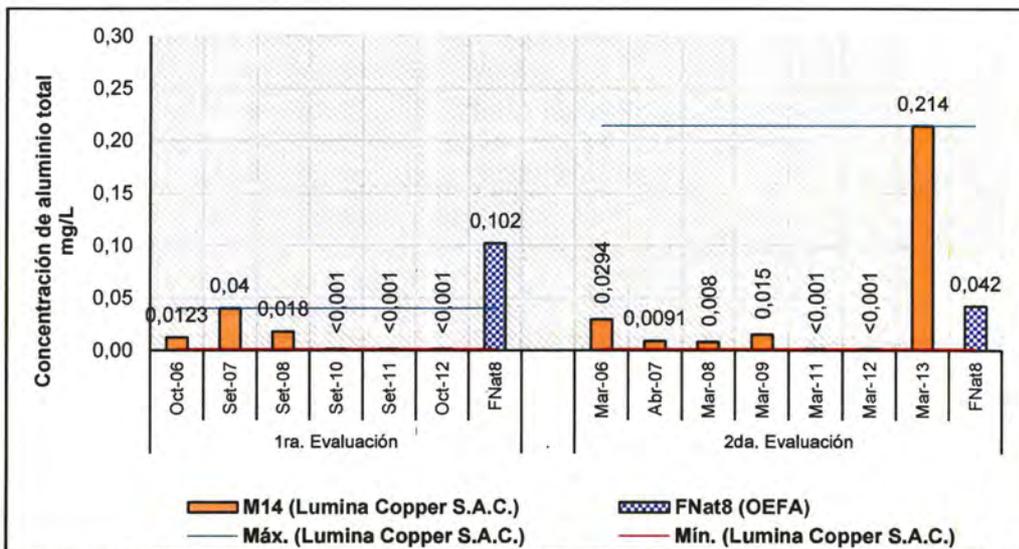


Figura 7-55. Concentración de aluminio total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M14 y el OEFA en FNat8

Mientras tanto, los datos históricos reportados del 2006 al 2012 para la primera evaluación fueron de <0,001 a 0,004 mg/L, y para la segunda evaluación fueron de <0,001 a 0,214 mg/L. Cabe resaltar, que la concentración de aluminio total reportada por el OEFA para la primera evaluación fue mayor del valor máximo reportado por



Lumina Copper S.A.C.; sin embargo, para la segunda evaluación se ubica, entre el valor mínimo y máximo de Lumina Copper S.A.C. (Figura 7-50).

Cadmio total

En la Figura 7-56 se presenta la concentración de cadmio total en la primera evaluación (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018) comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones fueron menores al límite de cuantificación del método de ensayo (<0,00001 mg/L) empleado para el análisis de la muestra.

Mientras tanto, los datos históricos reportados desde el 2006 al 2012 para la primera evaluación fueron de <0,00003 a 0,00033 mg/L, y los datos reportados desde el 2006 al 2013 para la segunda evaluación fueron de <0,00003 a 0,000677 mg/L. Cabe resaltar, que las mayores concentraciones de cadmio total se reporto en el 2007 en los meses de setiembre y abril respectivamente.



Handwritten signature and date '2018-04-23' in blue ink.

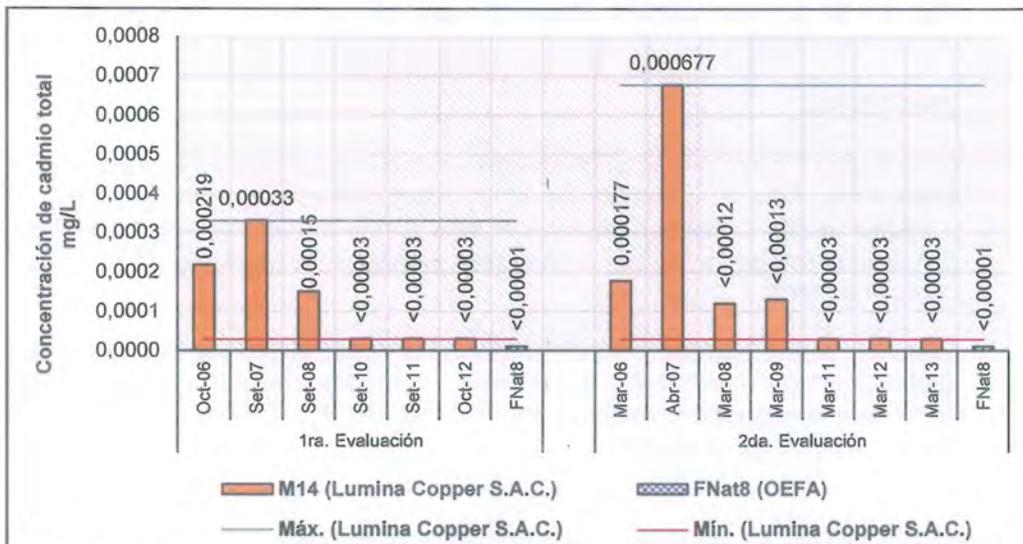


Figura 7-56. Concentración de cadmio total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M14 y el OEFA en FNat8

Cobre total

En la Figura 7-57 se presenta la concentración de cobre total en la primera evaluación (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018) comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones fueron 0,0006 y 0,00087 mg/L, respectivamente.

Mientras tanto, los datos históricos reportados desde el 2006 al 2012 para la primera evaluación fueron de <0,0003 a 0,0205 mg/L, y los datos reportados desde el 2006 al 2013 para la segunda evaluación fueron de <0,0003 a 0,00031 mg/L. Cabe resaltar, que las mayores concentraciones de cobre total se presentaron en setiembre del 2010 y 2011, respectivamente.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and date '10/10/18' and '454'.

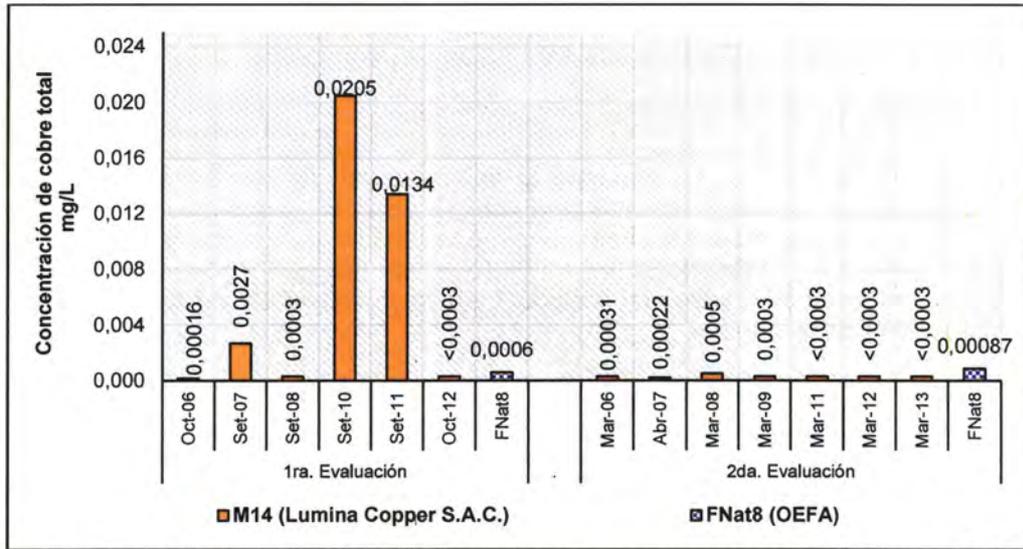


Figura 7-57. Concentración de cobre total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M14 y el OEFA en FNat8

Hierro total

En la Figura 7-58 se presenta la concentración de hierro total en la primera evaluación (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018) comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones fueron 0,0957 y 0,0325 mg/L, respectivamente.

Mientras tanto, los datos históricos reportados desde el 2006 al 2012 para la primera evaluación fueron de <0,001 a 0,05 mg/L, y los datos reportados desde el 2006 al 2013 para la segunda evaluación fueron de <0,001 a 1,057 mg/L. Cabe resaltar, que las mayores concentraciones

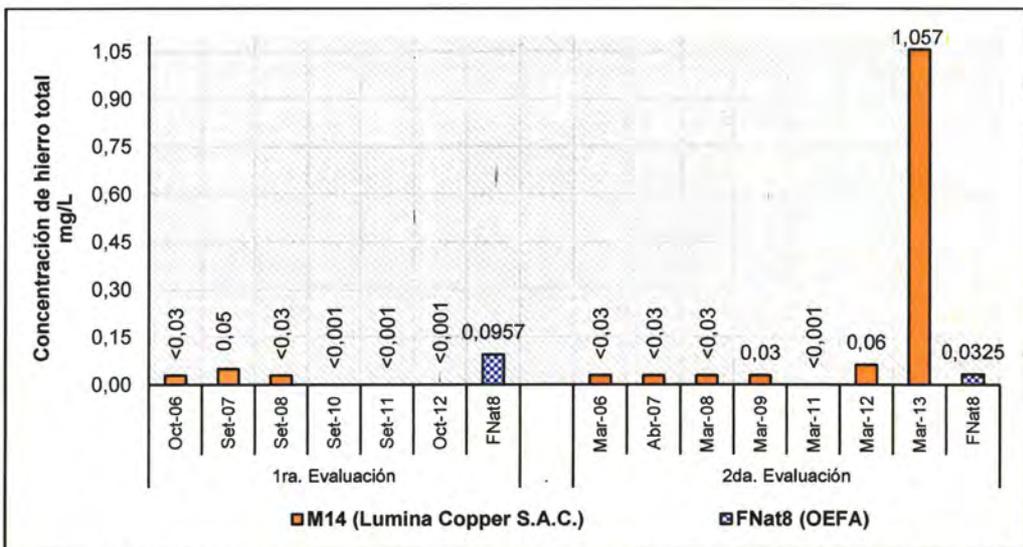


Figura 7-58. Concentración de hierro total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M14 y el OEFA en FNat8



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Manganeso total

En la Figura 7-59 se presenta la concentración de manganeso total en la primera evaluación (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018) comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones fueron 0,02917 y 0,00828 mg/L, respectivamente.

Mientras tanto, los datos históricos reportados desde el 2006 al 2012 para la primera evaluación fueron de <0,0002 a 0,0259 mg/L, y los datos reportados desde el 2006 al 2013 para la segunda evaluación fueron de 0,00304 a 0,0573 mg/L. Cabe resaltar, que las mayores concentraciones de manganeso total reportados por Lumina Copper S.A.C. fue en meses relacionados a la segunda evaluación.



Handwritten signature and date '2018' in blue ink.

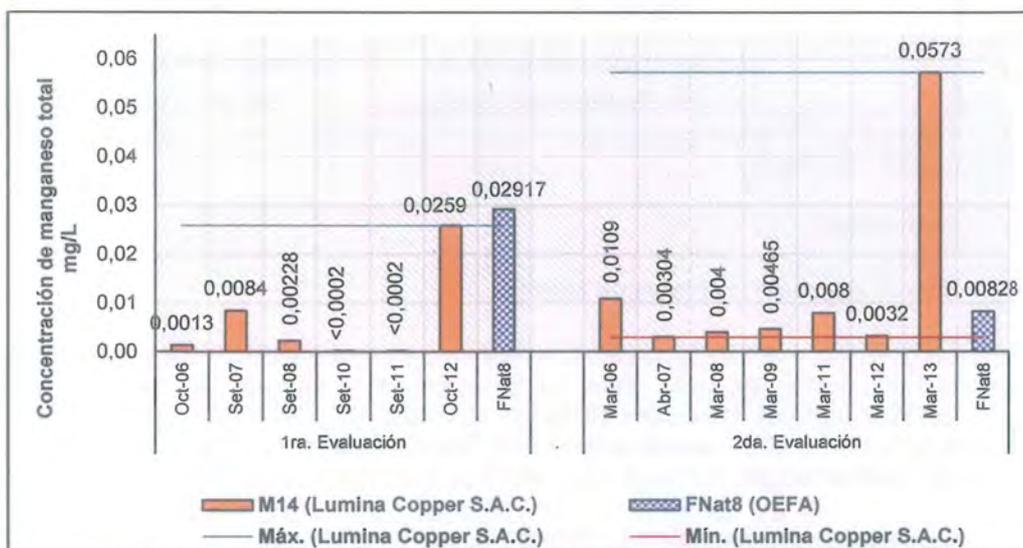


Figura 7-59. Concentración de manganeso total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M14 y el OEFA en FNat8

Plomo total

En la Figura 7-60 se presenta la concentración de plomo total en la primera evaluación (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018) comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones fueron menores al límite de cuantificación del método de ensayo (<0,0002 mg/L) empleado para el análisis de la muestra.

Mientras tanto, la mayor concentración de plomo total reportado por Lumina Copper S.A.C. fue en setiembre y abril de 2007 con valores de 0,0021 y 0,00896 mg/L, respectivamente.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

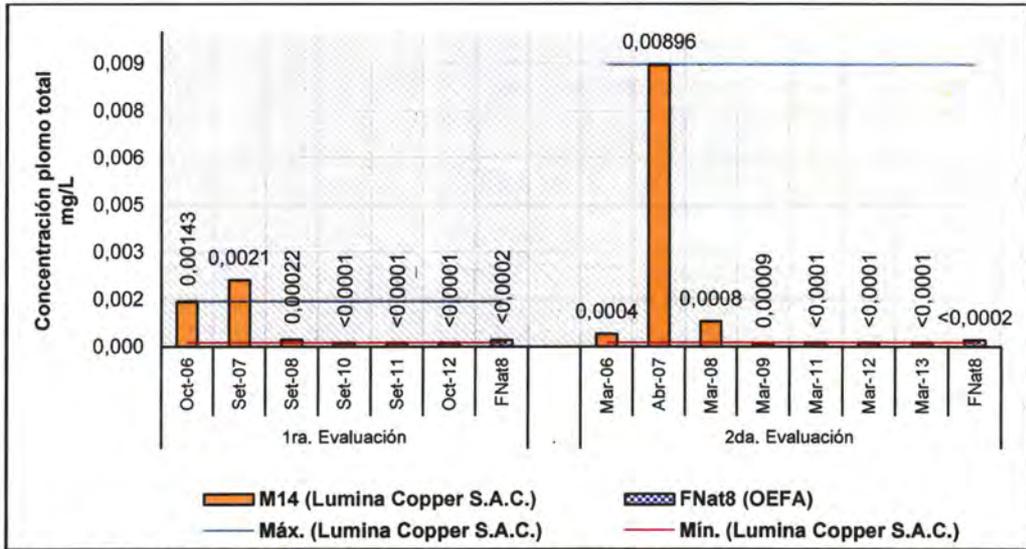


Figura 7-60. Concentración de plomo total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M14 y el OEFA en FNat8

B. Quebradas

b.1. Microcuenca de la quebrada Milpo

En esta microcuenca se ubican 2 puntos de muestreo identificados por el OEFA como LDCol2 (curso de agua entre los sectores de la laguna Dos Colores) y QMilp1 (quebrada Milpo), los cuales coinciden con los puntos declarados por Lumina Copper S.A.C. M44 y M8, respectivamente. En Dichos puntos, se realizó la comparación de los parámetros pH, conductividad eléctrica, aluminio, cobre, hierro y manganeso total.

Puntos de muestreo M44 y LDCol2

Potencial de hidrógeno (pH)

En la Figura 7-61 se presenta los resultados de pH de la primera evaluación (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018) comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones del curso de agua que conecta el sector oeste con el este de la laguna Dos Colores (LDCol2), presentó características ácidas con valores de 4,16 y 4,32 unidades de pH, respectivamente.

Del mismo modo, los datos históricos reportados del 2009 a 2016 fueron de 4,00 a 4,43 unidades de pH para los meses relacionados a la primera evaluación y de 4,37 a 6,10 unidades de pH para los meses relacionados a la segunda evaluación. Por tanto, el agua de la laguna Dos Colores presentó características ácidas.



Handwritten signature and initials in blue ink.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and initials in blue ink.

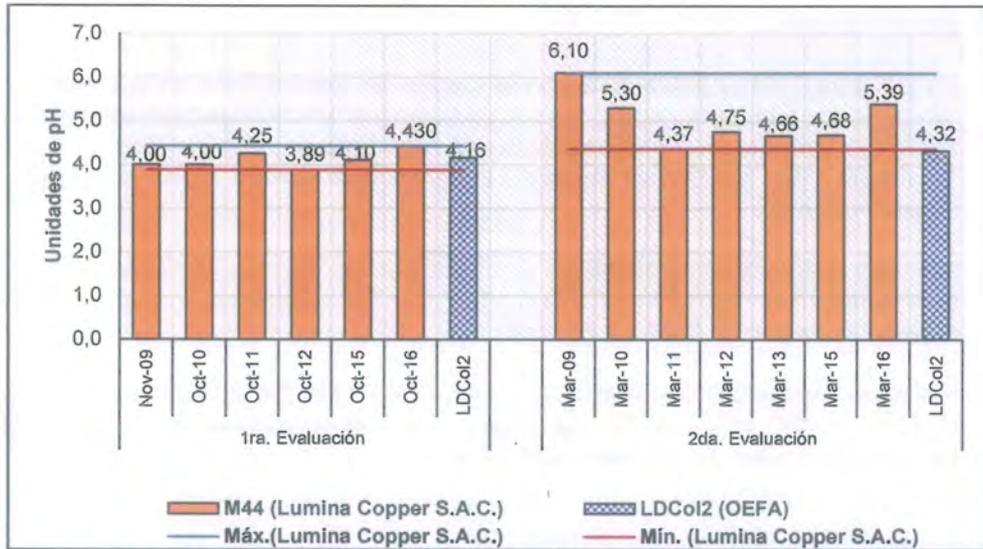


Figura 7-61. Valor de pH reportado por Lumina Copper S.A.C. en M44 y OEFA en LDCoI2

Conductividad Eléctrica

En la Figura 7-62 se presenta los valores de conductividad eléctrica en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018) comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados registrados por el OEFA en ambas evaluaciones fueron 42,4 y 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente.

Mientras tanto, los datos históricos reportados para los meses relacionados a la primera evaluación fueron de 43,4 a 53 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y para los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de 21 y 39 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Por lo tanto, el valor registrado por el OEFA en la primera evaluación es menor a los datos históricos, sin embargo, en la segunda evaluación el valor de la conductividad eléctrica se ubica dentro del rango histórico reportado por Lumina Copper S.A.C.

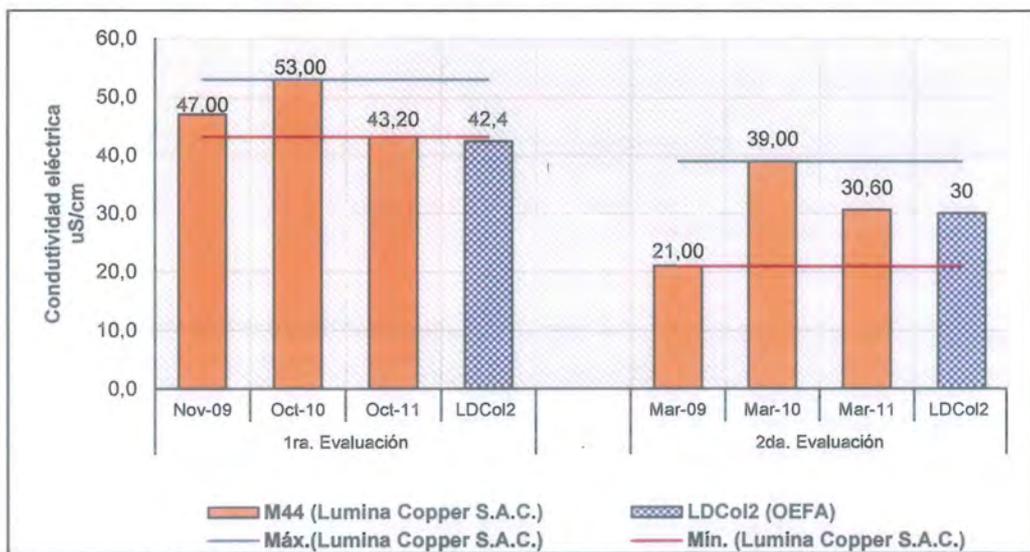


Figura 7-62. Valor de conductividad eléctrica por Lumina Copper S.A.C. en M44 y el OEFA en LDCoI2



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Aluminio total

En la Figura 7-63 se presenta la concentración de aluminio total en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018) comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones fueron 0,40 y 0,322 mg/L, respectivamente.

Mientras tanto, los datos históricos reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de 0,210 a 0,473 mg/L, y para los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de 0,24 a 0,35 mg/L.

Por tanto, las concentraciones de aluminio total en las 2 evaluaciones realizadas por el OEFA se encuentran dentro del rango de las concentraciones históricas reportadas por Lumina Copper S.A.C. para el punto M44.



Handwritten signature and date: R. A. S. H.

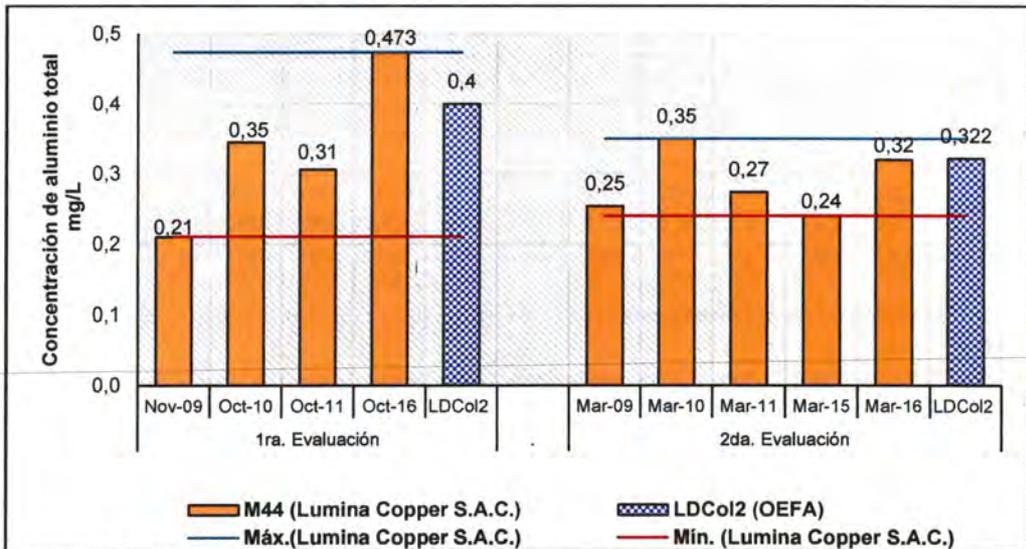


Figura 7-63. Concentración de aluminio total por Lumina Copper S.A.C. en M44 y el OEFA en LDCol2

Cobre total

En la Figura 7-64 se presenta la concentración de cobre total en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018) comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones fueron 0,1254 y 0,12439 mg/L, respectivamente.

Mientras tanto, los datos históricos reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de 0,053 a 0,175 mg/L, y en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de 0,068 a 0,136 mg/L. Por tanto, las concentraciones de cobre total reportado por el OEFA en las 2 evaluaciones se ubican dentro de los valores mínimos y máximos reportados por Lumina Copper S.A.C. para el punto M44.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and date: 10/12/18

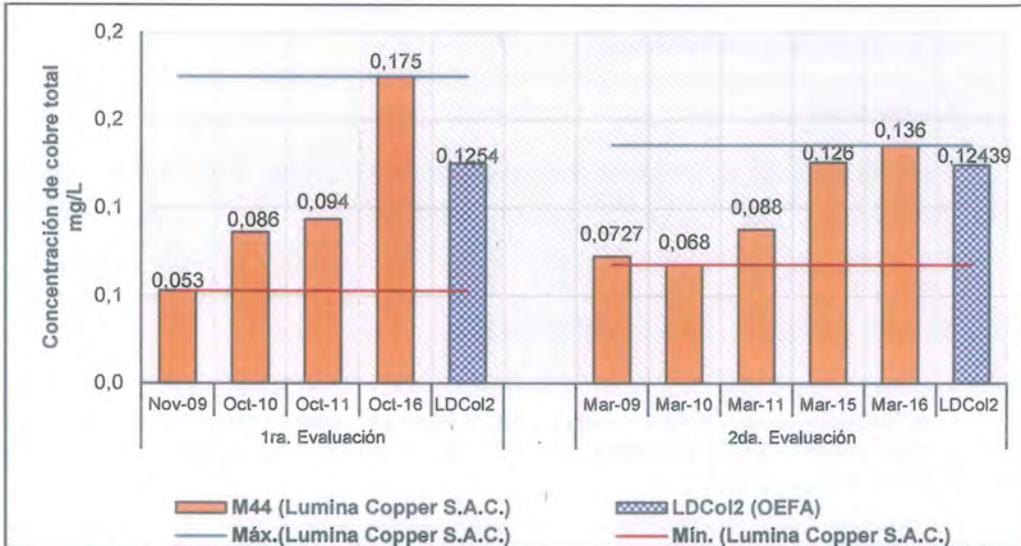


Figura 7-64. Concentración de cobre total por Lumina Copper S.A.C. en M44 y el OEFA en LDCol2

Hierro total

En la Figura 7-65 se presenta la concentración de hierro total en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018) comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones fueron 0,1378 y 0,1733 mg/L, respectivamente. Mientras tanto, los datos históricos reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de 0,18 a 0,76 mg/L, y los meses relacionados a los meses de la segunda evaluación fueron de 0,20 a 0,55 mg/L.

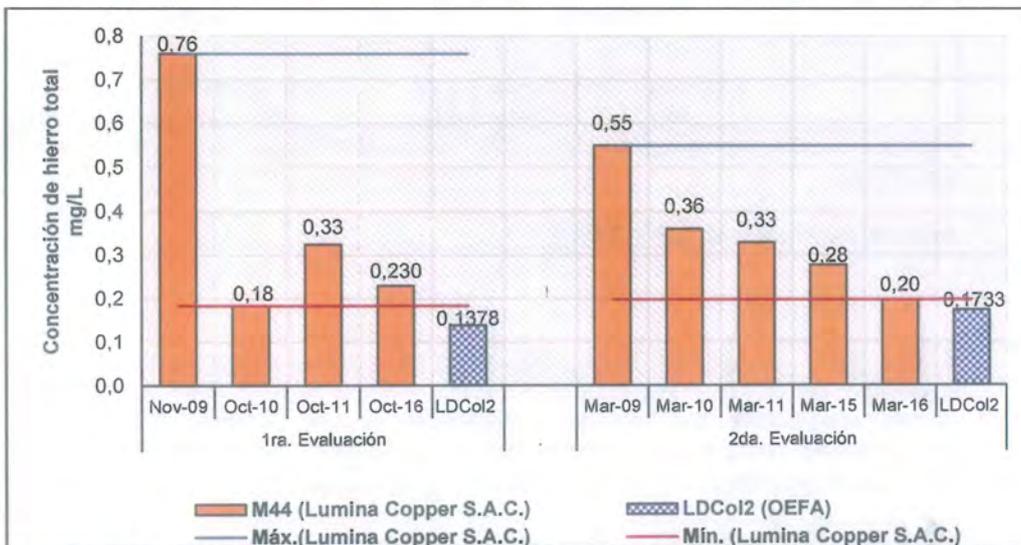


Figura 7-65. Concentración de hierro total por Lumina Copper S.A.C. en M44 y el OEFA en LDCol2

La mayor concentración de hierro total reportado por Lumina Copper S.A.C. fue en noviembre y marzo de 2009, posterior a ello, las concentraciones de hierro total en el punto M44 presentaron una tendencia descendente. Cabe resaltar, que las



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

concentraciones de hierro total reportado por el OEFA en el punto LDCol2 fue menor respecto a los datos históricos.

Plomo total

En la Figura 7-66 se presenta la concentración de plomo total en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018) comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en la primera evaluación fue menor al límite de cuantificación (<0,0002) del método de ensayo, mientras tanto, en la segunda evaluación se reportó un valor de 0,0005 mg/L de plomo total.

Asimismo, los datos históricos reportados por Lumina Copper S.A.C. para los meses relacionados a la primera y segunda evaluación fueron desde menor al límite de cuantificación (0,0001) hasta 0,0005 mg/L, guardando relación con los valores reportados por el OEFA.



Handwritten signature and date: 2018-03-15

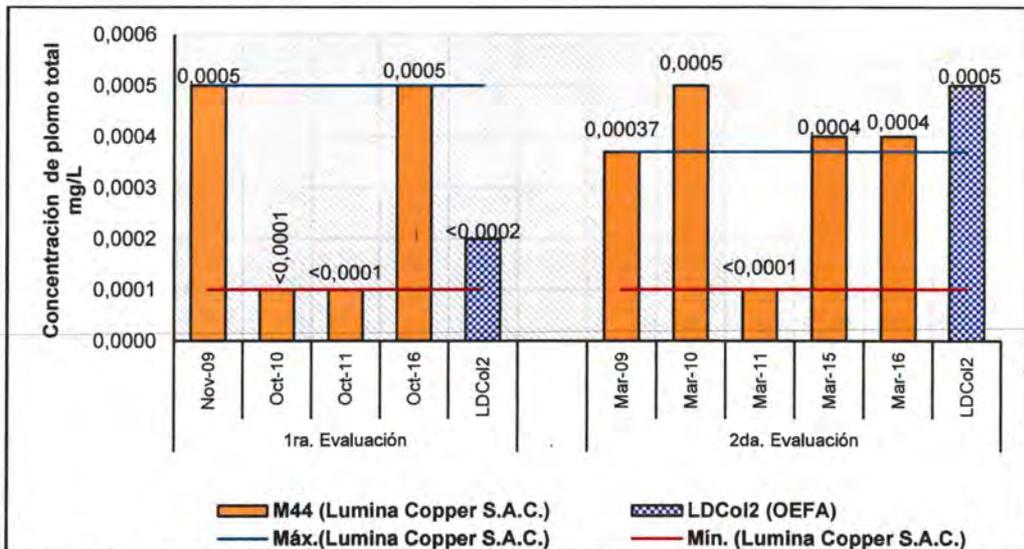


Figura 7-66. Concentración de plomo total por Lumina Copper S.A.C. en M44 y el OEFA en LDCol2

Puntos de muestreo M8 y QMilp1

Potencial de hidrógeno (pH)

En la Figura 7-67 se presenta los resultados de pH en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018) comparados con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones del punto QMilp1 (quebrada Milpo) presentaron características ácidas, con valores de 4,39 y 4,61 unidades de pH, respectivamente.

Del mismo modo, los datos históricos reportados del 2005 al 2012 para octubre fueron de 3,15 a 8,80 unidades de pH, y para los meses de marzo reportados desde el 2006 hasta el 2013 fueron de 4,24 a 6,00 unidades de pH, los cuales indican el carácter ácido de la quebrada; no obstante, el valor de 8,80 unidades de pH fue reportado por única vez en el rango básico en octubre de 2009 por parte de Lumina Copper S.A.C.



Aluminio total

En la Figura 7-69 se presenta la concentración de aluminio total en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018), comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones fueron 0,253 y 0,213 mg/L, respectivamente. En tanto, los datos históricos reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de <0,001 a 0,292 mg/L, y en los meses relacionados a los meses de la segunda evaluación fueron de 0,203 a 0,061 mg/L (valor más alto registrado).

Por tanto, las concentraciones de aluminio total reportados por el OEFA en las 2 evaluaciones realizadas en la quebrada Milpo (QMilp1), se ubican entre las concentraciones mínimas y máximas reportadas por Lumina Copper S.A.C. para el punto M8.



Handwritten signature and date: 2018

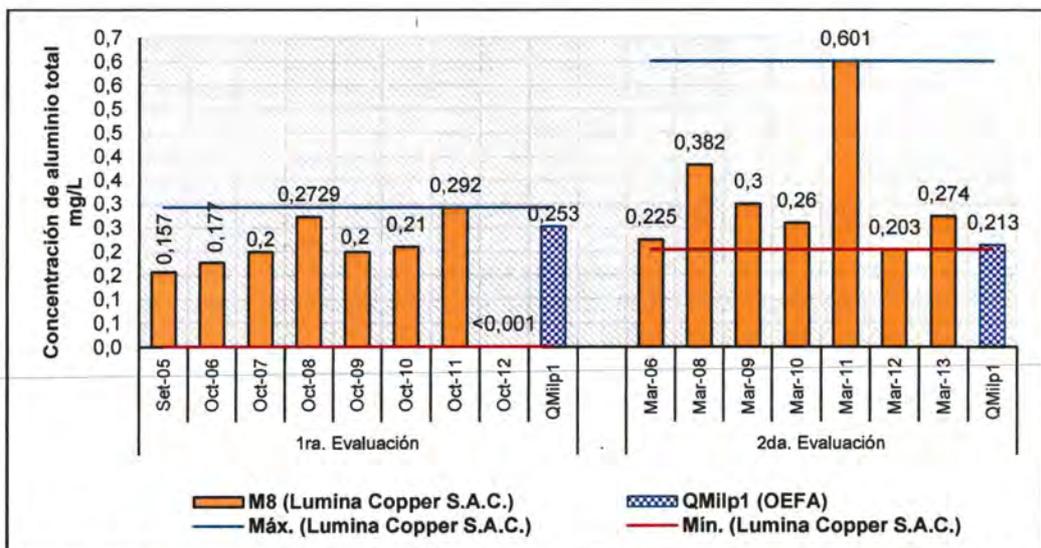


Figura 7-69. Concentración de aluminio total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M8 y el OEFA en QMilp1

Cobre total

En la Figura 7-70 se presenta la concentración de cobre total en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018), comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones fueron 0,08486 y 0,07360 mg/L, respectivamente. Mientras tanto, los datos históricos reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de 0,034 a 0,0918 mg/L, y en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de 0,035 a 0,0935 mg/L.

Por consiguiente, las concentraciones de cobre total reportado por el OEFA en ambas evaluaciones en la quebrada Milpo (QMilp1), se ubican entre las concentraciones mínimas y máximas reportadas por Lumina Copper S.A.C. para el punto M8.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



E N A 2 3 4

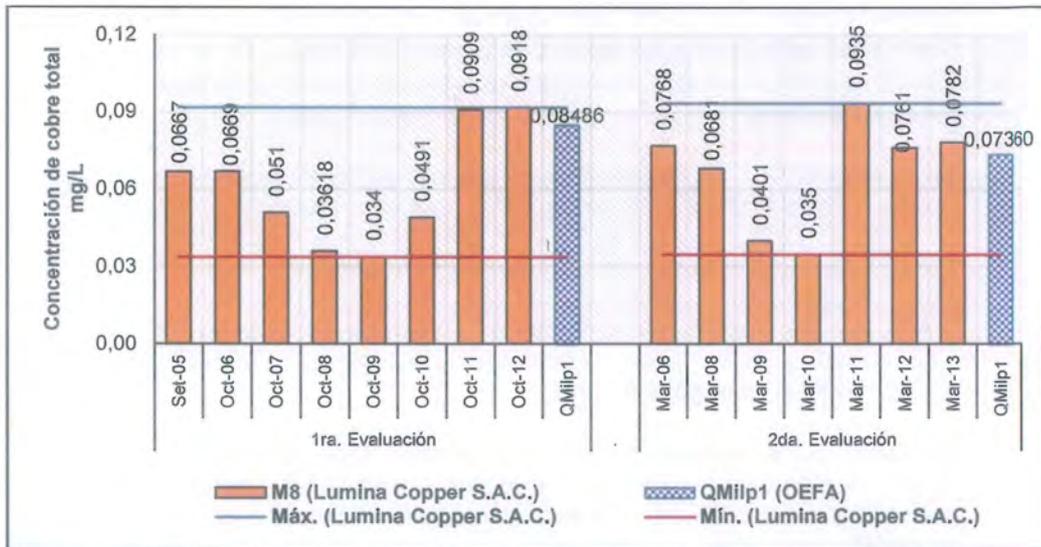


Figura 7-70. Concentración de cobre total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M8 y el OEFA en QMilp1

Hierro total

En la Figura 7-71 se presenta la concentración de hierro total en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018), comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones fueron 0,086 y 0,1411 mg/L, respectivamente. Mientras, los datos históricos reportados por Lumina Copper S.A.C. para los meses relacionados a la primera evaluación fueron de <0,001 a 0,514 mg/L, y en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de 0,309 a 0,87 mg/L.

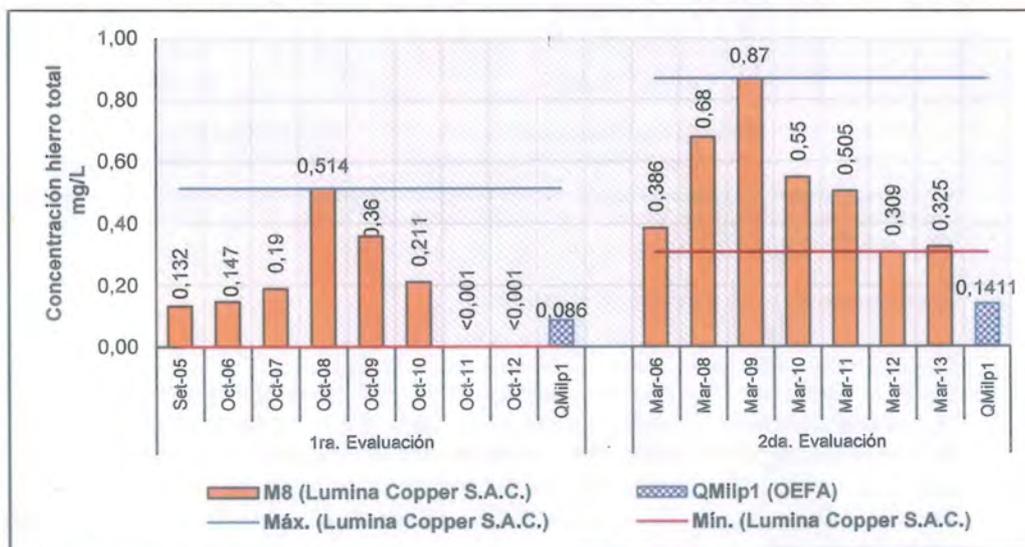


Figura 7-71. Concentración de hierro total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M8 y el OEFA en QMilp1

Por lo tanto, las concentraciones de hierro total reportadas por el OEFA en la primera evaluación se ubican entre las concentraciones mínimas y máximas reportado por



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Lumina Copper S.A.C., en cambio en la segunda evaluación, la concentración de hierro total fue inferior a los valores de la data histórica.

Manganeso total

En la Figura 7-72 se presenta la concentración de manganeso total en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018), comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones fueron 0,01382 y 0,01592 mg/L, respectivamente. Mientras, los datos históricos reportados por Lumina Copper S.A.C. en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de 0,0131 a 0,0363 mg/L, y en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de 0,00957 a 0,023 mg/L de manganeso total.

Por tanto, las concentraciones de manganeso total reportados por el OEFA en la quebrada Milpo en la primera y segunda evaluación se encuentran dentro de las concentraciones mínimas y máximas reportadas por Lumina Copper S.A.C. en el punto M8.



Handwritten signature and date: 2018/03/08

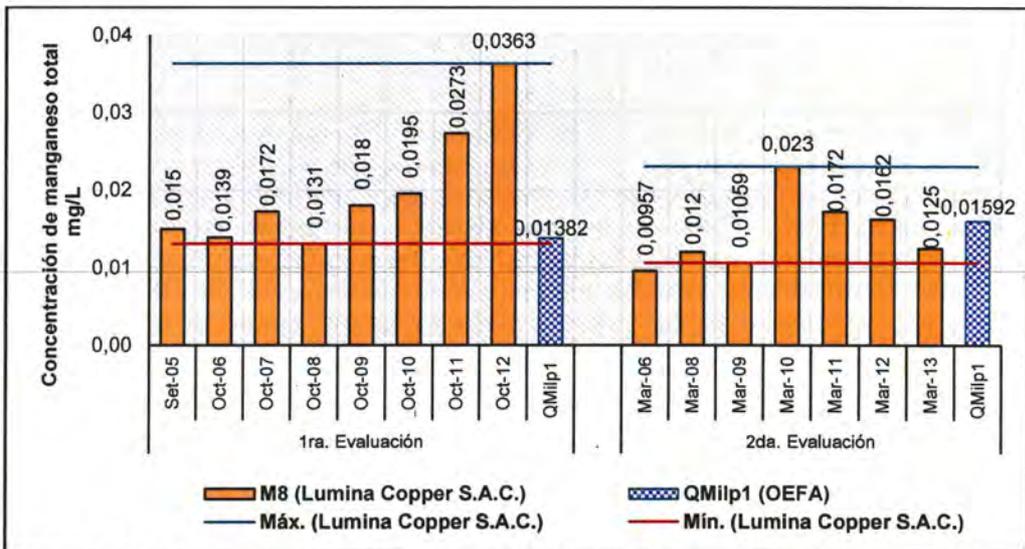


Figura 7-72. Concentración de manganeso total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M8 y el OEFA en QMilp1

b.2. Microcuenca de la quebrada Kerosene

En esta microcuenca se ubican 2 puntos de muestreo identificados por el OEFA como Q s/n 2 (quebrada sin nombre, aguas abajo del bofedal Paja Blanca) y QCham2 (quebrada Chamcas) durante la ejecución de la EAT. Estos puntos, tienen un grado de coincidencia por su ubicación con los puntos evaluados por Lumina Copper S.A.C. M37 y M1, respectivamente. En los puntos mencionados, se realizó la comparación de los parámetros pH, conductividad eléctrica-CE, aluminio, cobre, hierro y manganeso total.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Puntos de muestreo M37 y Qs/n2

Potencial de hidrógeno (pH)

En la Figura 7-73 se presenta la comparación de los valores de pH reportados por Lumina Copper S.A.C. con el valor registrado por el OEFA en marzo de 2018. El valor de pH registrado por el OEFA fue de 6,77 unidades de pH, y los valores históricos reportados del 2008 al 2013 fueron menores con valores de 5,50 a 6,40 unidades de pH. Dichos valores indicarían que la quebrada sin nombre, aguas abajo del bofedal Paja Blanca, presentó características ligeramente menos ácidas



Handwritten notes and signatures in blue ink, including the name 'R. A.' and the date '5/14'.

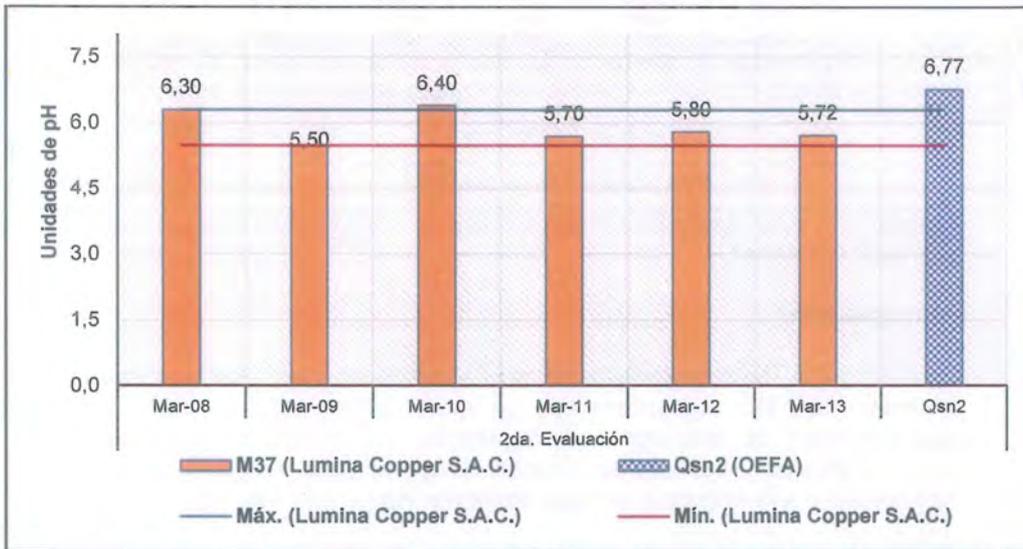


Figura 7-73. Valor de pH reportado por Lumina Copper S.A.C. en M37 y el OEFA en Qs/n2

Conductividad Eléctrica

En la Figura 7-74 se presenta los valores de conductividad eléctrica de la segunda evaluación (marzo de 2018) comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. El resultado registrado por el OEFA fue 13,39 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mientras tanto, los datos históricos reportados del 2008 al 2013 en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de 6 a 22 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Por lo tanto, el valor registrado por el OEFA se ubica dentro de los valores mínimos y máximos reportados por Lumina Copper S.A.C. para el punto M37.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

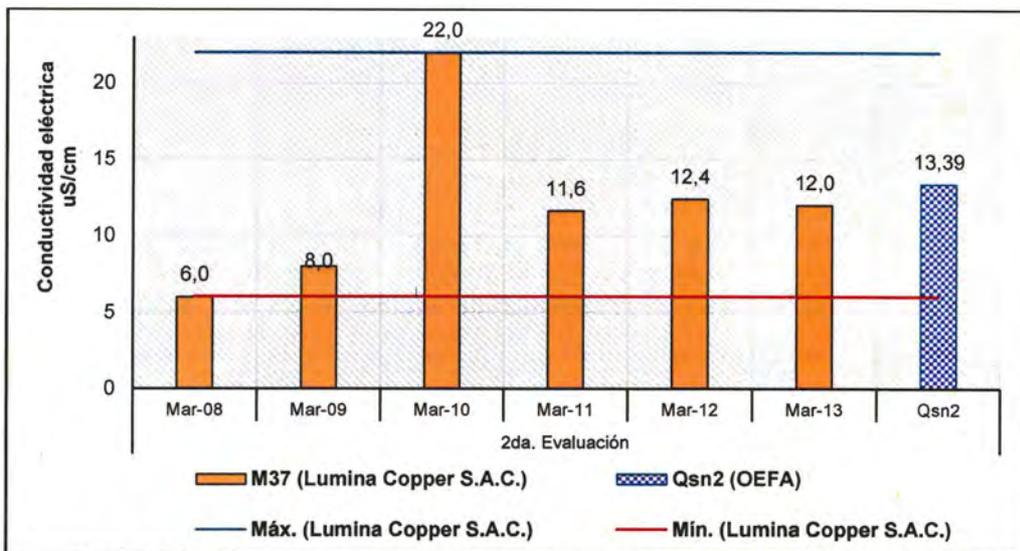


Figura 7-74. Valor de conductividad eléctrica reportado por Lumina Copper S.A.C. en M37 y el OEFA en Qs/n2

Aluminio total

En la Figura 7-75 se presenta la concentración de aluminio total reportada por el OEFA en marzo de 2018, comparada con los datos históricos de Lumina Copper S.A.C. La concentración de aluminio total registrado por el OEFA fue 0,114 mg/L, y las concentraciones históricas reportadas desde el 2008 hasta el 2011 en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de <0,001 a 0,140 mg/L.

Por tanto, la concentración de aluminio total reportado por el OEFA en la quebrada sin nombre, aguas abajo del bofedal Paja Blanca, guarda relación con las concentraciones históricas reportadas por Lumina Copper S.A.C. para el punto M37.

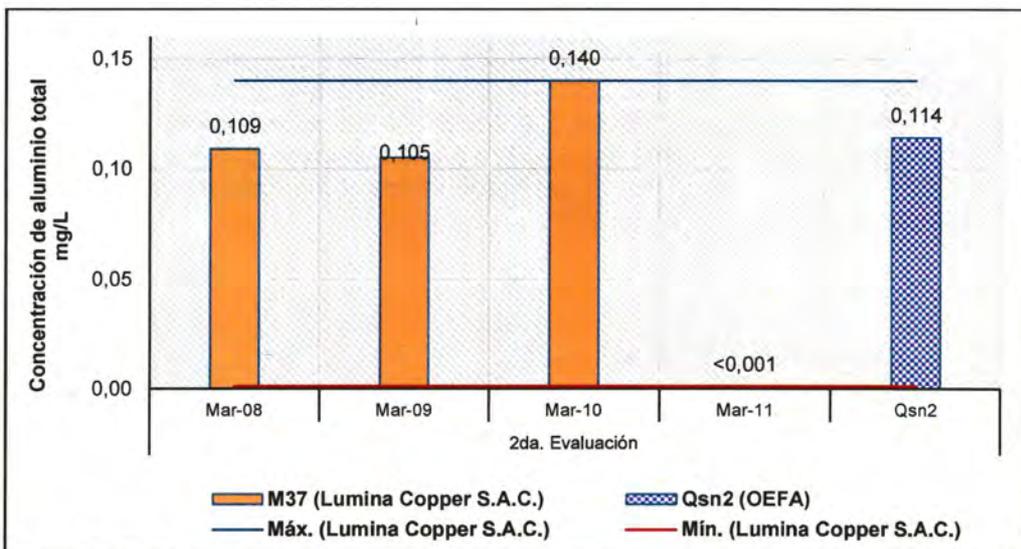


Figura 7-75. Concentración de aluminio total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M37 y el OEFA en Qs/n2



Cobre total

En la Figura 7-76 se presenta la comparación de la concentración de cobre total reportada por el OEFA en marzo de 2018 con los datos históricos de Lumina Copper S.A.C. La concentración de cobre total registrada por el OEFA fue 0,00183 mg/L y las concentraciones históricas reportadas para marzo desde el 2008 hasta el 2011 fueron de <0,0003 a 0,0023 mg/L.

Por tanto, la concentración cobre total reportada por el OEFA en la quebrada sin nombre, aguas abajo del bofedal Paja Blanca, guarda relación con las concentraciones históricas reportadas por Lumina Copper S.A.C. para el punto M37.



Handwritten signature and vertical text on the left margin.

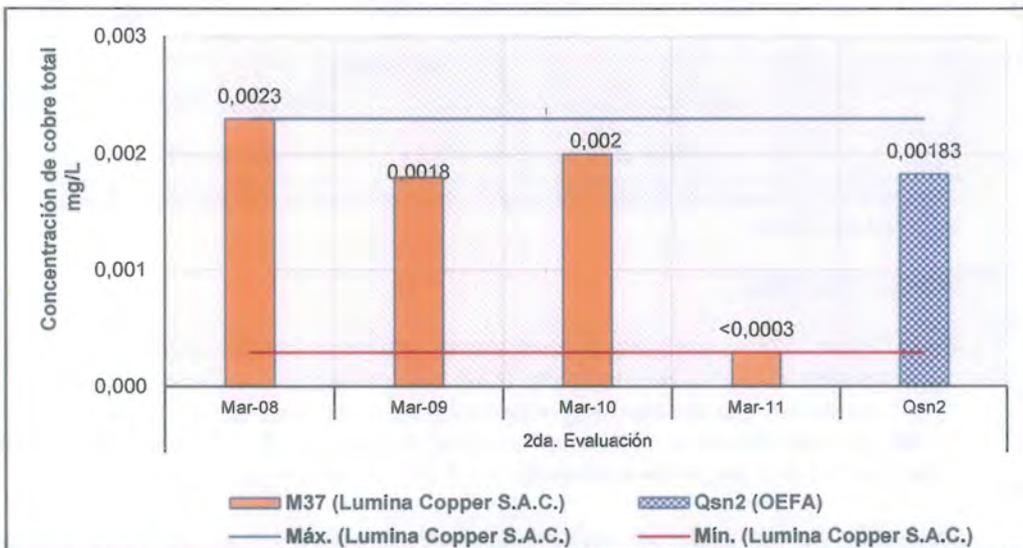


Figura 7-76. Concentración de cobre total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M37 y el OEFA en Qs/n2

Hierro total

En la Figura 7-77 se presenta la comparación de la concentración de hierro total reportada por el OEFA en marzo de 2018 con los datos históricos de Lumina Copper S.A.C. La concentración de hierro total reportada por el OEFA fue 0,3216 mg/L y las concentraciones históricas reportadas del 2008 al 2011 en los meses relacionados a la segunda evaluación de 0,175 a 1,260 mg/L.

Por tanto, la concentración hierro total reportado por el OEFA en la quebrada sin nombre, aguas abajo del bofedal Paja Blanca, guarda relación con las concentraciones históricas reportadas por Lumina Copper S.A.C. para el punto M37.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

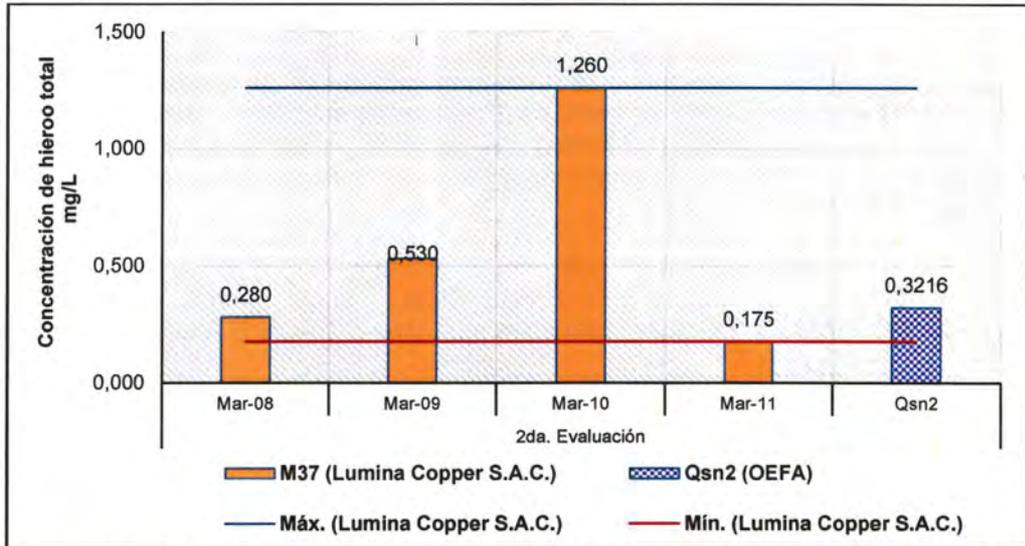


Figura 7-77. Concentración de hierro total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M37 y el OEFA en Qs/n2

Manganeso total.

En la Figura 7-78 se presenta la comparación de la concentración de manganeso total reportada por el OEFA en marzo de 2018 con los datos históricos de Lumina Copper S.A.C. La concentración de manganeso total reportada por el OEFA fue 0,01718 mg/L y las concentraciones históricas reportadas del 2008 al 2011 en los meses relacionados a la segunda evaluación de 0,013 a 0,031 mg/L.

Por tanto, la concentración manganeso total reportado por el OEFA en la quebrada sin nombre, aguas abajo del bofedal Paja Blanca, se ubica entre la concentración mínima y máxima de manganeso tota reportado por Lumina Copper S.A.C. en el punto M37.

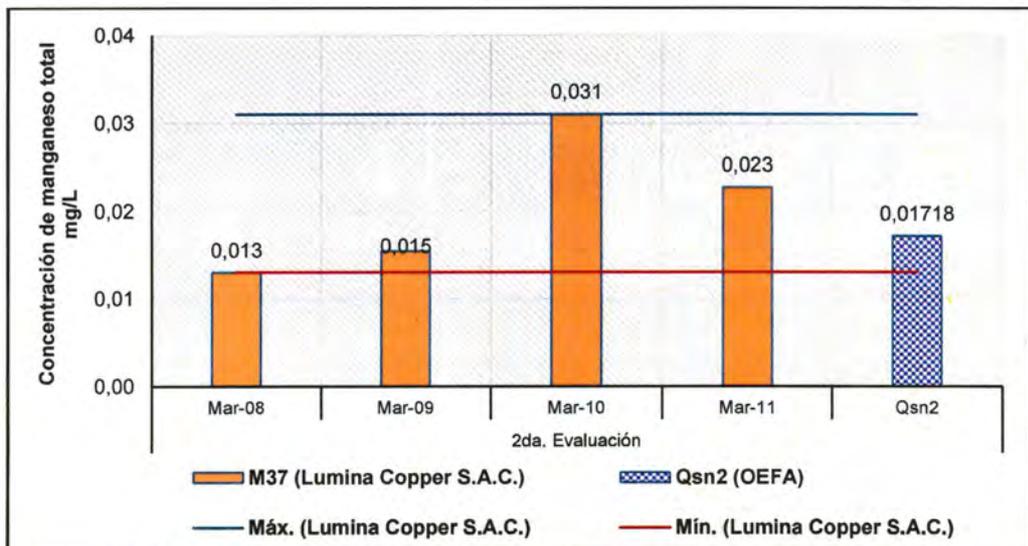


Figura 7-78. Concentración de manganeso total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M37 y el OEFA en Qs/n2



Vertical handwritten signature in blue ink



Puntos de muestreo M1 y QCham2

Potencial de hidrógeno

En la Figura 7-79 se presenta los resultados del pH registrado en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018), comparado con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del punto QCham2 (quebrada Chamcas) en ambas evaluaciones, presentaron características ligeramente básicas, con valores de 7,83 y 7,84 unidades de pH, respectivamente.

Sin embargo, los datos históricos reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de 4,9 a 8,0 unidades de pH, y en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de 5,8 a 7,9 unidades de pH. Por consiguiente, los valores de pH registrados por el OEFA se ubican dentro de los valores mínimos y máximos reportados por Lumina Copper S.A.C. en el punto M1.



P N A

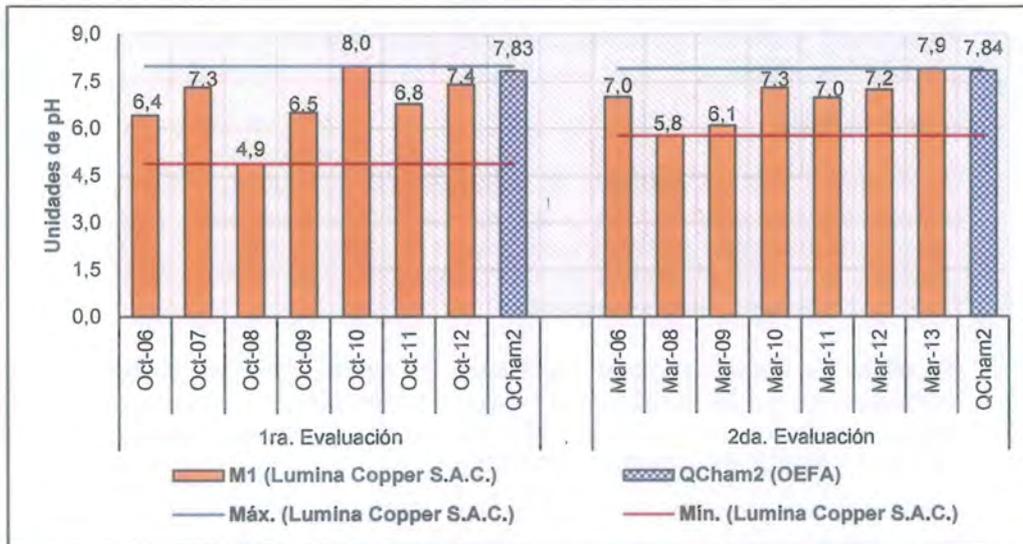


Figura 7-79. Valor de pH reportado por Lumina Copper S.A.C. en M1 y el OEFA en QCham2

Conductividad Eléctrica

En la Figura 7-80 se presenta los valores de conductividad eléctrica registrado en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018), comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones fueron 36,7 y 34,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente.

Mientras, los datos históricos reportados por Lumina Copper S.A.C. en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de 29 a 92 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de 22 a 48 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por tanto, los valores registrados por el OEFA en las 2 evaluaciones se ubican dentro de los valores mínimos y máximos reportado por Lumina Copper S.A.C. en el punto M1.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

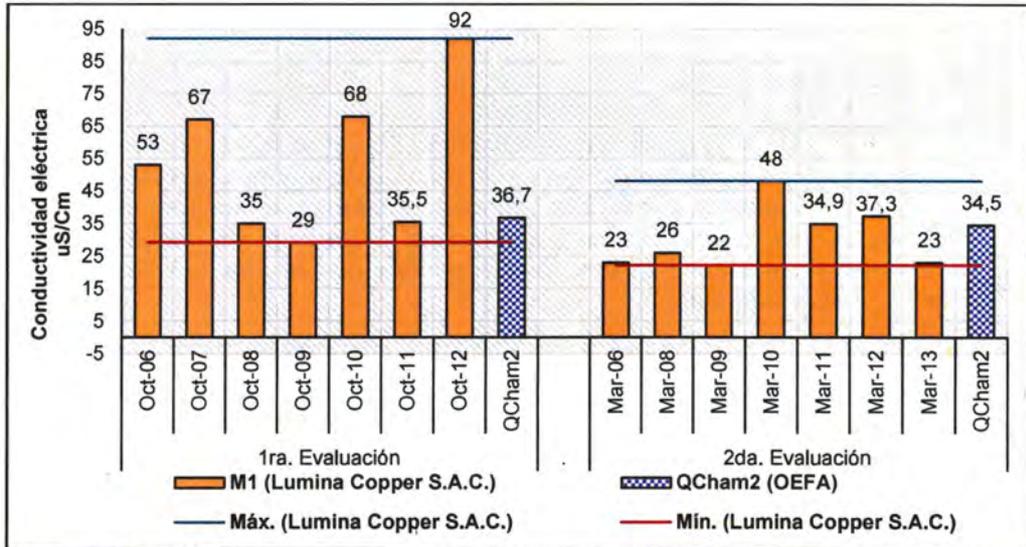


Figura 7-80. Valor de conductividad eléctrica reportado por Lumina Copper S.A.C. en M1 y el OEFA en QCham2

Aluminio total

En la Figura 7-81 se presenta la concentración de aluminio total registrado en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018), comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA registrados en ambas evaluaciones fueron 0,331 y 0,103 mg/L, respectivamente.

En tanto, los datos históricos reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de <0,001 a 0,27 mg/L, y en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de <0,001 a 2,357 mg/L (este último valor atípico registrado por Lumina Copper S.A.C. en marzo de 2009).

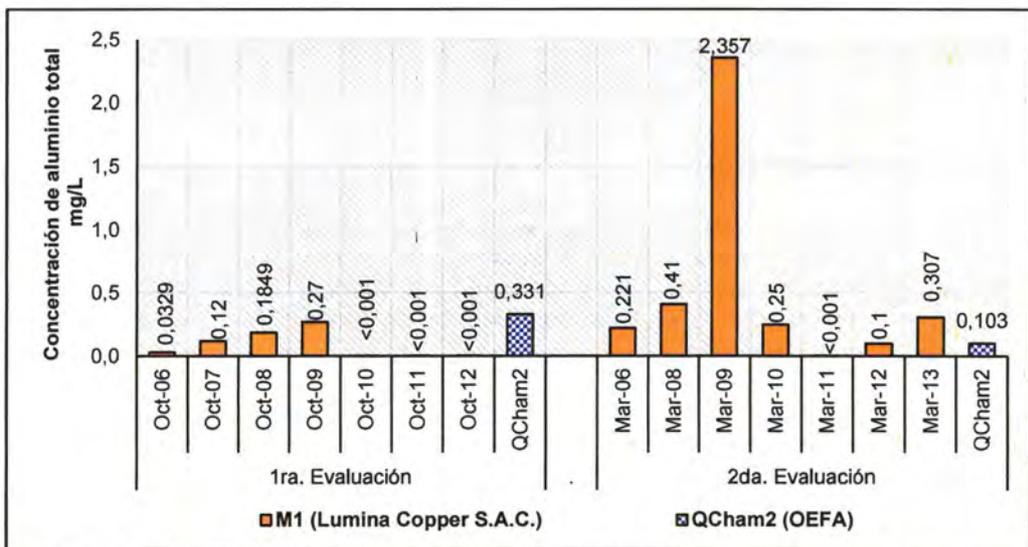


Figura 7-81. Concentración de aluminio total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M1 y el OEFA en QCham2



Cabe resaltar, que las concentraciones de aluminio total reportadas por el OEFA en la primera evaluación fueron mayor a los valores reportado por Lumina Copper S.A.C., sin embargo, la concentración de aluminio total en la segunda evaluación se encuentra entre la concentración mínima y máxima reportado por Lumina Copper S.A.C. en el punto M1.

Cobre total

En la Figura 7-82 se presenta la concentración de cobre total registrado en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018), comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados registrados por el OEFA en ambas evaluaciones fueron 0,03771 y 0,03131 mg/L, respectivamente. Mientras, los datos históricos reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de 0,0023 a 0,0352 mg/L, y en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de 0,0150 a 0,0672 mg/L.

Por tanto, la concentración de cobre total reportada por el OEFA en la primera evaluación fue mayor a la concentración máxima de la data histórica de Lumina Copper S.A.C.; sin embargo, en la segunda evaluación el valor de OEFA se ubica entre las concentraciones mínimas y máximas de Lumina Copper S.A.C. A partir de los datos históricos se observa que la mayor concentración de cobre total se registró en los meses de marzo para el punto M1 ubicado en la quebrada Chamcas.

Handwritten signature and stamp of the OEFA. The stamp is circular and contains the text: 'SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA - ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - TALENTO HUMANO'. There is a blue arrow pointing upwards from the signature area towards the text of the document.

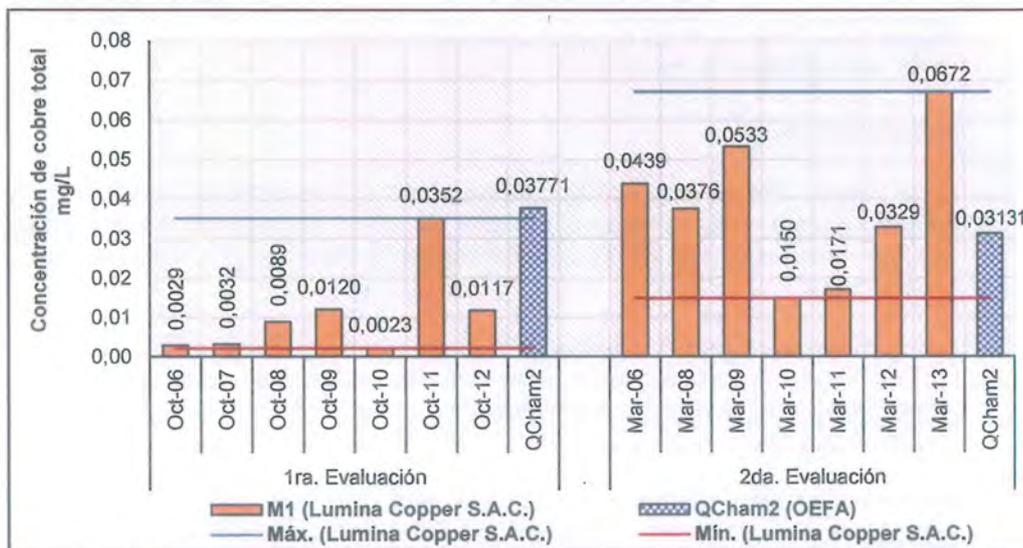


Figura 7-82. Concentración de cobre total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M1 y el OEFA en QCham2

Hierro total

En la Figura 7-83 se presenta la concentración de hierro total registrado en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018), comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA registrados en ambas evaluaciones fueron 0,5045 y 0,1354 mg/L, respectivamente.

En tanto, los datos históricos reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de <0,001 a 0,44 mg/L, y en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de 0,164 a 3,19 mg/L.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Por tanto, la concentración de hierro total reportado por el OEFA en la primera evaluación fue mayor del máximo reportado por Lumina Copper S.A.C.; sin embargo, en la segunda evaluación la concentración de hierro total se ubica por debajo del valor mínimo de Lumina Copper S.A.C. A partir de los valores históricos, se observó que la mayor concentración de hierro total se presentó en marzo de 2009 en el punto M1.

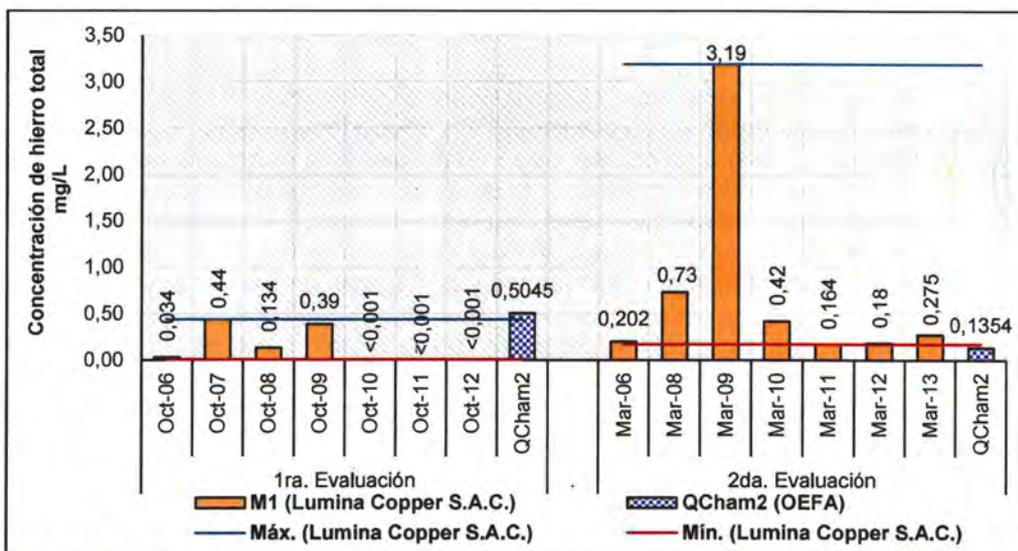


Figura 7-83. Concentración de hierro total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M1 y el OEFA en QCham2

Manganeso total

En la Figura 7-84 se presenta la concentración de manganeso total registrado en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018), comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C.

Los resultados registrados por el OEFA en ambas evaluaciones fueron 0,01029 y 0,02747 mg/L, respectivamente. Mientras, los datos históricos reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de <0,0002 a 0,015 mg/L, y en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de 0,01 a 0,0549 mg/L.

Por tanto, la concentración de manganeso total reportado por el OEFA en la primera y segunda evaluación se encuentra entre las concentraciones mínima y máxima reportadas por Lumina Copper S.A.C. A partir de los datos históricos se observa que la mayor concentración de manganeso total se registró en los meses de marzo para el punto M1 ubicado en la quebrada Chamcas.



Vertical handwritten signature and date: 2018



M28 - QLIP2

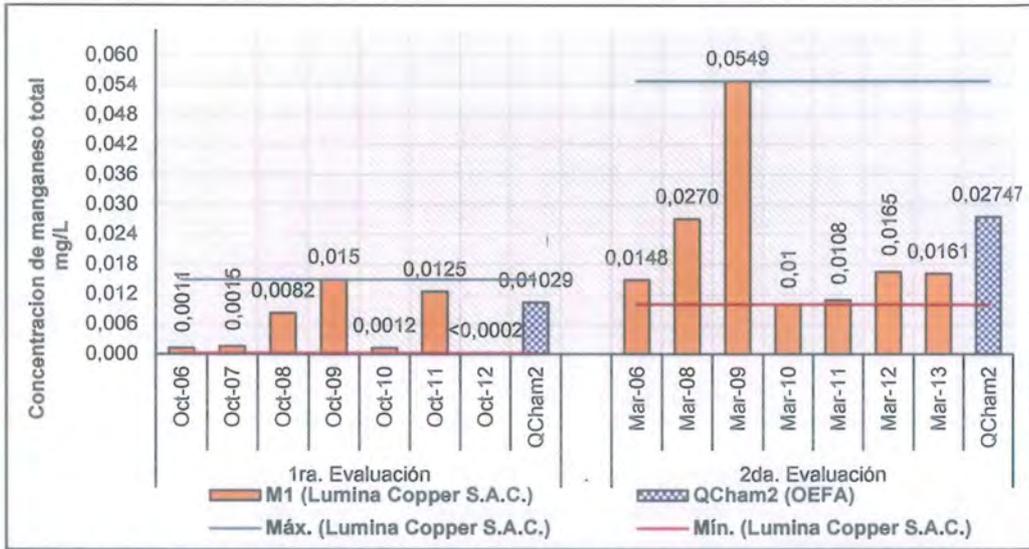


Figura 7-84. Concentración de manganeso total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M1 y el OEFA en QCham2

b.3. Microcuenca de la quebrada La Chorrera

En esta microcuenca se ubica un punto de muestreo identificado por el OEFA como QLipi2 (quebrada Lipiac) durante la ejecución de la EAT realizada en octubre de 2017. Este punto está aproximado a M28 registrado por Lumina Copper S.A.C. En los puntos mencionados, se realizó la comparación pH, conductividad eléctrica-CE, aluminio, cobre, hierro y manganeso total.

Debido a que no se contó con data histórica para el mes de octubre, la comparación de los resultados se realizó con los datos reportados desde enero de 2007 hasta junio de 2013.

Puntos de muestreo M28 y QLipi2

Potencial de hidrógeno

En la Figura 7-85 se presenta los resultados del pH registrado en la primera evaluación (octubre de 2017), comparado con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. El resultado del punto QLipi2 (quebrada Lipiac) presentó características ligeramente básicas, con un valor de 7,48 unidades de pH.

Sin embargo, los datos históricos reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de 6,3 a 9,9 unidades de pH. Por consiguiente, el valor de pH registrado por el OEFA se encuentra entre el valor mínimo y máximo reportado por Lumina Copper S.A.C. en el punto M28.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Ene-07

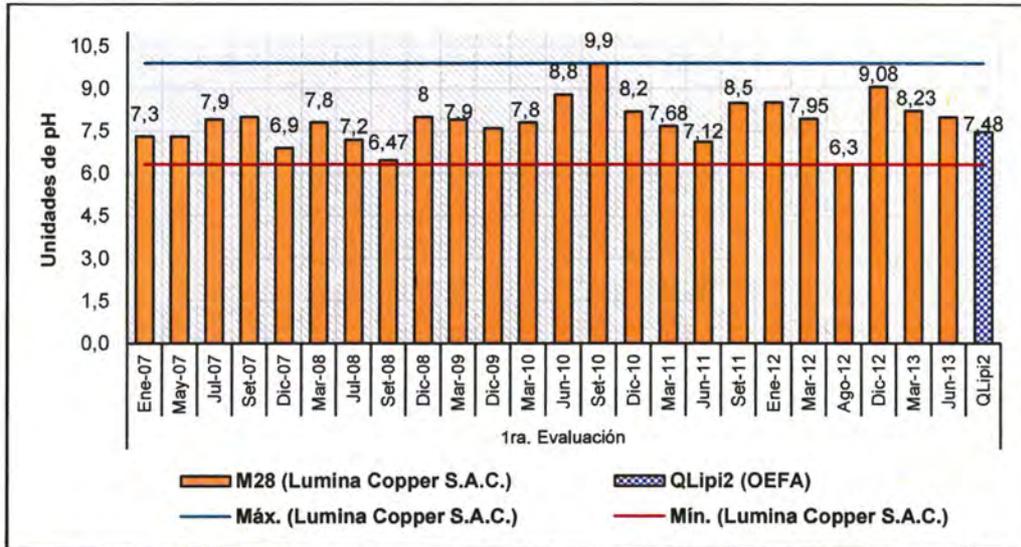


Figura 7-85. Valor de pH reportado por Lumina Copper S.A.C. en M28 y el OEFA en QLipi2

Conductividad Eléctrica

En la Figura 7-86 se presenta los valores de conductividad eléctrica de la primera evaluación (octubre de 2017) comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. El resultado registrado por el OEFA fue 251 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Mientras tanto, los datos históricos reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de 111 a 383 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Por lo tanto, el valor registrado por el OEFA se ubica dentro de los valores mínimos y máximos reportados por Lumina Copper S.A.C. para el punto M28.

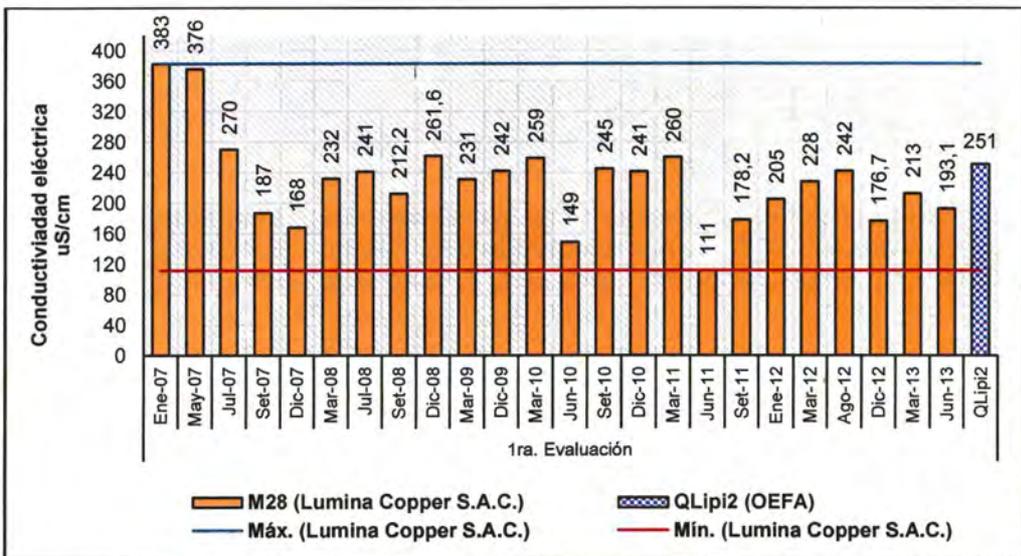


Figura 7-86. Valor de conductividad eléctrica reportado por Lumina Copper S.A.C. en M28 y el OEFA en QLipi2



Aluminio total

En la Figura 7-87 se presenta la comparación de la concentración de aluminio total registrada por el OEFA en octubre de 2017 con los datos históricos de Lumina Copper S.A.C. La concentración de aluminio total reportada por el OEFA fue 0,117 mg/L, y las concentraciones históricas reportadas desde enero de 2008 hasta junio de 2013 fueron de <0,001 a 0,6037 mg/L.

Por tanto, la concentración de aluminio total reportada por el OEFA en la quebrada Lipiac se ubica entre las concentraciones mínimas y máximas históricas reportadas por Lumina Copper S.A.C. para el punto M28.



Vertical handwritten signature in blue ink.

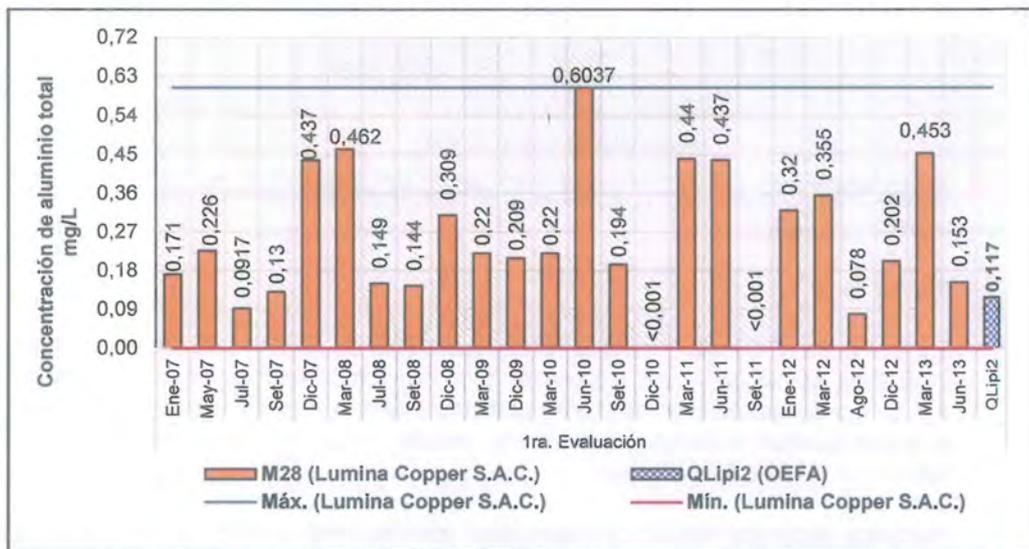


Figura 7-87. Concentración de aluminio total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M28 y el OEFA en QLipí2

Cobre total

En la Figura 7-88 se presenta la comparación de la concentración de cobre total reportado por el OEFA en la primera evaluación (octubre de 2017) con los datos históricos de Lumina Copper S.A.C. La concentración de cobre total reportada por el OEFA fue menor al límite de cuantificación (<0,00003 mg/L) del método de ensayo; sin embargo, las concentraciones históricas reportadas desde enero de 2007 hasta junio de 2013 fueron de <0,0003 a 0,0051 mg/L.

A partir de los datos históricos se observa que la mayor concentración de cobre total se registró en setiembre de 2011 en el Punto M28 ubicado en la quebrada Lipiac, este valor puede se puede considerar como un valor atípico, debido a que la concentración de cobre total en el mismos puntos de muestreo en los meses inmediatos inferiores y superiores se reportó concentraciones menores al límite de cuantificación del método de ensayo.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

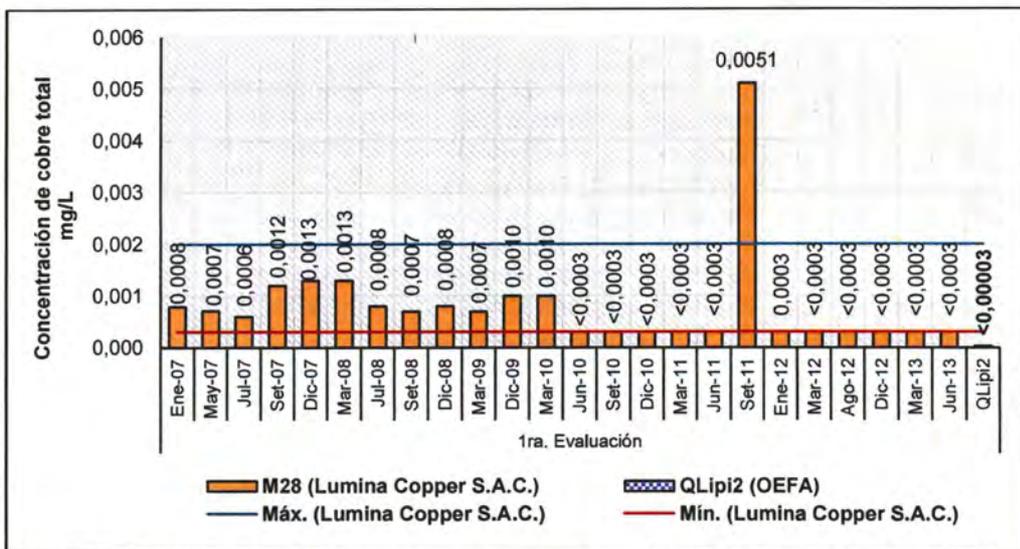


Figura 7-88. Concentración de cobre total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M28 y el OEFA en QLipí2

Hierro total

En la Figura 7-89 se presenta la comparación de la concentración de hierro total registrada por el OEFA en octubre de 2017 con los datos históricos de Lumina Copper S.A.C. La concentración de hierro total reportada por el OEFA fue 0,213 mg/L, y las concentraciones históricas reportadas desde enero de 2008 hasta junio de 2013 fueron de <0,001 a 0,788 mg/L.

Por tanto, la concentración de hierro total reportada por el OEFA en la quebrada Lipiac, se ubica entre las concentraciones mínimas y máximas históricas reportadas por Lumina Copper S.A.C. para el punto M28.

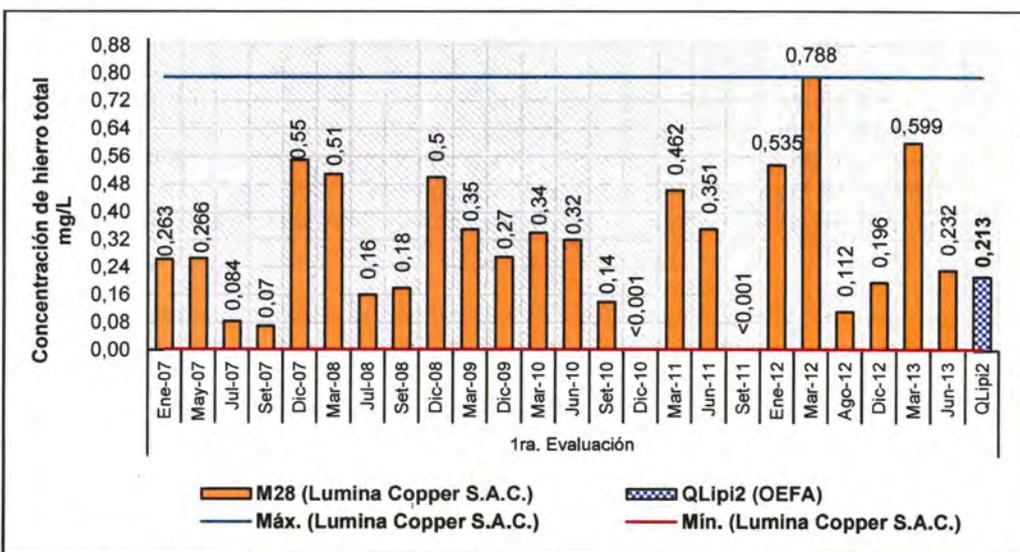


Figura 7-89. Concentración de hierro total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M28 y el OEFA en QLipí2



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Manganeso total

En la Figura 7-90 se presenta la concentración de manganeso total registrado en la primera evaluación, comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. El resultado registrado por el OEFA fue de 0,01332 mg/L. Asimismo, los datos históricos reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de 0,0064 a 0,0298 mg/L.

Por tanto, la concentración de manganeso total reportado por el OEFA en la primera evaluación se encuentra entre las concentraciones mínima y máxima reportada por Lumina Copper S.A.C. A partir de los datos históricos se observa que la mayor concentración de manganeso total se registró en junio de 2011 en el punto M28 ubicado en la quebrada Lipiac.



Handwritten signature and vertical text in blue ink.

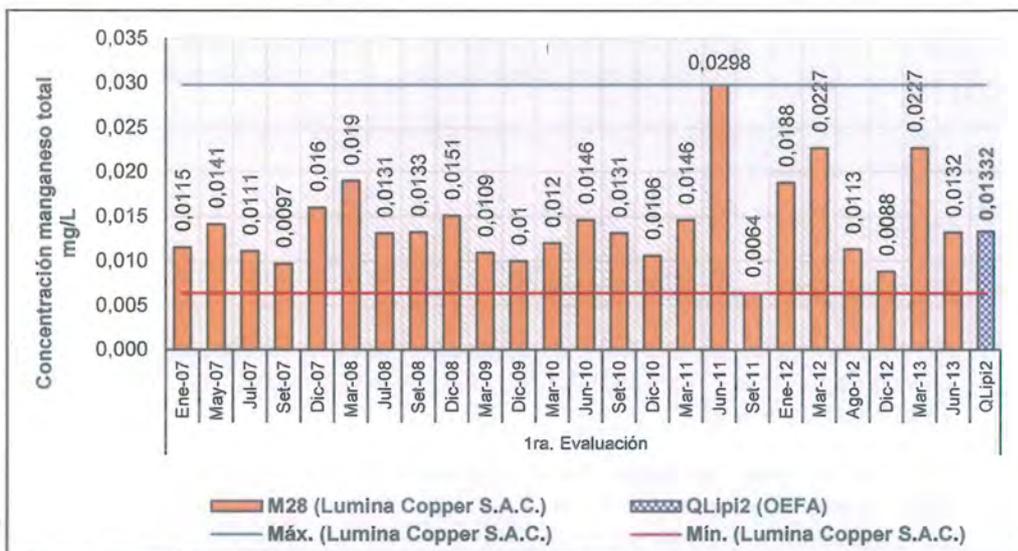


Figura 7-90. Concentración de manganeso total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M28 y el OEFA en QLipí2

Plomo total

En la Figura 7-91 se presenta la comparación de la concentración de plomo total reportada por el OEFA en octubre de 2017 con los datos históricos de Lumina Copper S.A.C. La concentración de plomo total reportada por el OEFA fue 0,0009 mg/L, y las concentraciones históricas reportadas desde enero de 2008 hasta junio de 2013 fueron de <0,0001 a 0,0178 mg/L.

Por tanto, la concentración plomo total reportada por el OEFA en la quebrada Lipiac, se ubica entre las concentraciones mínimas y máximas históricas reportadas por Lumina Copper S.A.C. para el punto M28.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

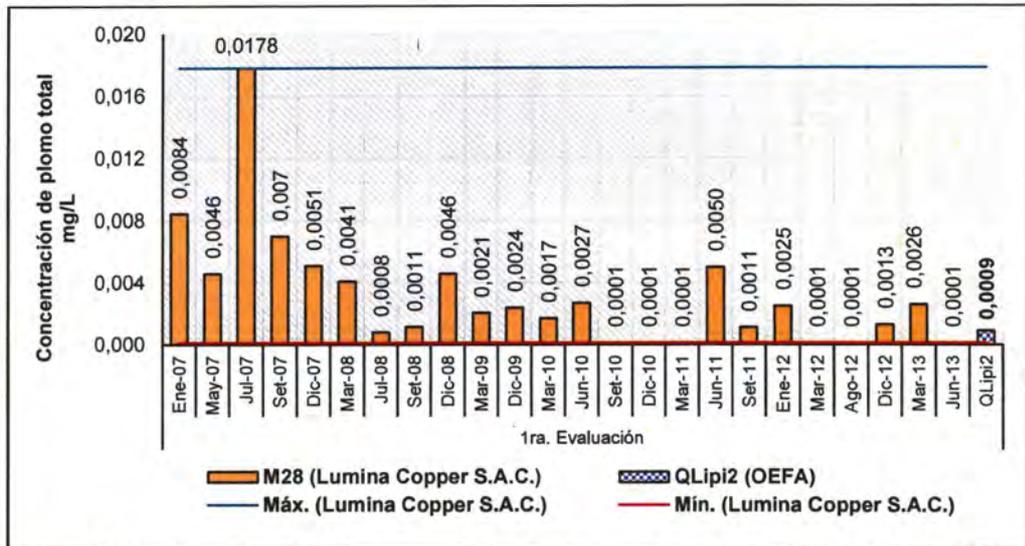


Figura 7-91. Concentración de plomo total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M28 y el OEFA en QLipí2

C. Lagunas

c.1. Microcuenca de la quebrada Milpo

En esta microcuenca se ubica un punto de muestreo identificado por el OEFA como LRinc3 (laguna La Rinconada) durante la ejecución de la EAT realizada en octubre de 2017 y marzo de 2018.

Este punto, tiene un grado de coincidencia por su ubicación con el punto M6, determinado por Lumina Copper S.A.C. En los puntos mencionados, se realizó la comparación de los parámetros pH, conductividad eléctrica-CE, aluminio, cobre, hierro y plomo total.

Puntos de muestreo M6 y LRinc3

Potencial de hidrógeno

En la Figura 7-92 se presenta los resultados de pH en octubre de 2017 y marzo de 2018, comparados los valores históricos reportados por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones del punto LRinc3 (laguna La Rinconada) presentaron características ácidas, con valores de 5,90 y 5,22 unidades de pH, respectivamente.

Por otro lado, los valores históricos reportados del 2005 al 2016 para octubre fueron de 4,1 a 6,5 unidades de pH, y para los reportados desde el 2006 hasta el 2016 para marzo fueron de 4,56 a 7,10 unidades de pH. Por consiguiente, los valores de pH registrados por el OEFA se ubican dentro de los valores mínimos y máximos reportados por Lumina Copper S.A.C. para el punto M6.



Handwritten signature in blue ink

Handwritten initials in blue ink



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



Handwritten signature and date: 17/03/2018

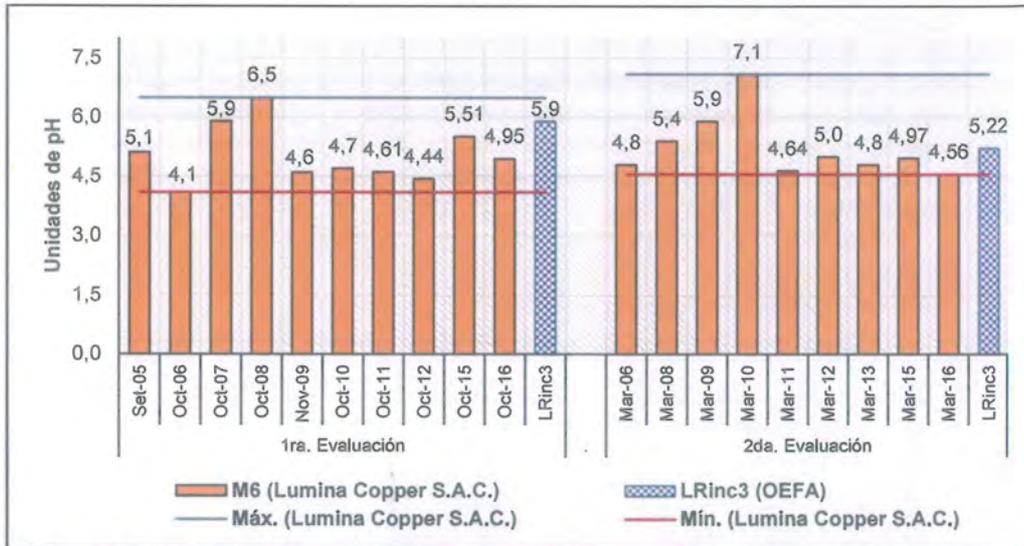


Figura 7-92. Valor de pH reportado por Lumina Copper S.A.C. en M6 y el OEFA en LRinc3

Conductividad Eléctrica

En la Figura 7-93 se presenta los valores de conductividad eléctrica registrado en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018), comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones fueron 20,1 y 11,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente.

Asimismo, los datos históricos reportados por Lumina Copper S.A.C. en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de 7 a 44 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de 7 a 17,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Por tanto, los valores registrados por el OEFA en las 2 evaluaciones se ubican dentro de los valores mínimos y máximos reportados por Lumina Copper S.A.C. en el punto M6.

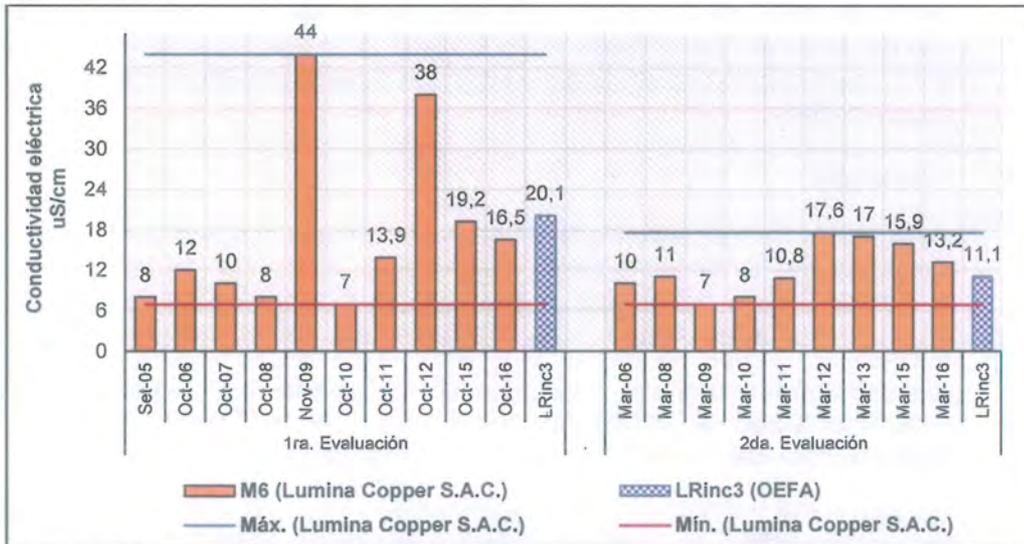


Figura 7-93. Valor de conductividad eléctrica reportado por Lumina Copper S.A.C. en M6 y el OEFA en LRinc3



Aluminio total

En la Figura 7-94 se presenta la comparación entre la concentración de aluminio total registrado en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018), comparado con datos históricos de Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA registrados en ambas evaluaciones fueron 0,185 y 0,222 mg/L, respectivamente. En tanto, las concentraciones históricas reportadas en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de <0,001 a 0,23 mg/L, y en los meses relacionado a la segunda evaluación fueron de 0,102 a 0,336 mg/L.



Vertical handwritten text in blue ink, possibly a signature or date.

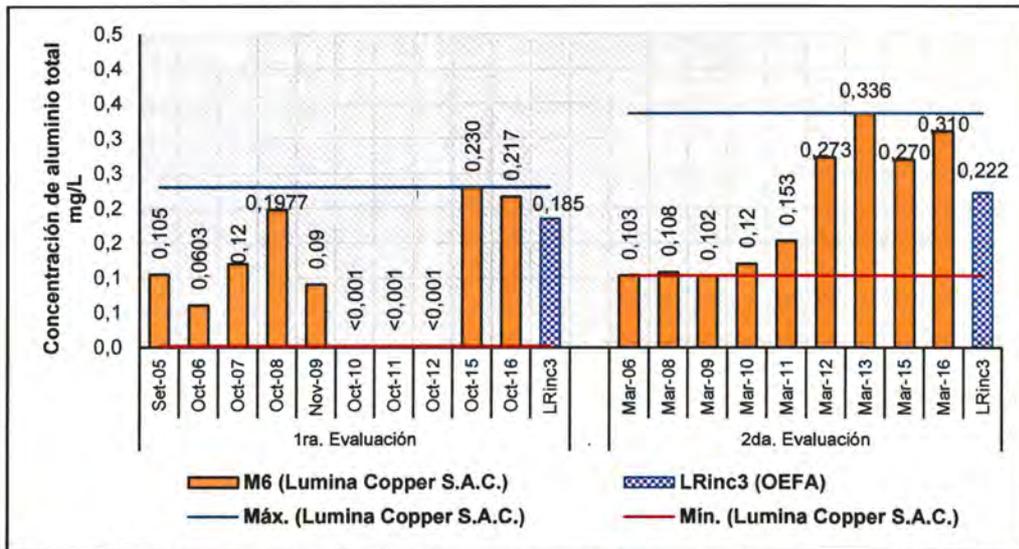


Figura 7-94. Concentración de aluminio total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M6 y el OEFA en LRinc3

Por tanto, las concentraciones de aluminio total reportadas por el OEFA, se ubican entre las concentraciones mínimas y máximas reportadas por Lumina Copper S.A.C. los meses relacionados a la primera y segunda evaluación. Asimismo, cabe destacar que las mayores concentraciones de aluminio total reportadas por Lumina Copper S.A.C. para el punto de M6 (laguna La Rinconada) se presentaron en los meses de marzo de 2013.

Cobre total

En la Figura 7-95 se presenta la comparación entre la concentración de cobre total registrado en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018), comparado con datos históricos de Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA registrados en ambas evaluaciones fueron de 0,0643 y 0,05422 mg/L, respectivamente. Mientras, las concentraciones históricas reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de <0,0003 a 0,0760 mg/L, y en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de 0,008 a 0,091 mg/L de cobre total.

Por ello, las concentraciones de cobre total reportadas por el OEFA, se ubican entre las concentraciones mínimas y máximas reportadas por Lumina Copper S.A.C. en las 2 evaluaciones. Asimismo, las mayores concentraciones de cobre total reportadas por



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Lumina Copper S.A.C. para el punto de M6 (laguna La Rinconada) fueron en marzo y octubre de 2015.



Handwritten notes and signatures in blue ink, including the number '54' and a signature.

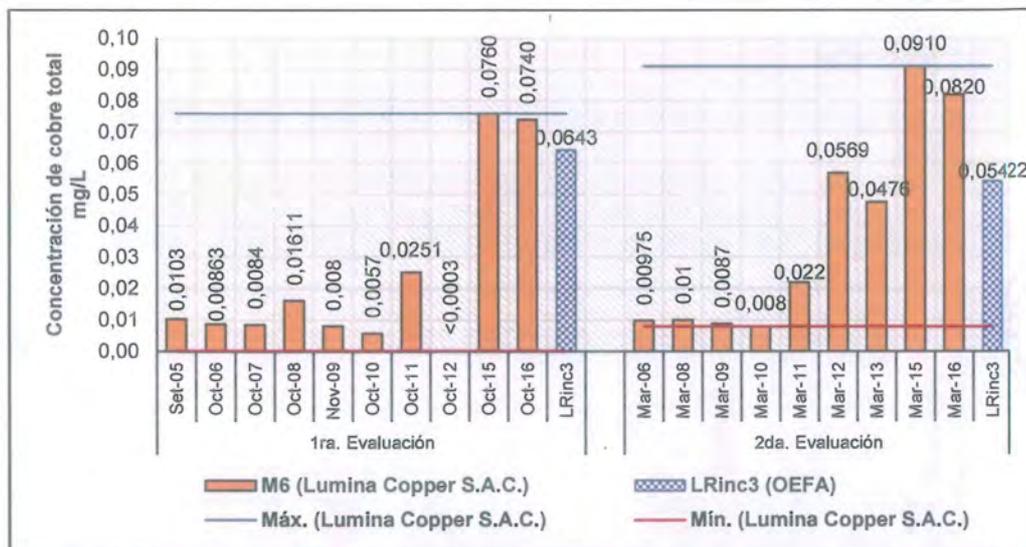


Figura 7-95. Concentración de cobre total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M6 y el OEFA en LRinc3

Hierro total

En la Figura 7-96 se presenta la comparación entre la concentración de hierro total registrado en la primera (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018), comparado con datos históricos de Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA registrados en ambas evaluaciones fueron 0,0663 y 0,0899 mg/L, respectivamente.

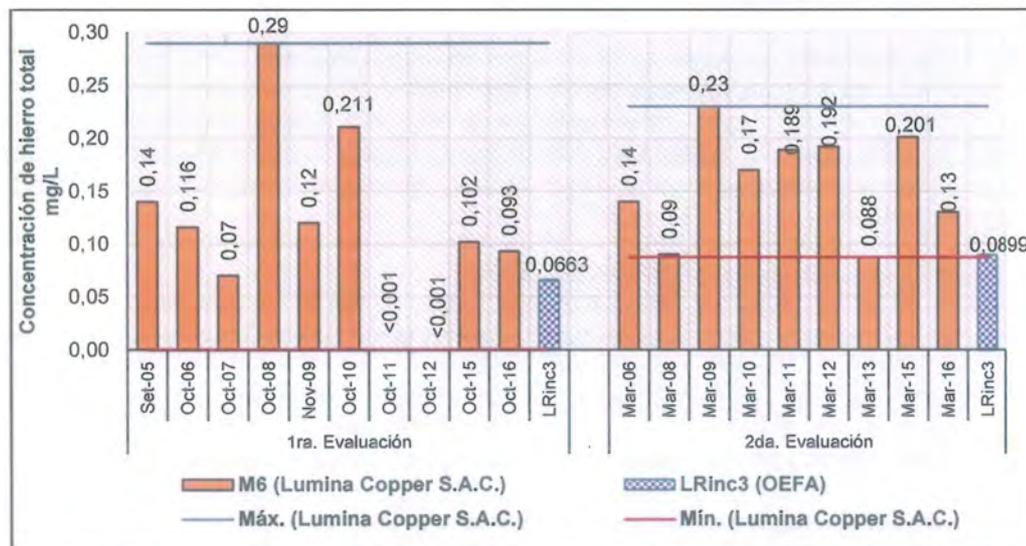


Figura 7-96. Concentración de hierro total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M6 y el OEFA en LRinc3

En cuanto a las concentraciones históricas reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de <0,001 a 0,290 mg/L, y en los meses relacionados a la



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

segunda evaluación fueron de 0,088 a 0,23 mg/L. Por tanto, las concentraciones de hierro total reportadas por el OEFA, se ubican entre las concentraciones mínimas y máximas reportadas por Lumina Copper S.A.C. en las 2 evaluaciones.

Plomo total

En la Figura 7-97 se presenta la concentración de plomo total en la primera evaluación (meses relacionados a octubre de 2017) y segunda evaluación (meses relacionados a marzo de 2018) comparada con la data histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. Los resultados del OEFA en ambas evaluaciones fueron menores al límite de cuantificación del método de ensayo (<0,0002 mg/L) empleado para el análisis.



Handwritten signature and initials in blue ink.

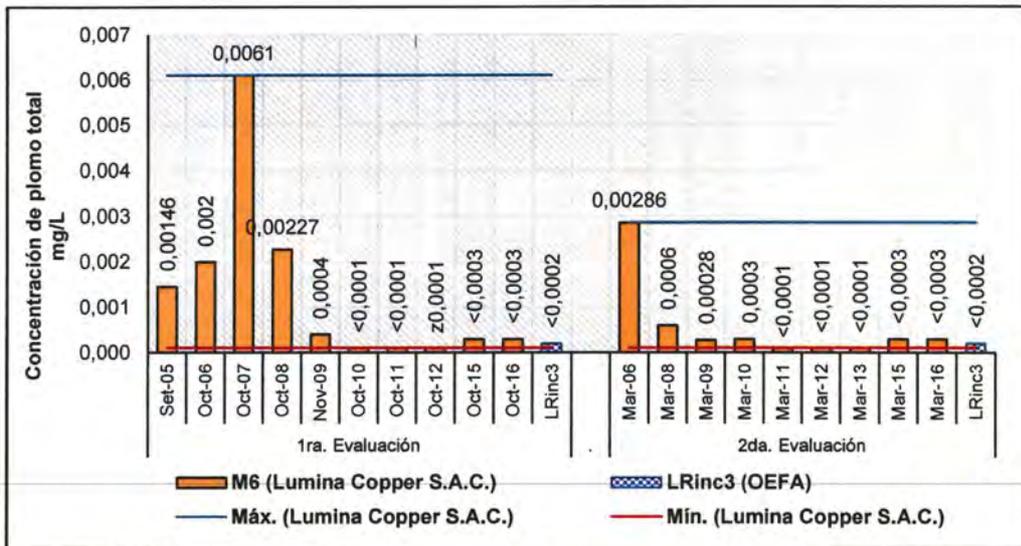


Figura 7-97. Concentración de plomo total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M6 y el OEFA en LRinc3

Mientras tanto, la mayor concentración de plomo total reportado por Lumina Copper S.A.C. para los meses relacionado a la primera evaluación fueron de < 0,0001 a 0,006 mg/L, y en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de <0,0001 a 0,00286 mg/L. De la data histórica se puede observar que la mayor concentración de plomo total se reportó en octubre de 2007 en el punto M6 ubicado en la laguna la Rinconada.

c.2. Microcuenca de la quebrada Kerosene

En esta microcuenca se ubica la laguna Kerosene, donde el OEFA ubicó 3 puntos de muestreo en las dos evaluaciones realizadas, LKero2 y LKero3 (octubre de 2017 y marzo de 2018) y LKero4 (marzo de 2018). Estos puntos fueron considerados para la comparación referencial de los parámetros pH, conductividad eléctrica-CE, aluminio, cobre, hierro y plomo total con el punto M5 de Lumina Copper S.A.C.

Puntos de muestreo M5 y LKero2, LKero3, LKero4

Potencial de hidrógeno

En la Figura 7-98 se presenta los resultados de pH de octubre de 2017 y marzo de 2018, comparados con los valores históricos reportados por Lumina Copper S.A.C.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Los resultados registrados en la laguna Kerosene por el OEFA fueron 6,45 y 4,83 unidades de pH (LKero2), 6,0 y 4,92 unidades de pH (LKero3) y 8,81 unidad de pH (LKero4), presentando características ácidas en ambas evaluaciones.

Por otro lado, los valores históricos reportados del 2005 al 2012 para los meses relacionados a la primera evaluación fueron de 4,4 a 6,9 unidades de pH, y para los meses relacionados a la segunda evaluación reportados desde el 2006 hasta el 2013 fueron de 5,0 a 6,2 unidades de pH. Por consiguiente, los valores de pH registrados por el OEFA en la primera evaluación se ubican dentro de los valores mínimos y máximos de Lumina Copper S.A.C.; en cambio, los valores registrados en la segunda evaluación se ubican por debajo del valor mínimo reportado por Lumina Copper S.A.C. para el punto M6.



Handwritten signature and initials in blue ink.

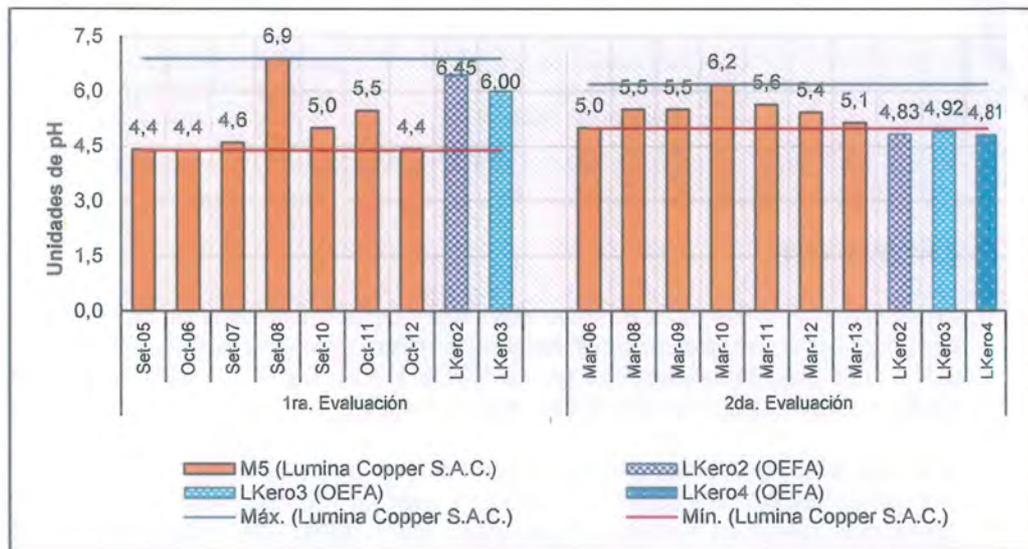


Figura 7-98. Valor de pH reportado por Lumina Copper S.A.C. en M5 y el OEFA en LKero2, LKero3 y LKero4

Conductividad Eléctrica

En la Figura 7-99 se presenta los resultados de conductividad eléctrica de octubre de 2017 y marzo de 2018, comparados con los valores históricos reportados por Lumina Copper S.A.C. Los valores registrados por el OEFA fueron 11,4 y 8,76 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (LKero2), 9,87 y 8,82 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (LKer3) y 8,45 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (LKero4).

Mientras tanto, los datos históricos reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de 7,4 a 18 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de 6,4 a 11 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Por lo tanto, el valor registrado por el OEFA se ubica dentro de los valores mínimos y máximos reportados por Lumina Copper S.A.C. para el punto M5.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

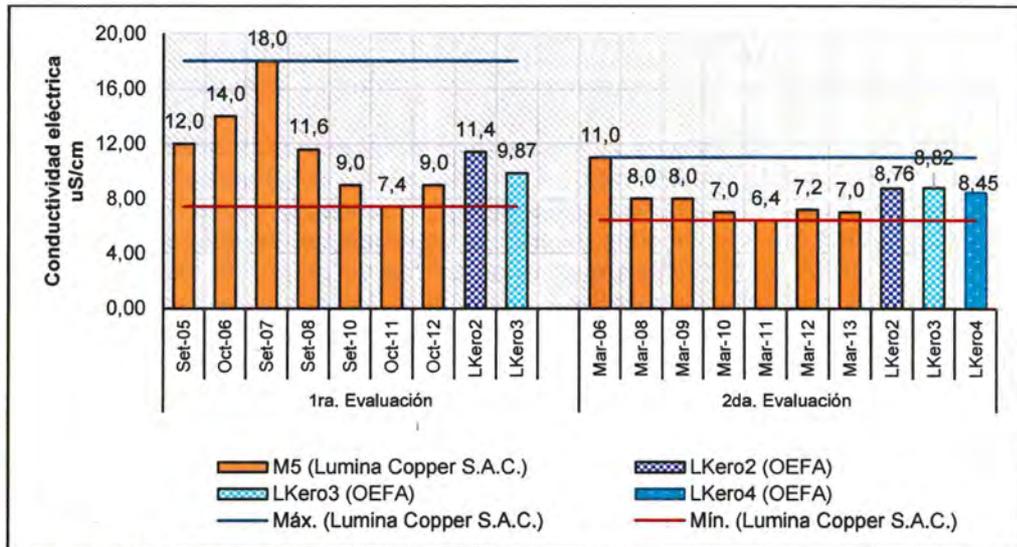


Figura 7-99. Valor de conductividad eléctrica reportado por Lumina Copper S.A.C. en M5 y el OEFA en LKero2, LKero3 y LKero4

Aluminio total

En la Figura 7-100 se presenta los resultados de aluminio total de octubre de 2017 y marzo de 2018, comparados con los valores históricos reportados por Lumina Copper S.A.C. Los valores registrados por el OEFA fueron 0,094 y 0,1020 mg/L (LKero2), 0,081 y 0,104 mg/L (LKero3) y 0,133 mg/L (LKero4).

Mientras tanto, los datos históricos reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de < 0,001 a 0,328 mg/L y en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de < 0,001 a 0,202 mg/L. Por lo tanto, los valores reportados por el OEFA en las dos evaluaciones se ubican dentro de los valores mínimos y máximos reportados por Lumina Copper S.A.C. para el punto M5.

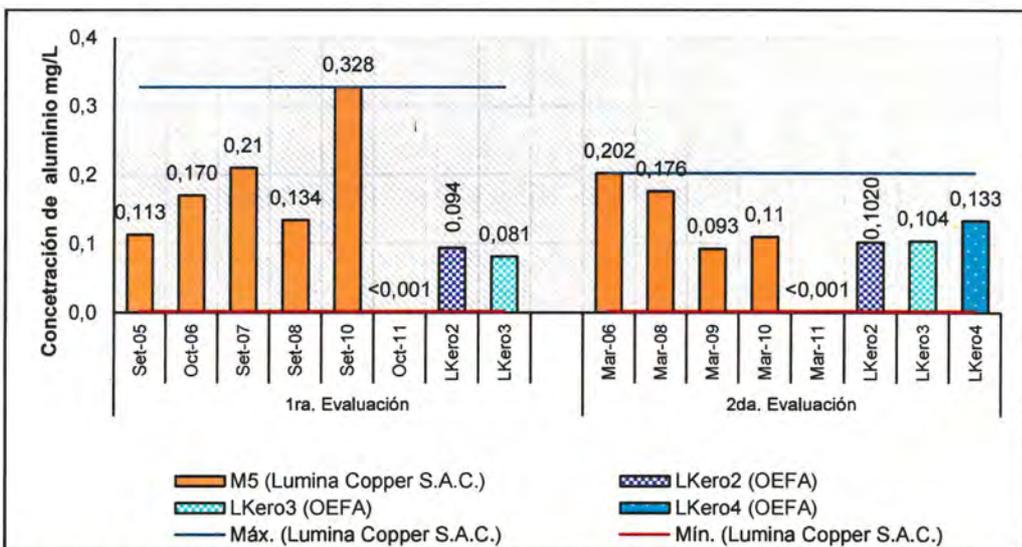


Figura 7-100. Concentración de aluminio total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M5 y el OEFA en LKero2, LKero3 y LKero4

Handwritten blue notes and signatures on the left margin, including a circular stamp from the OEFA.



Cobre total

En la Figura 7-101 se presenta los resultados de cobre total de octubre de 2017 y marzo de 2018, comparados con los valores históricos reportados por Lumina Copper S.A.C. Los valores reportados por el OEFA fueron 0,01493 y 0,0144 mg/L (LKero2), 0,01416 y 0,01563 mg/L (LKero3) y 0,03308 mg/L (LKero4).

Mientras tanto, los datos históricos reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de 0,0101 a 0,0527 mg/L y en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de 0,0140 a 0,0702 mg/L. Por lo tanto, los valores reportados por el OEFA en las dos evaluaciones se ubican dentro de los valores mínimos y máximos reportados por Lumina Copper S.A.C. para el punto M5.

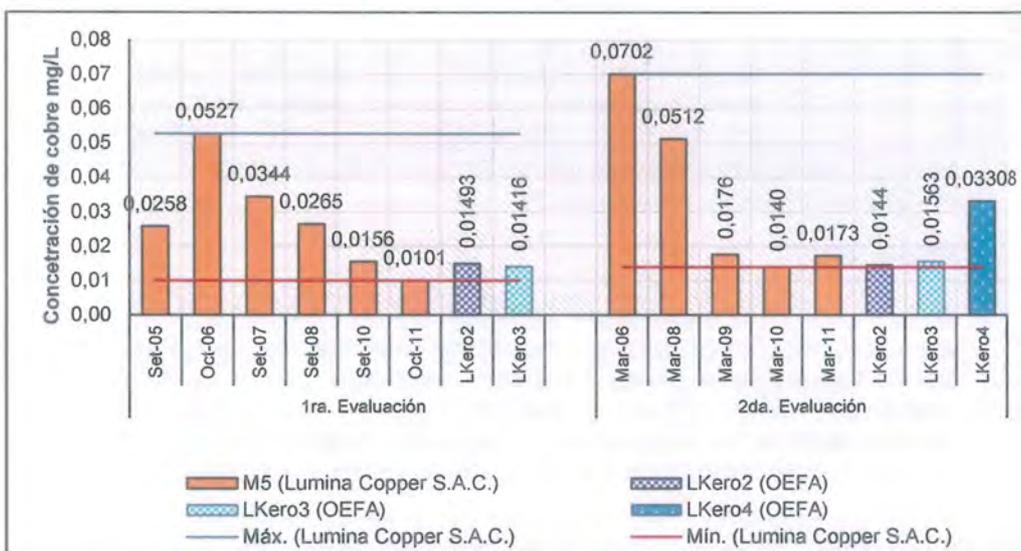


Figura 7-101. Concentración de cobre total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M5 y el OEFA en LKero2, LKero3 y LKero4

Hierro total

En la Figura 7-102 se presenta los resultados de hierro total de octubre de 2017 y marzo de 2018, comparados con los valores históricos reportados por Lumina Copper S.A.C. Los valores reportados por el OEFA fueron 0,0767 y 0,0795 mg/L (LKero2), 0,0767y 0,0894 mg/L (LKer3) y 0,0841 mg/L (LKero4).

Mientras tanto, los datos históricos reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de <0,001 a 0,251 mg/L y en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de <0,001 a 0,31 mg/L. Por lo tanto, los valores reportados por el OEFA en las dos evaluaciones se ubican dentro de los valores mínimos y máximos reportados por Lumina Copper S.A.C. para el punto M5.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

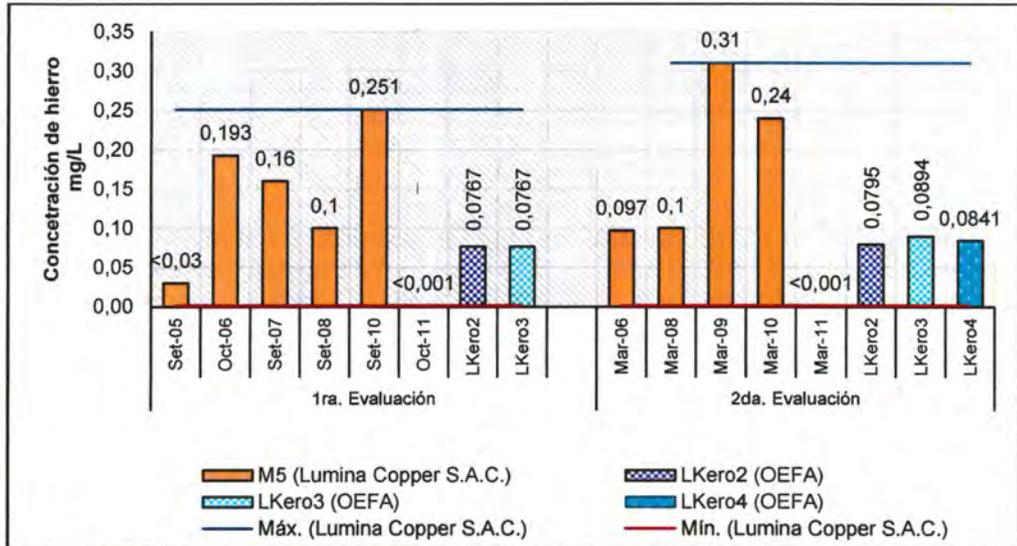


Figura 7-102. Concentración de hierro total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M5 y el OEFA en LKero2, LKero3 y LKero4

Plomo total

En la Figura 7-103 se presenta los resultados de plomo total de octubre de 2017 y marzo de 2018, comparados con los valores históricos reportados por Lumina Copper S.A.C. Los concentraciones de plomo reportados por el OEFA para la primera evaluación fueron 0,0004 y 0,0004 mg/L en los puntos LKero2 y LKer3 respectivamente; Sin embargo, en la segunda evaluación se reportó valores menores al límite de cuantificación (< 0,0002) en todos los puntos evaluados por el OEFA.

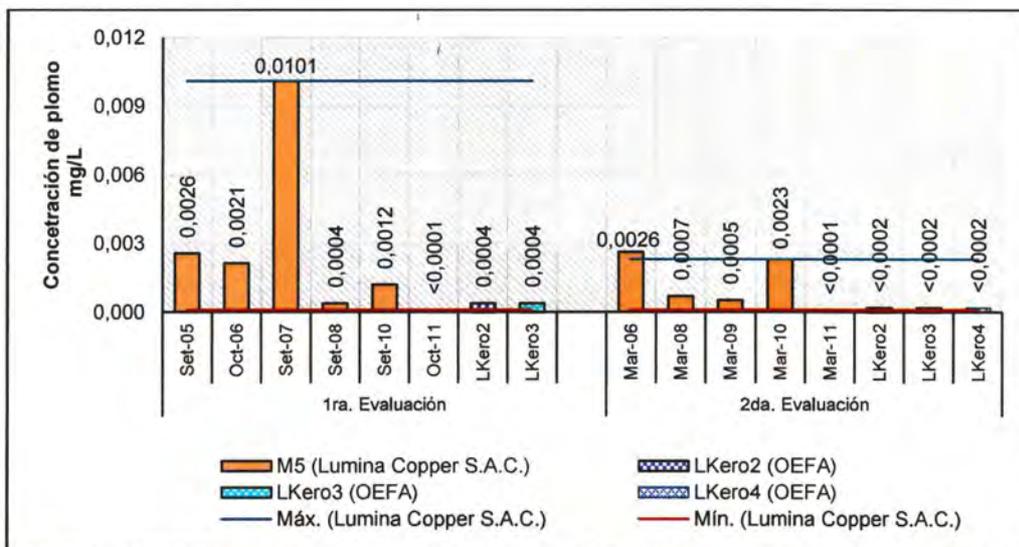


Figura 7-103. Concentración de plomo total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M5 y el OEFA en LKero2, LKero3 y LKero4

Mientras tanto, los datos históricos reportados en los meses relacionados a la primera evaluación fueron de <0,0001 a 0,0101mg/L y en los meses relacionados a la segunda evaluación fueron de <0,0001 a 0,0023 mg/L. Por lo tanto, los valores reportados por



Handwritten signatures and dates in blue ink, including '18/10/17', '20/03/18', and '20/03/18'.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

el OEFA en la primera evaluación se ubicarían dentro de los valores mínimos y máximos reportados por Lumina Copper S.A.C. para el punto M5.

c.3. Microcuenca de la quebrada La Chorrera

En esta microcuenca se ubica la laguna Lipiac, donde el OEFA ubicó 3 puntos de muestreo identificados como LLipi1, LLipi2 y LLipi3, durante la ejecución de la EAT realizada en octubre de 2017. Estos puntos fueron considerados para la comparación referencial de los parámetros pH, conductividad eléctrica-CE, aluminio, cobre, hierro y plomo total con el punto M27, el cual fue evaluado por Lumina Copper S.A.C. en la laguna Lipiac.

Para la comparación, se consideró la data histórica de setiembre, octubre y noviembre de cada año, debido a que en la evaluación realizada en octubre de 2017 el parámetro plomo total superó la Cat4E1 del ECA para agua.

Puntos de muestreo M27 y LLipi1, LLipi2, LLipi3

Potencial de hidrógeno

En la Figura 7-104 se presenta la comparación de los valores de pH reportados por Lumina Copper S.A.C. con los valores registrados por el OEFA en la primera evaluación (octubre de 2017). Los valores de pH registrados por el OEFA en los puntos LLipi1, LLipi2 y LLipi3 (laguna Lipiac) fueron 5,31, 5,77 y 4,83 unidades de pH, respectivamente. Por otro lado, los valores mínimo y máximo reportados por Lumina Copper S.A.C. del 2007 al 2012 fueron de 3,3 a 4,5 unidades de pH.

Los valores de pH reportados por el OEFA fueron mayores al valor máximo reportado por Lumina Copper S.A.C. para el punto M27 (laguna Lipiac); no obstante, todos los valores indican que la laguna Lipiac presenta características ácidas (Figura 7-99).



Handwritten signature and date '10/10/17' written vertically in blue ink.

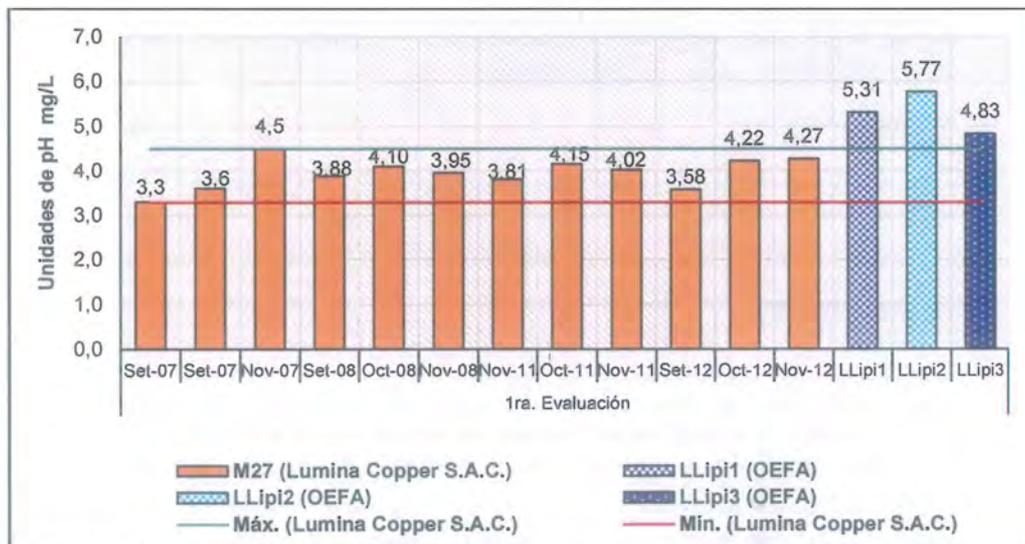


Figura 7-104. Valor de pH reportado por Lumina Copper S.A.C. en M27 y el OEFA en LLipi1, LLipi2 y LLipi3



Conductividad eléctrica

En la Figura 7-105 se presenta la comparación de los valores de la conductividad eléctrica reportados por Lumina Copper S.A.C. con los valores registrados por el OEFA en la primera evaluación (octubre de 2017). Los valores de conductividad eléctrica registrados por el OEFA en los puntos LLipi1, LLipi2 y LLipi3 (laguna Lipiac) fueron 58,3, 68,1 y 62,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente. Por otro lado, los valores mínimo y máximo reportados por Lumina Copper S.A.C. del 2007 al 2012 fueron de 12 a 132,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Los valores de conductividad eléctrica reportados por el OEFA se ubicaron entre los valores mínimos y máximos reportado por Lumina Copper S.A.C. para el punto M27 (laguna Lipiac).



Vertical handwritten notes and signatures in blue ink.

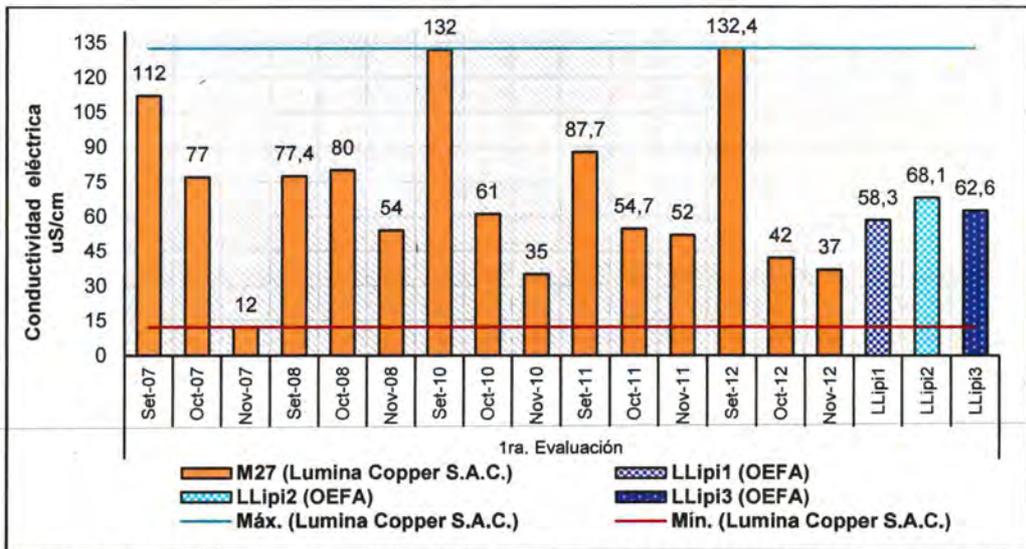


Figura 7-105. Valor de conductividad eléctrica reportado por Lumina Copper S.A.C. en M27 y el OEFA en LLipi1, LLipi2 y LLipi3

Aluminio total

En la Figura 7-106 se presenta la comparación de la concentración de aluminio total reportada por el OEFA en la primera evaluación (octubre 2017) con los datos históricos de Lumina Copper S.A.C. La concentración de aluminio total reportada por el OEFA en los puntos LLipi1, LLipi2 y LLipi3 (laguna Lipiac) fueron 0,310, 0,240 y 0,323 mg/L , respectivamente.

En cuanto a las concentraciones mínimas y máximas reportadas por Lumina Copper S.A.C. del 2007 al 2012, estas variaron de 0,169 a 1,68 mg/L . Por tanto, la concentración de aluminio total reportada por el OEFA en la laguna Lipiac, se ubica entre las concentraciones mínimas y máximas históricas reportadas por Lumina Copper S.A.C. para el punto M27.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



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

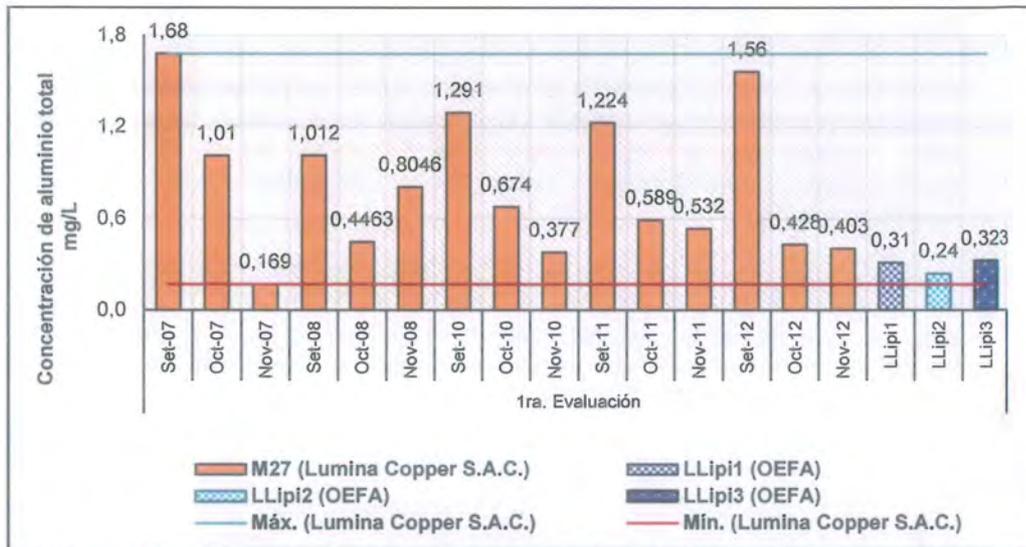


Figura 7-106. Concentración de aluminio total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M27 y el OEFA en LLIpi1, LLIpi2 y LLIpi3

Cobre total

En la Figura 7-107 se presenta la comparación de la concentración de cobre total reportada por el OEFA en octubre 2017 con los datos históricos de Lumina Copper S.A.C. Las concentraciones de cobre total reportadas por el OEFA en los puntos LLIpi1, LLIpi2 y LLIpi3 (laguna Lipiac) fueron 0,00119, 0,00085 y 0,00151 mg/L, respectivamente.

En cuanto a las concentraciones mínimas y máximas reportadas por Lumina Copper S.A.C. desde el 2007 hasta el 2012 fueron de <0,0003 a 0,0068 mg/L. Por tanto, la concentración de cobre total reportada por el OEFA en la laguna Lipiac, se ubica entre las concentraciones mínimas y máximas históricas reportadas por Lumina Copper S.A.C. para el punto control M27 (Figura 7-102).

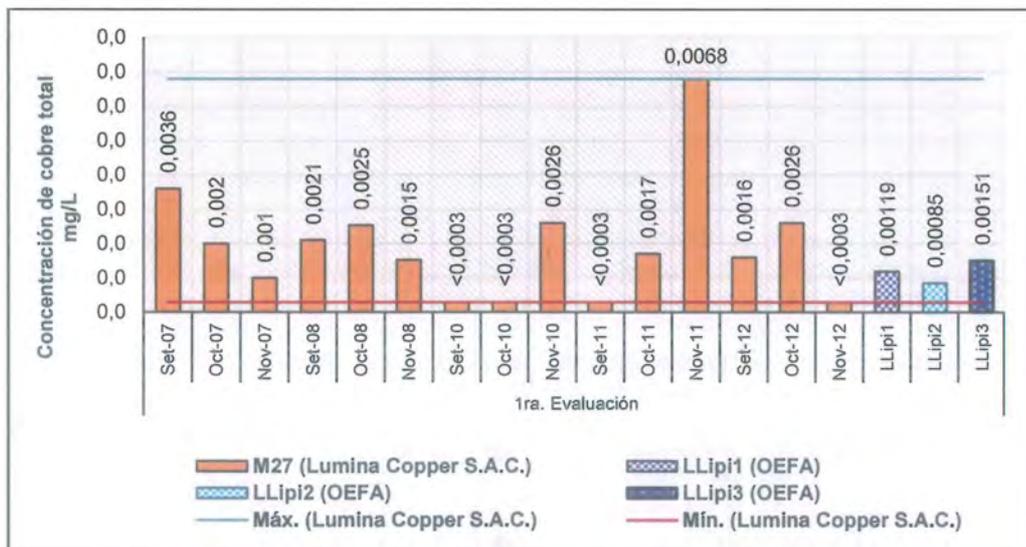


Figura 7-107. Concentración de cobre total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M27 y el OEFA en LLIpi1, LLIpi2 y LLIpi3



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

Hierro total

En la Figura 7-108 se presenta la comparación de la concentración de hierro total reportada por el OEFA en octubre 2017 con los datos históricos de Lumina Copper S.A.C. Las concentraciones de hierro total reportadas por el OEFA en los puntos LLipi1, LLipi2 y LLipi3 (laguna Lipiac) fueron de 0,4967, 0,4374 y 1,011 mg/L, respectivamente.

Respecto a las concentraciones mínimas y máximas reportadas por Lumina Copper S.A.C. desde el 2007 al 2012, estas variaron de 0,290 a 5,029 mg/L. Por tanto, la concentración de hierro total reportada por el OEFA en la laguna Lipiac, se ubica entre las concentraciones mínimas y máximas históricas reportadas por Lumina Copper S.A.C. para el punto M27 (Figura 7-103).



Vertical handwritten signature in blue ink.

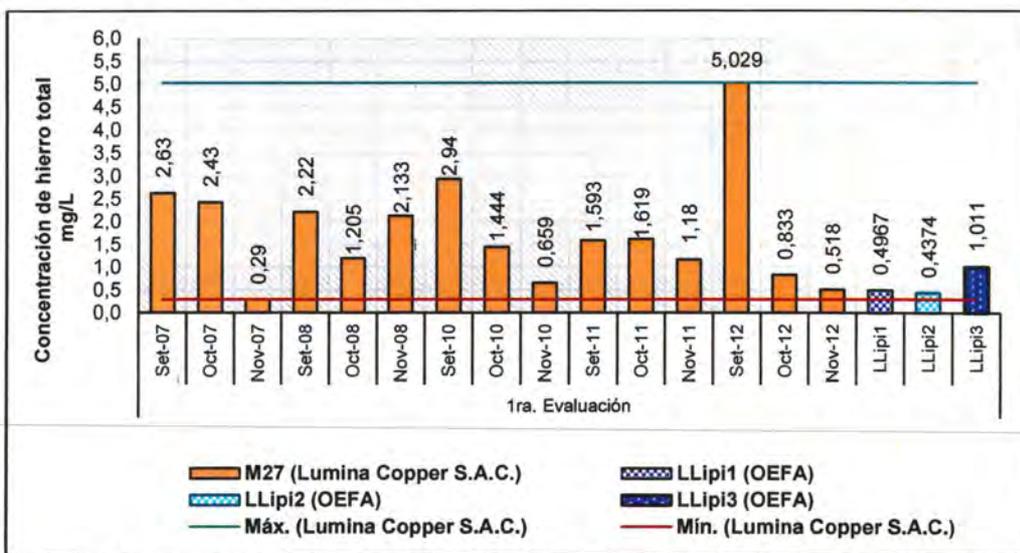


Figura 7-108. Concentración de hierro total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M27 y el OEFA en LLipi1, LLipi2 y LLipi3

Plomo total

En la Figura 7-109 se presenta la comparación de la concentración de plomo total reportada por el OEFA en octubre 2017 con los datos históricos de Lumina Copper S.A.C. La concentración de plomo total reportada por el OEFA en los puntos LLipi1, LLipi2 y LLipi3 (laguna Lipiac) fueron 0,0038, 0,0029 y 0,0064 mg/L, respectivamente.

En cuanto a las concentraciones mínimas y máximas del plomo total reportadas por Lumina Copper S.A.C. desde el 2007 al 2012, estas variaron de 0,0041 a 0,0362 mg/L (Figura 7-109).

Por consiguiente, la concentración de plomo total reportada por el OEFA en el punto LLipi3 se ubica entre la concentración mínima y máxima registrada por Lumina Copper S.A.C. para el punto M27; y en los puntos LLipi1 y LLipi2 las concentraciones de plomo total estuvieron por debajo del límite de cuantificación.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

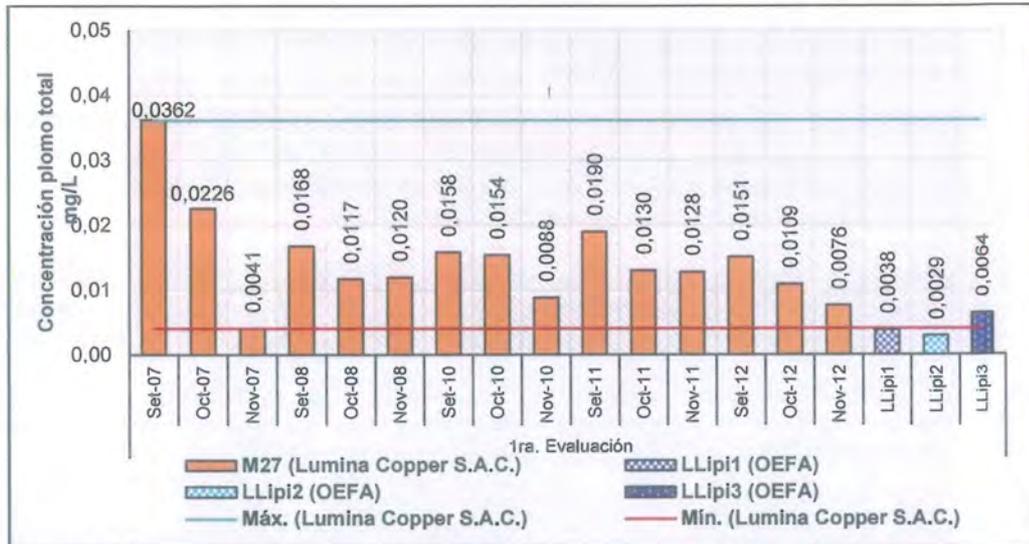


Figura 7-109. Concentración de plomo total reportado por Lumina Copper S.A.C. en M27 y el OEFA en Llipi1, Llipi2 y Llipi3

7.2.2 Comunidades hidrobiológicas

En esta sección se presentan y analizan los resultados de las comunidades hidrobiológicas presentes en los IGA de Lumina Copper S.A.C. y los resultados obtenidos durante la evaluación ambiental temprana (EAT) realizada por el OEFA dentro del área de influencia del proyecto El Galeno.

La evaluación realizada por el OEFA en octubre de 2017 y marzo de 2018 abarcó las microcuencas de las quebradas Milpo, Yanacocha, Kerosene y La Chorrera. Por su parte, Lumina Copper S.A.C. evaluó la microcuenca de la quebrada Milpo en setiembre de 2007 y marzo de 2008. Un total de 57 puntos de muestreo fueron evaluados, donde 55 Colorespondieron a la EAT y 7 a la evaluación realizada por Lumina Copper S.A.C.

A continuación, se presenta la Tabla 7-2 donde se detalla la información sobre los 5 puntos de muestreo comparados; así como, la comunidad hidrobiológica evaluada por tipo de cuerpo de agua (quebrada o laguna).

Tabla 7-2. Puntos de muestreo en común entre Lumina Copper S.A.C. y el OEFA, y las comunidades hidrobiológicas evaluadas por punto de muestreo

UBICACIÓN	Lumina Copper S.A.C.					OEFA		
	PUNTO DE MUESTREO**	COMUNIDAD HIDROBIOLÓGICA			PUNTO DE MUESTREO	COMUNIDAD HIDROBIOLÓGICA		
		Plancton	Perifiton	MIB		Plancton	Perifiton*	MIB
Laguna La Rinconada	E1	x	-	x	HIB-LRinc3	x	x	x
Laguna Dos Colores	E2	x	-	x	HIB-LDCol1	x	x	x
Laguna Dos Colores	E3	x	-	x	HIB-LDCol3	x	x	x
Laguna Milpo	E5	x	-	x	HIB-LMilp2	x	x	x
Quebrada Milpo	E6	x	-	x	HIB-QMilp1	-	x	x

(-) No evaluado

(MIB) Macroinvertebrados bentónicos

(*) Evaluado en las lagunas sólo en marzo de 2018



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

(**) La información de los puntos de muestreo evaluados por Lumina Copper S.A.C. se encuentra en el Primer Informe Técnico Sustentatorio de la IV Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado Categoría II de las actividades de exploración "El Galeno"

Cabe resaltar que, de las 4 microcuencas evaluadas por el OEFA, sólo la microcuenca de la quebrada Milpo presentó puntos de muestreo en común con la evaluación realizada por Lumina Copper S.A.C., por lo que se realizará la comparación de ambas evaluaciones solo para dichos puntos (Figura 7-110).



Figura 7-110. Puntos de muestreo en común entre Lumina Copper S.A.C. y el OEFA ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo

Es importante mencionar que en ambos estudios se evaluaron los macroinvertebrados bentónicos en todos los puntos; el plancton, sólo en lagunas excepto en la evaluación realizada por Lumina Copper S.A.C. donde también fue colectado en la quebrada Milpo. Con respecto al perifiton, sólo el OEFA colectó esta comunidad en todos los puntos en común a diferencia de Lumina Copper S.A.C. (Tabla 7-2).

a. **Análisis descriptivo**

En los puntos de muestreo comunes ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo, Lumina Copper S.A.C. registró un total de 81 especies de biota acuática en sus 2 evaluaciones mientras que el OEFA resgistró 99, mostrando una abundancia total de 17 322 y 671 195 organismos, respectivamente.

En relación a la riqueza de especies, tanto Lumina Copper S.A.C. como el OEFA registraron ligeras variaciones en todas las comunidades acuáticas entre la primera (setiembre 2007 y octubre 2017, respectivamente) y segunda evaluación (marzo 2008 y marzo 2018, respectivamente).

Por otro lado, ambos estudios registraron la disminución de la abundancia de organismos del plancton (fitoplancton y zooplancton) y un incremento del perifiton y macroinvertebrados bentónicos en la segunda evaluación respecto a la primera (Figura 7-111).



Vertical handwritten signature in blue ink.



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

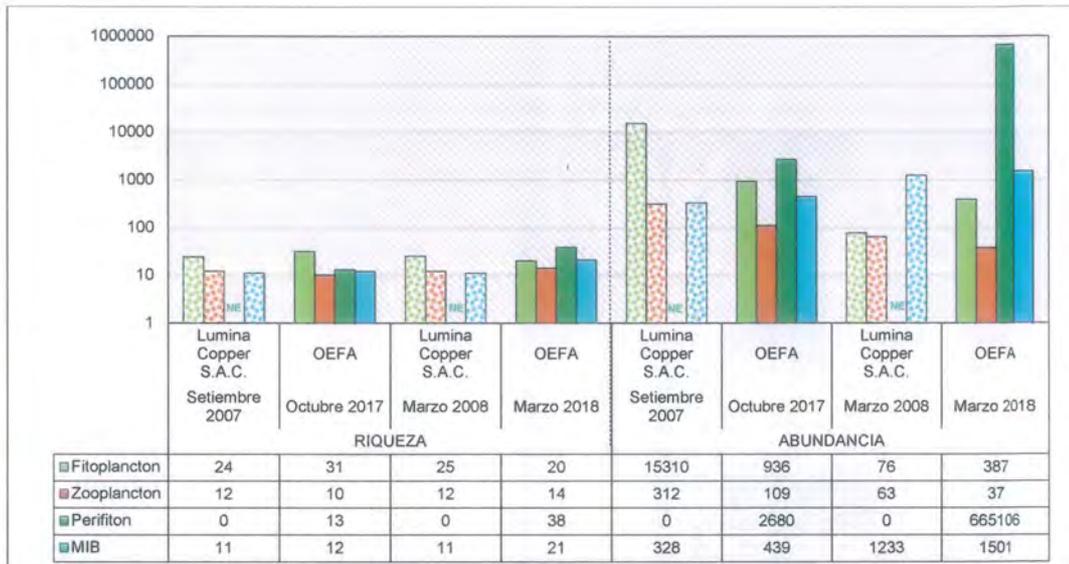


Figura 7-111. Riqueza y abundancia de las comunidades hidrobiológicas evaluadas por Lumina Copper S.A.C. y el OEFA en los 5 puntos de muestreo comunes ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo durante la primera y segunda evaluación

A continuación, se presenta los resultados de la riqueza y la abundancia de cada comunidad hidrobiológica evaluada por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA en la primera y segunda evaluación que cada uno realizó. Cabe resaltar que los resultados de la comunidad hidrobiológica del plancton se presentan por separado para cada uno de sus 2 componentes: fitoplancton y zooplancton para mejorar su entendimiento.

a.1 Fitoplancton

❖ Riqueza

Con respecto a la primera evaluación realizada por Lumina Copper S.A.C. (setiembre de 2007) y por el OEFA (octubre de 2017), se observa ligeras variaciones en el número de especies entre los puntos de muestreo comunes para ambos estudios, a excepción del punto ubicado en la laguna Milpo (E5 – Lumina Copper S.A.C., HIB-LMilp2 – OEFA) que presenta una mayor riqueza de especies en la evaluación realizada por el OEFA (Figura 7-112).

Por otro lado, la segunda evaluación realizada por Lumina Copper S.A.C. (marzo de 2008) y por el OEFA (marzo de 2018) presenta una mayor disminución del número de especies en los puntos evaluados por Lumina Copper S.A.C. a diferencia de la evaluación realizada por el OEFA; sin embargo, la segunda evaluación para ambos estudios muestra una tendencia a la disminución de la riqueza de especies respecto a la primera evaluación (Figura 7-112). Cabe señalar que el punto ubicado en la quebrada Milpo (E6 – Lumina Copper S.A.C., HIB-QMilp2 – OEFA) no fue evaluado por el OEFA debido a que la comunidad del plancton no es representativa en un cuerpo de agua de tipo lótico.

❖ Abundancia

En cuanto a la primera evaluación, se observa grandes variaciones en el número de organismos entre los puntos de muestreo comunes para Lumina Copper S.A.C. y el OEFA; sin embargo, en la segunda evaluación se observa una disminución notable de la abundancia en todos los puntos de muestreo en ambos estudios (Figura 7-113).



Vertical handwritten notes and signatures in blue ink.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»



M. T. G. P. H.

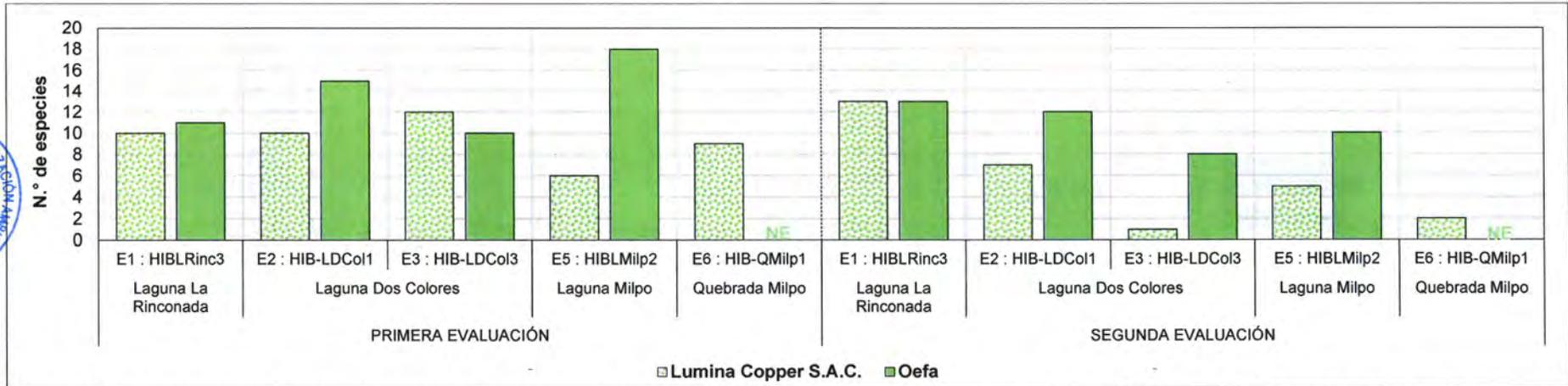


Figura 7-112. Riqueza del fitoplancton evaluado por Lumina Copper S.A.C. y el OEFA en los 5 puntos de muestreo comunes ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo durante la primera y segunda evaluación

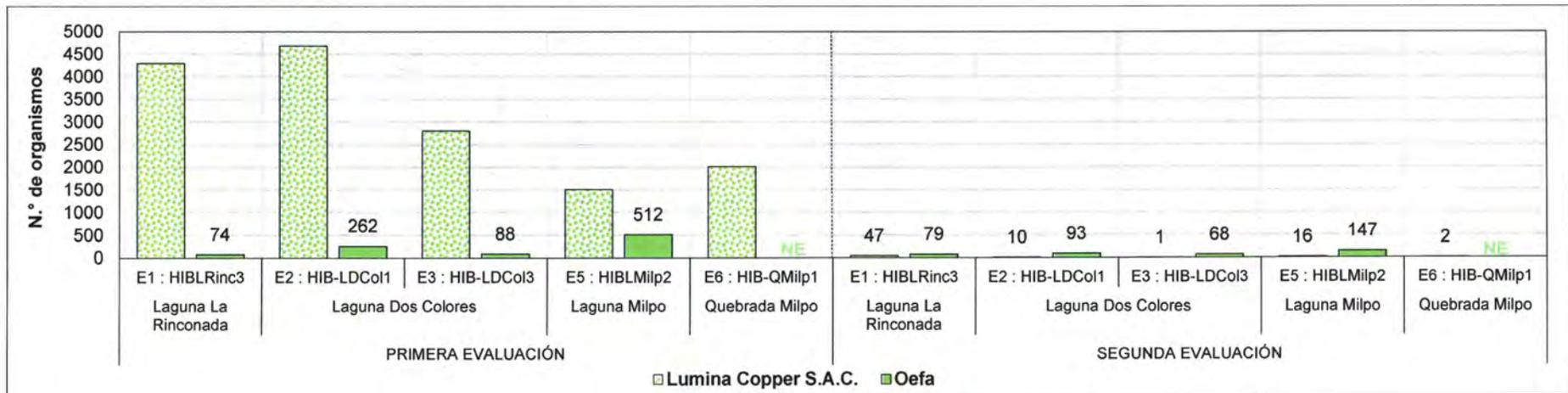


Figura 7-113. Abundancia del fitoplancton evaluado por Lumina Copper S.A.C. y el OEFA en los 5 puntos de muestreo comunes ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo durante la primera y segunda evaluación



a.2 Zooplancton

❖ Riqueza

En relación a la primera evaluación, se observa ligeras variaciones en el número de especies entre los puntos de muestreo comunes para ambos estudios, a excepción del punto ubicado en la laguna Milpo (E5 – Lumina Copper S.A.C., HIB-LMilp2 – OEFA) que presenta una mayor riqueza de especies en la evaluación realizada por Lumina Copper S.A.C. (Figura 7-114).

Por otro lado, la segunda evaluación presenta una disminución del número de especies en todos los puntos evaluados para ambos estudios respecto a la primera evaluación, a excepción del punto ubicado en la laguna Dos Colores (E3 – Lumina Copper S.A.C., HIB-LDCol3 – OEFA) que muestra un incremento en la riqueza de especies (Figura 7-114).

Cabe señalar que el punto ubicado en la quebrada Milpo (E6 – Lumina Copper S.A.C., HIB-QMilp2 – OEFA) no fue evaluado por el OEFA debido a que la comunidad del plancton no es representativa en un cuerpo de agua de tipo lótico.

❖ Abundancia

Con respecto a la primera evaluación, se observa grandes variaciones en el número de organismos entre los puntos de muestreo comunes para ambos estudios, a excepción del punto ubicado en la laguna Milpo (E5 – Lumina Copper S.A.C., HIB-LMilp2 – OEFA) en el que la abundancia presenta una ligera variación en ambos estudios (Figura 7-115).

De igual forma que ocurrió con el fitoplancton, en la segunda evaluación se observa una disminución de la abundancia del zooplancton en todos los puntos de muestreo en los estudios realizados por Lumina Copper S.A.C. y por el OEFA a excepción del punto ubicado en la laguna Dos Colores (E3 – Lumina Copper S.A.C., HIB-LDCol3 – OEFA) que muestra un incremento en el número de organismos para ambos estudios (Figura 7-115).

a.3 Perifiton

En cuanto a esta comunidad, Lumina Copper S.A.C. no la evaluó en ningún punto de muestreo en común para ambos estudios por lo que no se puede realizar ninguna comparación entre los resultados de Lumina Copper S.A.C. y los del OEFA.

a.4 Macroinvertebrados bentónicos

❖ Riqueza

En relación a la primera evaluación, se observa ligeras variaciones en el número de especies entre los puntos de muestreo comunes para ambos estudios, a excepción del punto ubicado en la laguna Dos Colores (E3 – Lumina Copper S.A.C., HIB-LDCol3 – OEFA) que presenta una mayor riqueza de especies en la evaluación realizada por el OEFA (Figura 7-116).

Por otro lado, la segunda evaluación no presenta algún patrón claro en los puntos evaluados por Lumina Copper S.A.C. respecto a su primera evaluación a diferencia de los puntos evaluados por el OEFA pues estos demuestran un incremento en el



número de especies respecto a la primera evaluación, a excepción de los puntos ubicados en la laguna Milpo (HIB-LMilp2) y quebrada Milpo (HIB-QMilp1) que no muestran diferencias respecto a la primera evaluación (Figura 7-116).

❖ Abundancia

Respecto a la primera evaluación, se observa ligeras variaciones en el número de organismos entre los puntos de muestreo comunes para ambos estudios, a excepción del punto ubicado en la quebrada Milpo (E6 – Lumina Copper S.A.C., HIB-QMilp1 – OEFA) en el que la abundancia presenta una amplia variación (Figura 7-117).

De igual manera a lo observado en la riqueza de especies, la abundancia no presenta algún patrón definido en los puntos evaluados por Lumina Copper S.A.C. respecto a su primera evaluación a diferencia de los puntos evaluados por el OEFA que demuestran un incremento en el número de organismos respecto a la primera evaluación (Figura 7-117).



Vertical handwritten signature in blue ink



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

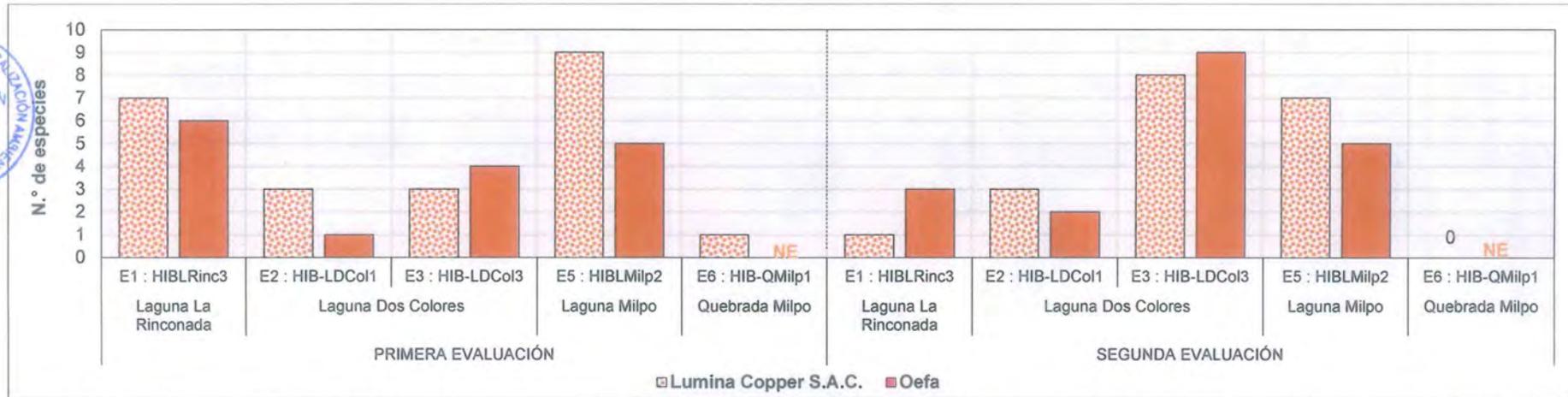


Figura 7-114. Riqueza del zooplancton evaluado por Lumina Copper S.A.C. y el OEFA en los 5 puntos de muestreo comunes ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo durante la primera y segunda evaluación

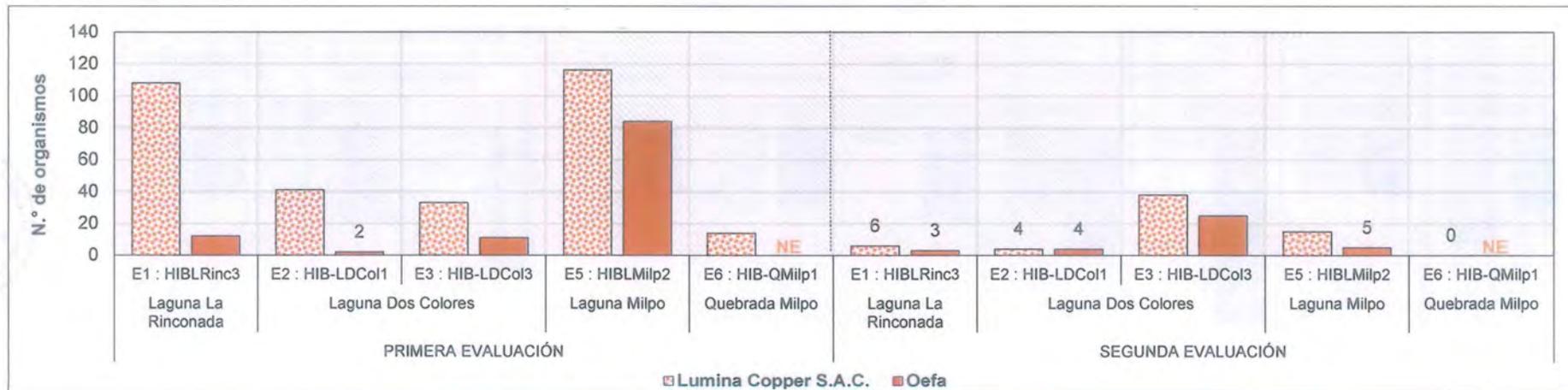


Figura 7-115. Abundancia del zooplancton evaluado por Lumina Copper S.A.C. y el OEFA en los 5 puntos de muestreo comunes ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo durante la primera y segunda evaluación

Vertical handwritten text on the left margin, possibly a signature or initials.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

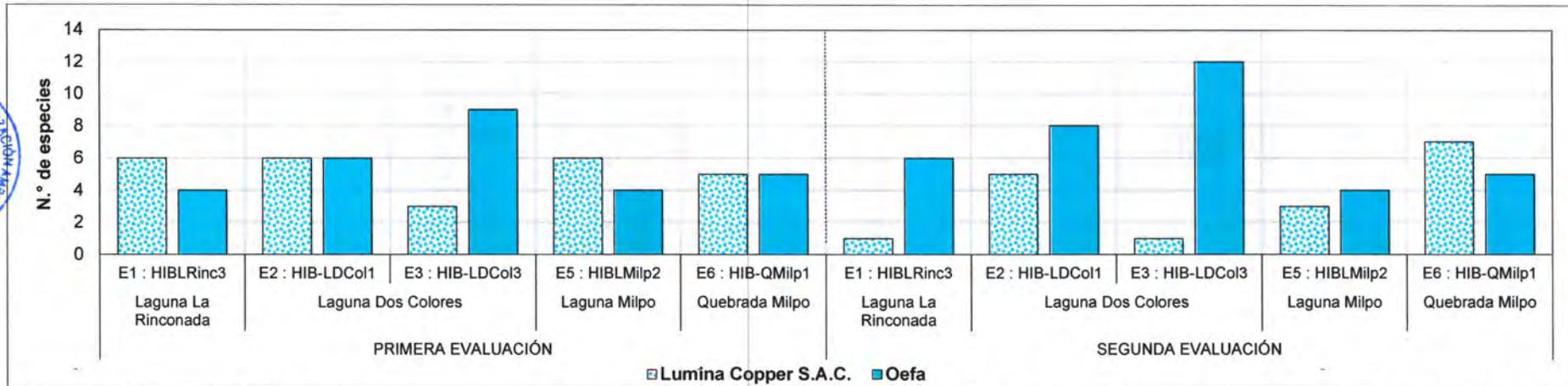


Figura 7-116. Riqueza de los macroinvertebrados bentónicos evaluado por Lumina Copper S.A.C. y el OEFA en los 5 puntos de muestreo comunes ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo durante la primera y segunda evaluación

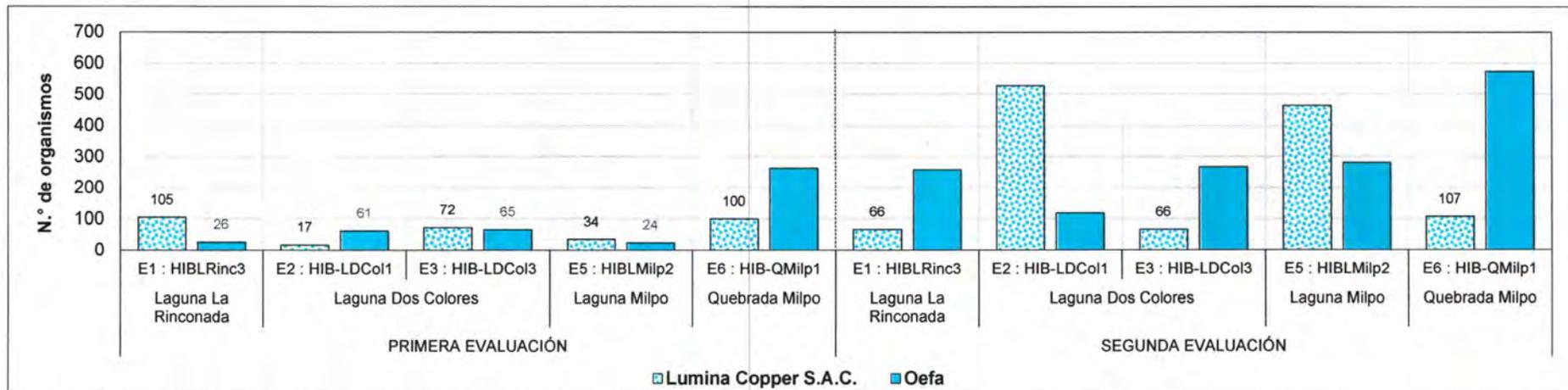


Figura 7-117. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos evaluado por Lumina Copper S.A.C. y el OEFA en los 5 puntos de muestreo comunes ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo durante la primera y segunda evaluación