



Microcuenca Milpo

- EF1

Este ecosistema está representado por la laguna La Rinconada, perteneciente a la microcuenca Milpo. Los hábitats que conforman esta zona de ecosistema frágil son laguna y pajonal. Se realizaron 4 evaluaciones VES, registrándose una especie de reptil: *Stenocercus stigmus*, con 1 registro y renacuajos de *Gastrotheca peruana*.

Los renacuajos de *Gastrotheca peruana* fueron los representantes más abundantes en esta zona de ecosistema frágil con 25 individuos registrados. Todos fueron observados y contabilizados en las pozas de agua estacionales que se forman por las lluvias y filtraciones en el hábitat de pajonal.

- EF2

Este ecosistema frágil está compuesto por las formaciones vegetales de laguna y pajonal. Se realizaron 4 evaluaciones VES; sin embargo, no se registró ninguna especie de anfibio o reptil.

- EF3

Este ecosistema frágil está compuesto por las formaciones vegetales de laguna y pajonal. Se realizó 1 evaluación VES y 1 transecto, registrándose un total de 20 renacuajos de la especie *Gastrotheca peruana* en las pozas de agua formadas en las inmediaciones del bofedal.

- EF4

Este ecosistema está representado por el bofedal Dos Colores, pertenecientes a la microcuenca Milpo. Se realizó 1 evaluación VES y 2 transectos, registrándose un total de 15 renacuajos de la especie *Gastrotheca peruana* en las pozas de agua formadas en las inmediaciones del bofedal.

- EF5

Este ecosistema está representado por la laguna Milpo, perteneciente a la microcuenca Milpo. Fue evaluado en su totalidad mediante 2 evaluaciones VES; sin embargo, no se registró ninguna especie de anfibio o reptil.

- EF7

Este ecosistema está representado por la laguna Muyoc, perteneciente a la microcuenca Milpo. Los hábitats que rodean esta zona de ecosistema frágil son pajonal, roquedal, césped, laguna y quebradas. Se realizaron 8 evaluaciones VES y 2 transectos, resultando en el registro de 10 individuos del anfibio *Pristimantis pinguis* y 4 de la lagartija *Stenocercus stigmus*.

Microcuenca La Chorrera

- EF8

Este ecosistema está representado por la laguna Lipiac, perteneciente a la microcuenca La Chorrera. Los hábitats que conforman esta zona de ecosistema frágil



Handwritten signature and initials in blue ink.



son bofedal, laguna, pajonal y roquedal. Se realizaron 12 evaluaciones VES y 2 transectos, registrándose 2 especies de anfibios: *Gastrotheca peruana* y *Pristimantis simonsii*, con abundancia de 7 y 2 individuos respectivamente. Asimismo, se registraron 2 especies de lagartijas: *Petracola ventrimaculata* y *Stenocercus stigmus*, ambas con una abundancia de 4 individuos.

Los renacuajos de *Gastrotheca peruana* fueron los representantes más abundantes en esta zona de ecosistema frágil con 105 individuos registrados. Todos fueron observados y contabilizados en cuerpos de agua que se forman a lo largo del bofedal adyacente a la laguna Lipiac.

Microcuenca Yanacocha

- EF9

Este ecosistema está representado por la laguna Yanacocha, perteneciente a la microcuenca Yanacocha. Debido a su tamaño y accesibilidad, este ecosistema frágil fue evaluado en su totalidad mediante 1 evaluación VES, registrándose 1 especie de anfibio: *Pristimantis simonsii*, con 3 individuos.

- EF12

Este ecosistema está representado por el bofedal Yanacocha, perteneciente a la microcuenca Yanacocha. Los hábitats que conforman este ecosistema frágil son bofedal, pajonal y roquedal. Se realizaron 6 evaluaciones VES y 2 transectos, registrándose 3 especies de anfibios: *Pristimantis pinguis*, *Pristimantis simonsii* y *Gastrotheca peruana*, siendo *Pristimantis pinguis* la especie con más registros (5 individuos). *Petracola ventrimaculata* fue la única especie de reptil registrado en esta zona de ecosistema frágil, con 4 individuos.

Los renacuajos de *Gastrotheca peruana* fueron los representantes más abundantes en esta zona con 180 individuos registrados. Todos fueron observados y contabilizados en cuerpos de agua que se forman a lo largo del bofedal.

Microcuenca Kerosene

- EF10

Este ecosistema está representado por la laguna Kerosene, perteneciente a la microcuenca Kerosene. Los hábitats que conforman esta zona de ecosistema frágil son pajonal y laguna. Se realizaron 4 evaluaciones VES, registrándose 2 especies de anfibios: *Pristimantis simonsii* y *Gastrotheca peruana*, con 5 y 2 individuos respectivamente.

- EF11

Este ecosistema está representado por el bofedal Kerosene, perteneciente a la microcuenca Kerosene. Se realizaron 3 evaluaciones VES y 2 transectos, registrándose únicamente 2 individuos de la especie de anfibio: *Gastrotheca peruana*.

Los renacuajos de *Gastrotheca peruana* fueron los representantes más abundantes en esta zona de ecosistema frágil con 101 individuos registrados. Todos fueron observados y contabilizados en cuerpos de agua que se forman a lo largo del bofedal.



Vertical handwritten text in blue ink, possibly a signature or initials, running down the left margin.



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

• EF13

Este ecosistema está representado por el bofedal Guagayoc, perteneciente a la microcuenca Kerosene. Los hábitats que conforman esta zona de ecosistema frágil son bofedal y pajonal. Se realizaron 2 evaluaciones VES y 1 transecto, registrándose 2 especies de anfibios: *Pristimantis pinguis*, con 2 registros y renacuajos de *Gastrotheca peruana*.

Los renacuajos de *Gastrotheca peruana* fueron los representantes más abundantes en esta zona con 9 individuos registrados. Todos fueron observados y contabilizados en cuerpos de agua que se forman a lo largo del bofedal.

j. Diversidad por zonas de ecosistemas frágiles

La zona de ecosistema frágil que presentó la mayor diversidad de especies fue EF8 ($H'=1,149$ bits/ind), debido a la presencia de las 3 especies de anfibios en sus inmediaciones.

Los índices de diversidad no pudieron ser realizados en las zonas EF1, EF2, EF3, EF4, EF5, EF9, EF11 y EF13 debido a la presencia de una sola especie de anfibio o ninguna. El índice de diversidad de Simpson (1-D) muestra que las especies de anfibios presentaron equidad en la composición de las especies registradas (EF8=0,389, EF10=0,476 y EF8=0,524) (Tabla 7-51).

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

Índices de Diversidad	EF1	EF2	EF3	EF4	EF5	EF7	EF8	EF9	EF10	EF11	EF12	EF13
Riqueza de especies	0	0	0	0	0	1	2	1	2	1	3	1
Nº de Individuos	0	0	0	0	0	10	9	3	7	3	7	2
Índices de Shannon-Winner (H')	0	0	0	0	0	0	0,764	0	0,863	0	1,149	0
Índice de Simpson (1-D)	-	-	-	-	-	0	0,389	0	0,476	0	0,524	0

En el caso de los reptiles, la zona de ecosistema frágil que presentó una mayor diversidad de especies fue EF8 ($H'=1$ bits/ind), debido a la presencia de las 2 únicas especies en sus inmediaciones. Asimismo, el índice de diversidad de Simpson (1-D) muestra una equidad en la composición de las especies registradas (0,57).

Por el contrario, los índices de diversidad no pudieron ser realizados en el resto de los ecosistemas frágiles debido a la presencia de una sola especie de reptil o ninguna (Tabla 7-52).

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

Índices de Diversidad	EF1	EF2	EF3	EF4	EF5	EF7	EF8	EF9	EF10	EF11	EF12	EF13
Riqueza de especies	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0
Nº de Individuos	1	0	0	0	0	4	8	0	0	0	4	0
Índices de Shannon-Winner (H')	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Índice de Simpson (1-D)	-	-	-	-	-	0	0,57	-	-	-	0	-

k. Similitud entre zonas de ecosistemas frágiles

El análisis de similitud de Morisita, para las especies de anfibios y reptiles análisis de similitud de Morisita, para las especies de anfibios y reptiles evaluados, indica que las zonas de ecosistemas frágiles EF7 y EF13 presentaron una similitud alta (90 %) debido a la presencia del anfibio *Pristimantis pinguis* en abundancias similares.



Vertical handwritten signature and initials in blue ink.



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

Del mismo modo, las zonas EF9 y EF10 presentaron valores de abundancias similares (90 %) debido a la presencia del anfibio *Pristimantis simonsii*. Las zonas de ecosistemas frágiles EF2, EF3, EF4, y EF1 no presentaron especies de anfibios o reptiles, por lo que no fueron agrupados dentro del dendrograma (Figura 7-295).

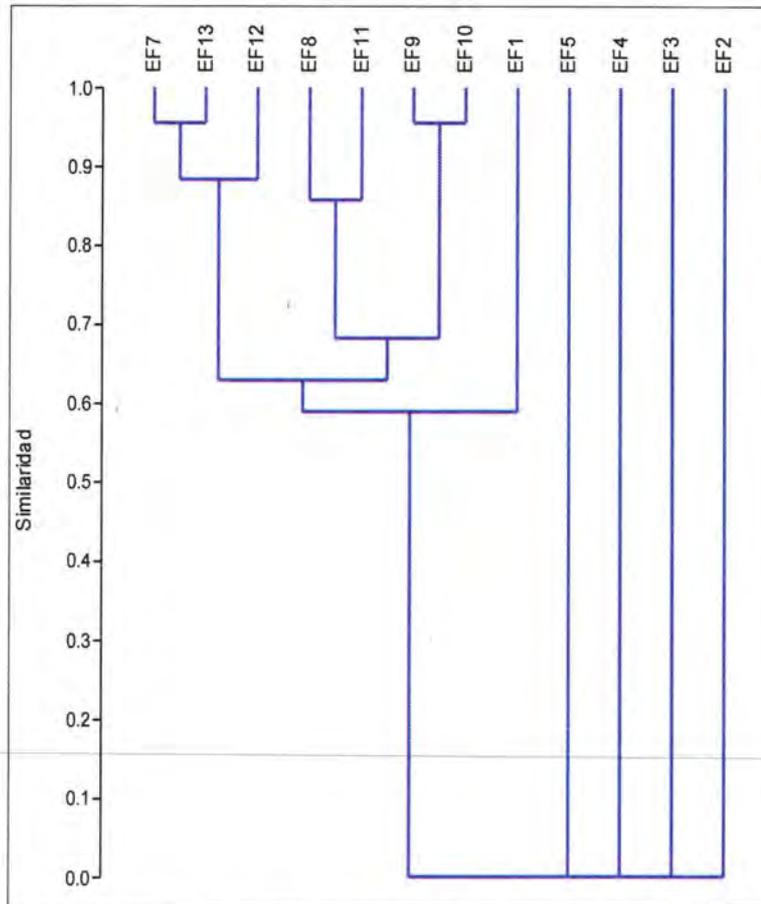


Figura 7-295. Similitud de Morisita entre los ecosistemas frágiles en el proyecto El Galeno



Handwritten signature and date '2018' in blue ink.

I. Especies incluidas en categorías de conservación o endémicas registradas

Los resultados muestran que los anfibios *Pristimantis simonsii* y *Pristimantis pinguis* se encuentran dentro de la Lista Roja de especies amenazadas de la IUCN (2018) como En Peligro Crítico (CR) y En Peligro (EN) respectivamente.

Respecto a las categorías de conservación por el estado peruano (D.S. N° 004-2014-MINAGRI), *Pristimantis simonsii* y *Pristimantis pinguis* se encuentran en el nivel más elevado de amenaza como En Peligro Crítico (CR). En el caso de los reptiles, *Petracola ventrimaculata* fue la única especie que se encontró en categoría de Vulnerable (VU) por parte del Estado Peruano (D.S. N° 004-2014-MINAGRI).

4 de las 5 especies de anfibios y reptiles registradas, son endémicas de la zona de evaluación, restringiendo su distribución al departamento de Cajamarca. Ninguna de las especies registradas se encontró bajo alguna categoría CITES (2018). Los detalles se muestran en la Tabla 7-53.



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

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

Orden	Familia	Especie	CITES	IUCN	D.S. 004-2014-MINAGRI	Especies endémicas
Anura	Craugastoridae	<i>Pristimantis simonsii</i>	-	CR	CR	X
		<i>Pristimantis pinguis</i>	-	EN	CR	X
Squamata	Tropiduridae	<i>Stenocercus stigmus</i>	-	-	-	X
	Gymnophthalmidae	<i>Petracola ventrimaculata</i>	-	-	VU	X

EN: Amenazado; CR: Criticamente Amenazado; DD: Datos Insuficientes; LC: Preocupación Menor; VU: Vulnerable

m. Usos actuales y potenciales de los anfibios y reptiles

Los pobladores locales mencionan que ninguna de las especies de anfibios o reptiles registrados, presentan algún tipo de uso medicinal o alimenticio.

7.4.9.2 Aves

a. Composición Ornitológica

Se registró 54 especies pertenecientes a 21 familias y 11 órdenes, de las cuales 53 especies fueron registradas mediante los transectos lineales y conteos totales y una especie sólo se registró mediante redes de niebla: el Torito de Cresta Negra (*Anairetes nigrocristatus*). Del total, 44 especies correspondieron a especies de ambientes terrestres y 10 especies a ambientes acuáticos (Tabla 7-54).

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

Orden	Familia	Número de especies
Anseriformes	Anatidae	4
Podicipediformes	Podicipedidae	1
Apodiformes	Trochilidae	7
Gruiformes	Rallidae	1
Charadriiformes	Charadriidae	1
	Scolopacidae	1
	Laridae	1
Pelecaniformes	Threskiornithidae	1
Cathartiformes	Cathartidae	2
Accipitriformes	Accipitridae	1
Piciformes	Picidae	1
Falconiformes	Falconidae	2
Passeriformes	Furnariidae	7
	Tyrannidae	6
	Hirundinidae	1
	Troglodytidae	1
	Turdidae	2
	Motacillidae	1
	Thraupidae	10
	Emberizidae	2
	Fringillidae	1
11	21	54

Color azul: aves acuáticas según *Wetlands International* (2012)

Los órdenes que poseen mayor número de especies fueron los Passeriformes (aves cantoras) con 31 especies (57,40 % del total de especies) incluidas en 9 familias, seguidos de Apodiformes con 7 especies y Anseriformes con 4 especies, ambos órdenes respectivamente presentan una sola familia. Los 8 órdenes restantes



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

presentan entre 1 y 3 especies (Tabla 7-54). El detalle de cada una de las especies se presenta en el Anexo H.2.

Las familias con mayor número de especies fueron Thraupidae (tangaras y semilleros) con 10 especies, Furnariidae (canasteros y bandurita) y Trochilidae (picaflores) con 7 especies cada una, Tyrannidae (insectívoros) y Anatidae (patos) con 6 y 4 especies, respectivamente (Figura 7-296). Las demás familias presentan entre una (1) y 2 especies. Los géneros con mayor número de especies fueron *Asthenes* y *Phrygilus* con 3 especies cada uno (Anexo H.2).

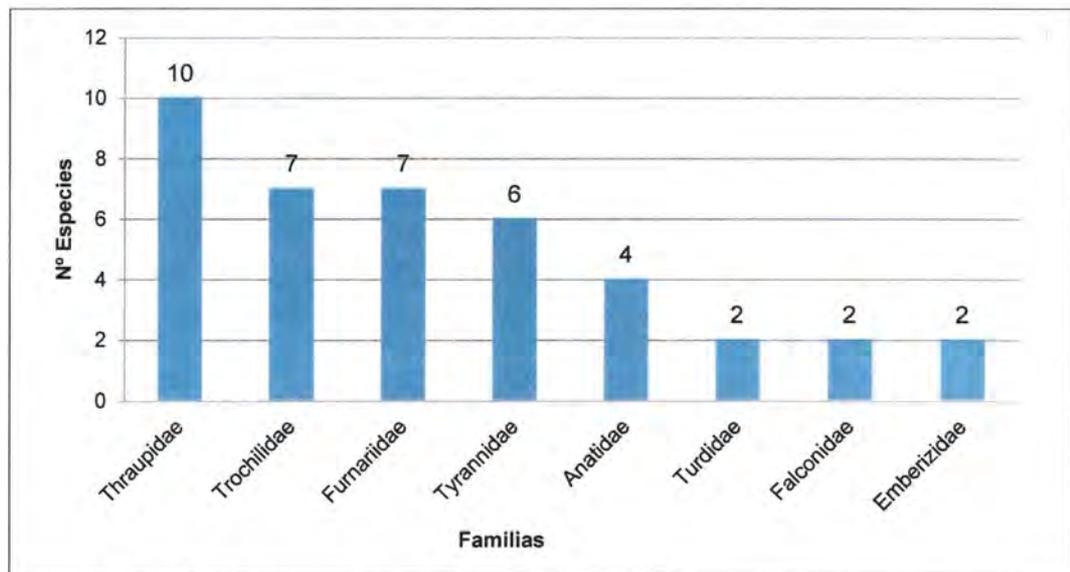


Figura 7-296. Familias con mayor número de especies de aves

b. Descripción de la avifauna por hábitats

En esta sección se presenta y analiza los resultados sobre la riqueza y abundancia de especies, diversidad, similitud por hábitat en el área de estudio.

b.1. Riqueza de especies y abundancia por hábitat

Se evaluaron los 6 hábitats identificados (laguna, bofedal, pajonal, bosque de *Polylepis*, vegetación asociada a roquedal (nombrado más adelante como roquedal) y césped, donde se registró mediante los conteos totales y transectos lineales 53 especies con 652 individuos, y mediante las redes de niebla 12 especies con 13 individuos, siendo un total de 54 especies con 665 individuos.

En la Tabla 7-55 se presenta un resumen de los 6 hábitats con su riqueza de especies y abundancia registrada mediante los 3 métodos (conteos totales, transectos lineales y redes de niebla). A continuación, se detalla información de los hábitats evaluados.

La riqueza de especies en los hábitats varió entre 4 y 32 especies, y la abundancia entre 41 y 244 individuos. Los hábitats que obtuvieron la mayor riqueza fueron el roquedal (32 especies), seguido del pajonal (18 especies), bofedal y bosque de *Polylepis* con 16 especies cada uno. La menor riqueza se registró en el césped (4 especies). Por otro lado, los hábitats con mayor abundancia fueron las lagunas (244 individuos) y roquedal (143 individuos) (Tabla 7-55).



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

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

Hábitats	Esfuerzo de muestreo	Nº Familias	Nº Especies	Abundancia
Bofedal (Bo)	11 TL, 1 Red	10	16	83
Bosque de <i>Polylepis</i> (Bp)	2 TL	9	16	72
Césped (Cp)	1TL	4	4	41
Laguna (La)	8 CT	7	10	244
Roquedal (Ro)	6TL, 10 Red	12	32*	143*
Pajonal (Pa)	9TL, 2 Red	12	18	82
6 hábitats	29 TL, 8 CT, 13 Red	21	54	665

*Incluye registros obtenidos con red de niebla, TL: transectos lineales, CT: Conteos Totales, Red: Red de Niebla.

En la abundancia total destacaron siete especies con mayor abundancia que tuvieron más de 30 individuos registrados en el área de estudio (Figura 7-297). Entre las especies más abundantes se encuentran 4 especies de ambientes acuáticos, de los cuales 2 son patos: el Pato Barcino (*Anas flavirostris*) con 93 individuos y el Pato Rana (*Oxyura jamaicensis*) con 47 individuos, las otras dos, la Gallareta Andina (*Fulica ardesiaca*) con 70 individuos y el Avefría Andina o llamado localmente Liclique (*Vanellus resplendens*) con 37 individuos.

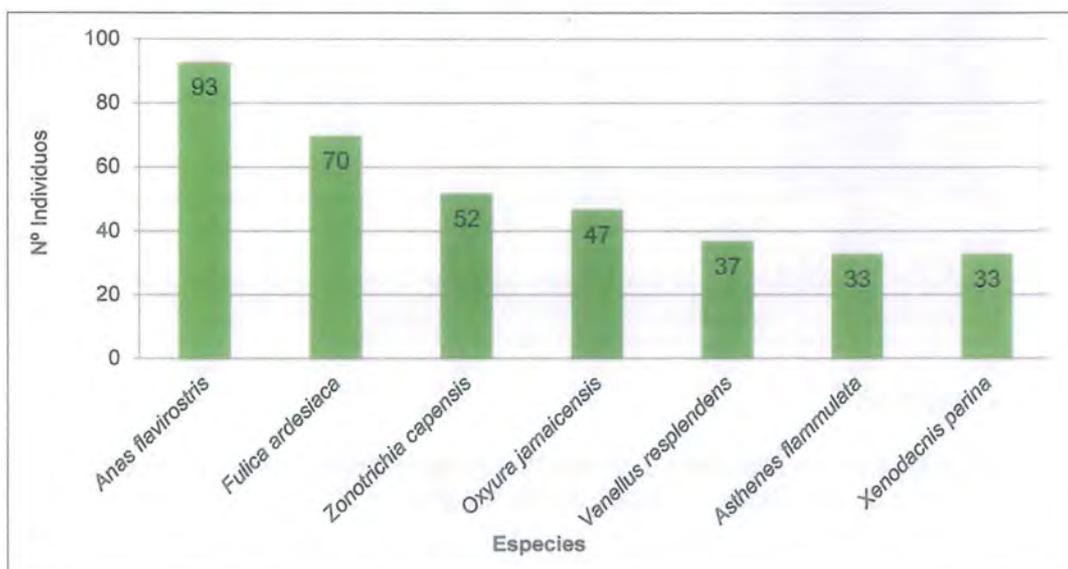


Figura 7-297. Especies con mayor abundancia total

A continuación, se analizará primero la avifauna registrada en los ambientes acuáticos (lagunas y bofedales) y luego la avifauna registrada en los ambientes terrestres (bosque de *Polylepis*, pajonal, roquedal y césped).

La abundancia es la registrada mediante los métodos cuantitativos (transectos lineales y conteos totales) que se utilizó para los cálculos de los índices de diversidad alfa y beta y en el Anexo H.2 se presenta la riqueza de especies y abundancia en cada hábitat.

• Lagunas

Se evaluaron 8 lagunas mediante conteos totales. Estas se ubicaron en las zonas de ecosistemas frágiles (EF1, EF2, EF4, EF5, EF7, EF8, EF9, EF10). En este hábitat se registraron 10 especies de aves y 244 individuos. Del total, 8 especies son acuáticas reportadas en el cuerpo de agua y en la orilla de las lagunas, y 2 de ambientes terrestres, la Golondrina de Vientre Pardo (*Orochelidon murina*) que se observó



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

sobrevolando las lagunas y el Churrete de Ala Castaña (*Cinclodes albidiventris*) que se observó en el borde de la laguna.

La laguna Muyoc (AV19) registró la mayor riqueza de especies y abundancia, y la menor riqueza de especies y abundancia se registró en la laguna La Rinconada (AV10) (Tabla 7-56).

Las especies más abundante fueron *Anas flavirostris* (91 individuos), *Fulica ardesiaca* (70 individuos) y *Oxyura jamaicensis* (47 individuos). Entre los registros destacó el Zambullidor Plateado (*Podiceps occipitalis*) que se encuentra considerada como Casi Amenazada (NT), según legislación nacional.

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

Especie	Microcuenca								Total
	La Chorrera	Milpo					Kerosene	Yanacochoa	
	EF8 AV1	EF1 AV10	EF2 AV13	EF4 AV14	EF5 AV18	EF7 AV19	EF10 AV25	EF9 AV32	
<i>Anas flavirostris</i>	10	2	-	1	3	69	-	6	91
<i>Anas georgica</i>	-	-	-	-	-	2	-	-	2
<i>Lophonetta specularioides</i>	-	-	-	-	-	6	-	-	6
<i>Oxyura jamaicensis</i>	2	-	2	-	1	42	-	-	47
<i>Podiceps occipitalis</i>	2	-	2	2	1	11	-	4	22
<i>Fulica ardesiaca</i>	-	-	-	-	-	70	-	-	70
<i>Chroicocephalus serranus</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Plegadis ridgwayi</i>	-	-	-	-	-	3	-	-	3
<i>Cinclodes albidiventris</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Orochelidon murina</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Riqueza de especies	3	1	2	2	3	7	2	3	10
Abundancia	14	2	4	3	5	203	2	11	244

Color azul: aves acuáticas según *Wetlands International*, EF: ecosistema frágil, AV: punto de evaluación.

• Bofedal

Se evaluaron 6 bofedales mediante transectos lineales y redes de niebla. Este hábitat se ubicó en las zonas de ecosistemas frágiles identificados (EF3, EF4, EF8, EF11, EF12 y EF13).

En el bofedal mediante los transectos lineales se registraron 16 especies de aves y 82 individuos. La mayoría de las especies registradas son terrestres reportadas en el bofedal. El bofedal EF8 de la microcuenca La Chorrera registró la mayor riqueza de especies y abundancia, mientras la menor riqueza de especies y abundancia se registró en el bofedal EF13 de la microcuenca Kerosene (Tabla 7-57).

Entre las especies registradas se observaron a especies acuáticas típicas de bofedal, *Gallinago andina* y *Anas flavirostris*; pero la mayoría de especies registradas fueron especies típicas de pajonal.

Las especies más abundante fueron *Asthenes flammulata* (11 individuos), *Orochelidon murina* (10 individuos), *Asthenes humilis* (9 individuos) y *Troglodytes aedon* (9 individuos). Adicionalmente mediante redes de neblina se registró una especie, *Asthenes flammulata* mediante un individuo.

Destacó el registro de una especie endémica de colibrí, *Metallura phoebe* registrado mediante un individuo en EF12 en la microcuenca Yanacochoa.



SUBDIRECCIÓN
 TÉCNICA
 DE
 EVALUACIÓN



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

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

Especie	La Chorrera	Milpo		Kerosene		Yanacocha	Total
	EF8	EF3	EF4	EF11	EF13	EF12	
<i>Anas flavirostris</i>	1	-	1	-	-	-	2
<i>Metallura phoebe</i> (E)	-	-	-	-	-	1	1
<i>Oreotrochilus estella</i>	-	-	1	1	-	-	2
<i>Gallinago andina</i>	4	-	2	-	-	-	6
<i>Asthenes flammulata</i>	2	-	2	2	2	3	11
<i>Asthenes humilis</i>	7	2	-	-	-	-	9
<i>Cinclodes albidiventris</i>	4	1	-	2	-	1	8
<i>Agriornis montanus</i>	1	-	-	-	-	-	1
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	1	-	-	-	-	-	1
<i>Orochelidon murina</i>	8	1	-	-	-	1	10
<i>Troglodytes aedon</i>	1	4	2	2	-	-	9
<i>Anthus bogotensis</i>	1	1	4	-	-	-	6
<i>Catamenia inomata</i>	2	-	2	-	-	2	6
<i>Phrygilus plebejus</i>	1	-	-	-	-	-	1
<i>Phrygilus unicolor</i>	3	-	-	-	-	1	4
<i>Zonotrichia capensis</i>	4	-	-	-	-	1	5
Riqueza de especies	14	5	7	4	1	7	16
Abundancia	40	9	14	7	2	10	82

Color azul: aves acuáticas según *Wetlands International*, EF: ecosistema frágil.

• Bosque de *Polylepis*

Este tipo de vegetación se evaluó mediante 2 transectos lineales. Estos se ubicaron en la zona de ecosistemas frágiles EF8 de la microcuenca Chorrera. En este hábitat se registraron 16 especies de aves y 72 individuos.

Todas las especies fueron terrestres. Entre las familias más representativas se encontraron los Furnariidae (géneros *Asthenes*, *Cranioleuca* y *Geocerthia*) y Thraupidae (géneros *Catamenia*, *Conirostrum*, *Phrygilus*, *Xenodacnis*) (Tabla 7-58).

Entre las especies registradas se observaron a especies terrestres típicas de zonas con predominancia de *Polylepis*, como *Xenodacnis parina* y otras especies asociadas a la presencia de estrato arbóreo como *Metallura phoebe* y *Lesbia victoriae*; pero la mayoría de especies registradas fueron especies típicas de pajonal.

Las especies más abundante fueron *Xenodacnis parina* con 31 individuos, especie típica de zonas con *Polylepis*; y *Zonotrichia capensis* con 17 individuos, especie generalista asociada a zonas intervenidas.

Entre los registros destacó la presencia de 3 especies endémicas, *Metallura phoebe*, *Cranioleuca baroni* y *Geocerthia serrana*. Asimismo, la familia Trochilidae se encuentra listada en el Apéndice II de CITES.

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

Especie	La Chorrera
	EF8
<i>Lesbia victoriae</i>	2
<i>Metallura phoebe</i> (E)	1
<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1
<i>Colaptes rupicola</i>	1
<i>Asthenes wyatti</i>	3
<i>Cranioleuca baroni</i> (E)	2
<i>Geocerthia serrana</i> (E)	2



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

Especie	La Chorrera
	EF8
<i>Anairetes parulus</i>	1
<i>Turdus fuscater</i>	3
<i>Catamenia inomata</i>	1
<i>Conirostrum cinereum</i>	1
<i>Phrygilus punensis</i>	4
<i>Xenodacnis parina</i>	31
<i>Atlapetes latinuchus</i>	1
<i>Zonotrichia capensis</i>	17
<i>Spinus magellanicus</i>	1
Riqueza de especies	16
Abundancia	72

EF: ecosistema frágil.

• Pajonal

Se evaluaron 7 pajonales mediante 11 transectos lineales. Estos se ubicaron en las zonas de ecosistemas frágiles (EF1, EF2, EF7, EF8, EF10, EF12, EF13). En este hábitat se registraron 18 especies de aves y 82 individuos. Todas las especies son especies terrestres.

El pajonal EF8 de la microcuenca La Chorrera registró la mayor riqueza de especies, mientras que el pajonal EF10 registró la mayor abundancia; por otro lado, la menor riqueza de especies y abundancia se registraron en EF2, EF1 de la microcuenca Milpo y EF12 de la microcuenca Yanacocha (Tabla 7-59).

Entre las especies registradas se observaron a especies terrestres típicas de pajonal como especies de las familias Furnariidae, Tyrannidae y Thraupidae; y otras especies asociadas a zonas intervenidas como *Zonotrichia capensis*. Las especies más abundantes fueron *Asthenes flammulata* (18 individuos), *Asthenes humilis* (11 individuos) y *Orochelidon murina* (9 individuos).

Entre los registros destacó la presencia de 2 especies endémicas, *Geocerthia serrana* y *Leptasthenura pileata*. Asimismo, la familia Trochilidae y Falconidae se encuentra listada en el Apéndice II de CITES.

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

Especie	La Chorrera	Milpo			Kerosene		Yanacocha	Total
	EF8	EF1	EF2	EF7	EF10	EF13	EF12	
<i>Oreotrochilus estella</i>	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	-	-	-	3	2	1	-	6
<i>Falco femoralis</i>	-	-	-	1	-	-	-	1
<i>Asthenes flammulata</i>	4	1	3	1	5	4	-	18
<i>Asthenes humilis</i>	3	-	-	2	6	-	-	11
<i>Cinclodes albidiventris</i>	-	-	-	1	3	-	1	5
<i>Geocerthia serrana</i> (E)	1	-	-	-	-	-	-	1
<i>Leptasthenura pileata</i> (E)	-	-	2	-	-	-	-	2
<i>Agriomis montanus</i>	-	1	-	-	-	1	1	3
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	-	-	-	-	1	-	-	1
<i>Polioloxolmis rufipennis</i>	-	-	-	-	-	-	2	2
<i>Orochelidon murina</i>	1	-	-	4	2	2	-	9
<i>Troglodytes aedon</i>	1	1	1	-	-	2	-	5
<i>Turdus fuscater</i>	1	-	-	-	-	-	-	1
<i>Catamenia inomata</i>	-	-	-	1	-	1	1	3



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

Especie	La Chorrera	Milpo			Kerosene		Yanacocha	Total
	EF8	EF1	EF2	EF7	EF10	EF13	EF12	
<i>Phrygilus punensis</i>	2	-	-	-	-	-	-	2
<i>Phrygilus unicolor</i>	1	2	-	-	1	-	-	4
<i>Zonotrichia capensis</i>	2	-	-	5	-	-	-	7
Riqueza de especies	9	4	3	8	7	7	4	18
Abundancia	16	5	6	18	20	12	5	82

EF: ecosistema frágil.

• Roquedal

Se evaluaron 3 zonas mediante 6 transectos lineales. Estas se ubicaron en las zonas de ecosistemas frágiles (EF7, EF8, EF12). En este hábitat se registraron 31 especies de aves y 131 individuos. Todas las especies registradas fueron terrestres. La zona EF7 registró la mayor riqueza de especies y abundancia, y la menor riqueza de especies y abundancia se registró en EF8 (Tabla 7-60).

Entre las especies registradas se observaron a especies terrestres típicas de zonas asociadas con matorral o presencia de estrato arbustivo como especies de las familias Trochilidae; especies asociadas a pajonal de las familias Furnariidae, Tyrannidae y Thraupidae, y otras especies asociadas a zonas intervenidas como *Zonotrichia capensis*. Las especies más abundante fueron *Zonotrichia capensis* (19 individuos), *Diglossa brunneiventris* (11 individuos) y *Phrygilus unicolor* (11 individuos).

Adicionalmente 2 áreas EF7 y EF12 fueron evaluadas mediante redes de neblina, se registraron 11 especies, de las cuales 10 fueron registradas mediante transecto lineal, y una fue registrada únicamente mediante redes de neblina, *Anairetes nigrocristatus* mediante un individuo.

Entre los registros destacó la presencia de 3 especies endémicas, *Cranioleuca baroni*, *Geocerthia serrana* y *Microspingus alticola*. Una especie categorizada como En Peligro (EN) según legislación nacional e internacional (IUCN). Asimismo, la familia Trochilidae se encuentra listada en el Apéndice II de CITES.

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

Especie	La Chorrera	Milpo	Yanacocha	Total
	EF8	EF7	EF12	
<i>Aglaeactis cupripennis</i>	-	8	-	8
<i>Colibri coruscans</i>	-	1	-	1
<i>Lesbia victoriae</i>	-	2	-	2
<i>Oreotrochilus estella</i>	-	-	2	2
<i>Patagona gigas</i>	-	2	-	2
<i>Pterophanes cyanopterus</i>	-	2	-	2
<i>Cathartes aura</i>	-	1	-	1
<i>Coragyps atratus</i>	-	2	-	2
<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	-	-	1
<i>Colaptes rupicola</i>	-	-	1	1
<i>Asthenes flammulata</i>	-	1	2	3
<i>Cinclodes albidiventris</i>	-	8	-	8
<i>Cranioleuca baroni</i> (E)	-	2	-	2
<i>Geocerthia serrana</i> (E)	1	5	3	9
<i>Ochthoeca fumicolor</i>	-	-	1	1
<i>Polioptila rufipennis</i>	-	-	2	2
<i>Orochelidon murina</i>	3	-	-	3
<i>Troglodytes aedon</i>	1	4	1	6
<i>Turdus chiguanco</i>	-	-	4	4



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

El hábitat laguna obtuvo un índice de diversidad de H: 1,51 nits/ind y 1-D: 0,73, el valor del índice de Simpson es bajo indicando que hay dominancia de 2 especies *Anas flavirostris* y *Fulica ardesiaca*.

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

Parámetro	Laguna	Bofedal	Bosque de <i>Polylepis</i>	Pajonal	Césped	Roquedal
Abundancia (total de individuos)	244	82	72	82	41	131
Riqueza (número total de especies)	10	16	16	18	4	31
Índice de Shannon (H')	1,51	2,53	1,90	2,52	0,42	3,07
Índice de Simpson (1-D)	0,73	0,91	0,74	0,89	0,18	0,93
Esfuerzo de muestreo	8 CT	9 TL	2 TL	11 TL	1 TL	6 TL

CT: conteo total, TL: transecto lineal



d. Similitud por hábitats

Según el índice cuantitativo de Morisita, se observa un solo agrupamiento con una similaridad superior al 80%, el conformado por el hábitat bofedal (Bo) y pajonal (Pa) (Tabla 7-63).

A este agrupamiento principal se unen el hábitat roquedal (Ro) y el hábitat bosque de *Polylepis* (Bp) con una similaridad entre 30% y 45%, respectivamente (Tabla 7-63 y Figura 7-298). La disimilitud se observa al comparar el hábitat laguna (La) con el resto de los hábitats.

Este índice muestra que hay especies compartidas entre algunos hábitats y entre otros no, mostrando las especies terrestres se comparten en los en los hábitats bofedal, pajonal, roquedal y bosque de *Polylepis*, y muestra la singularidad de las especies acuáticas encontradas en las lagunas.

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

	Laguna	Bofedal	Bosque de <i>Polylepis</i>	Pajonal	Roquedal	Césped
Laguna	1	0,056	0	0,004	0,002	0
Bofedal	0,056	1	0,091	0,829	0,450	0,007
Bosque de <i>Polylepis</i>	0	0,091	1	0,128	0,307	0,022
Pajonal	0,004	0,829	0,128	1	0,416	0,013
Roquedal	0,002	0,450	0,307	0,416	1	0,016
Césped	0	0,007	0,022	0,013	0,016	1

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»

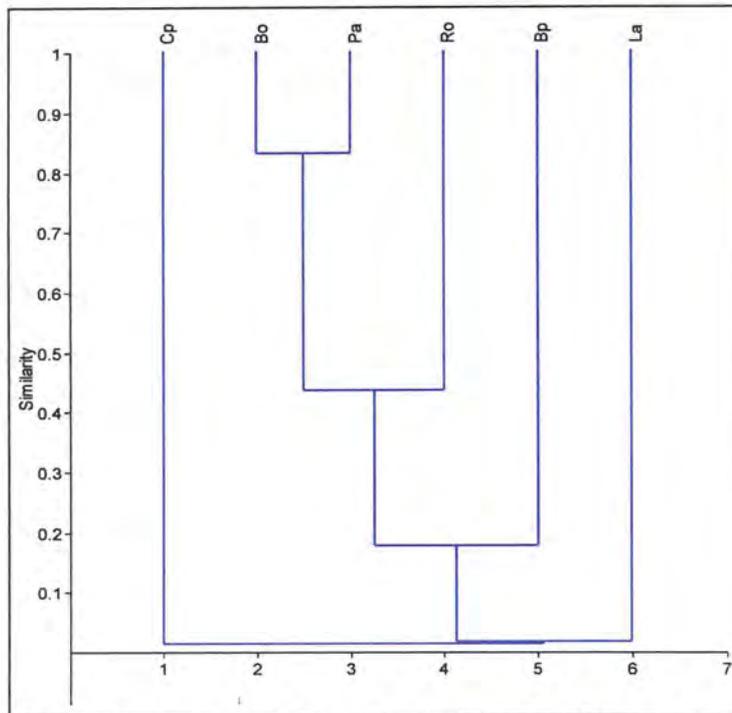


Figura 7-298. Dendrograma de Similitud de Morisita entre hábitats. La: laguna, Bo: bofedal, Pa: pajonal, Bp: bosque de *Polylepis*, Cp: césped, Ro: roquedal









e. Riqueza de especies y abundancia por zonas de ecosistemas frágiles

A continuación, se presentan los análisis por zonas de ecosistemas frágiles. En el Anexo H.2, se presenta la riqueza de especies y abundancia por zona de ecosistema frágil.

• **EF1**

Esta zona esta representada por los hábitats de laguna y pajonal; el hábitat laguna (La Rinconada) fue evaluada mediante conteo total, y el pajonal fue evaluado mediante 1 transecto lineal.

En esta zona se registraron 5 especies de aves y 7 individuos. La abundancia de las especies varió entre 1 y 2 individuos, *Anas flavirostris* y *Phrygilus unicolor* registraron 2 individuos cada uno. Los registros que destacaron fueron la familia Anatidae incluida en el Apéndice II de CMS.

• **EF2**

Esta zona está representada por los hábitats de laguna y pajonal; el hábitat laguna (laguna Dos Colores A) fue evaluada mediante conteo total, y el pajonal fue evaluado mediante un transecto lineal. En esta zona se registraron 5 especies de aves y 10 individuos. La abundancia de las especies varió entre 1 y 3 individuos, *Asthenes flammulata* registró 3 individuos.



El registro que destacó fue el Zambullidor Plateado (*Podiceps occipitalis*) considerada en la categoría de Casi Amenazada (NT), una especie endémica, el Tijeral de Corona Castaña (*Leptasthenura pileata*), y la familia Anatidae en el Apéndice II de CMS.

• EF3

Esta zona esta representada por el hábitat bofedal y fue evaluada mediante un transecto lineal. En esta zona se registraron 5 especies de aves y 9 individuos. Las especies más abundantes fueron *Troglodytes aedon* (4 individuos) y *Asthenes humilis* (2 individuos). No se registraron especies categorizadas según legislación nacional o internacional.

• EF4

Esta zona esta representada por los hábitats de laguna y bofedal; el hábitat laguna (laguna Dos Colores B) fue evaluada mediante conteo total, y el bofedal fue evaluado mediante 2 transectos lineales. En esta zona se registraron 8 especies de aves y 17 individuos. La abundancia de las especies varió entre 1 y 4 individuos, *Anthus bogotensis* registró 4 individuos.

Los registros que destacaron fueron el Zambullidor Plateado (*Podiceps occipitalis*) que se encuentra catalogado como Casi Amenazado (NT) según legislación nacional, la familia Trochilidae incluida en el Apéndice II de CITES, y la familia Anatidae incluida en el Apéndice II de CMS.

• EF5

Esta zona esta representada por el hábitat laguna (laguna Milpo) y fue evaluada mediante conteo total. En esta zona se registraron 3 especies y 5 individuos. La especie mas abundante fue *Anas flavirostris* (3 individuos). Esta zona registró la menor riqueza de especies y abundancia en el área de estudio.

Los registros que destacaron fueron una (1) especie considerada Casi Amenazada (NT), el Zambullidor Plateado (*Podiceps occipitalis*) y 2 patos listados a nivel de familia Anatidae en el Apéndice II de CMS.

• EF7

Esta zona está representada por laguna (laguna Muyoc) evaluada mediante conteo total; pajonal, roquedal y césped evaluados mediante 5 transectos en total. En esta zona se registraron 34 especies de aves, y 351 individuos en total, en el hábitat de laguna se registraron la mayor abundancia con 203 individuos.

Las especies más abundantes fueron 2 especies acuáticas: *Fulica ardesiaca* (70 individuos) y *Anas flavirostris* (69 individuos). Esta zona presentó la mayor riqueza de especies y la mayor abundancia en el área de estudio.

Los registros que destacaron fueron el Zambullidor Plateado (*Podiceps occipitalis*) catalogada como Casi Amenazada (NT) según la legislación peruana, la familia Trochilidae y Falconidae en el Apéndice II de CITES, y la familia Anatidae en el Apéndice II de CMS. También se registraron 2 especies endémicas, *Cranioleuca baroni* y *Geocerthia serrana*.



Vertical handwritten signature in blue ink



• EF8

Esta zona está representada por laguna (laguna Lipiac) evaluada mediante conteo total; pajonal, bofedal, bosque de *Polylepis* y roquedal evaluados mediante 8 transectos en total. En esta zona se registraron 30 especies de aves y 150 individuos. Las especies más abundantes fueron *Xenodacnis parina* (31 individuos) y *Zonotrichia capensis* (23 individuos). Esta zona fue la segunda en mayor riqueza y abundancia registrada en el área de estudio.

Los registros que destacaron fueron el Zambullidor Plateado (*Podiceps occipitalis*) catalogada como Casi Amenazada (NT) según la legislación peruana, la familia Trochilidae en el Apéndice II de CITES, y la familia Anatidae en el Apéndice II de CMS. También se registraron 3 especies endémicas, *Metallura phoebe*, *Cranioleuca baroni* y *Geocerthia serrana*.

• EF9

Esta zona está representada por el hábitat de laguna (laguna Yanacocha) evaluada mediante conteo total. En esta zona se registraron 3 especies de aves y 11 individuos. La especie más abundante fue la especie acuática *Anas flavirostris* (6 individuos). Esta zona presentó la menor riqueza de especies y fue la segunda en menor abundancia registrada en el área de estudio.

Los registros que destacaron fueron el Zambullidor Plateado (*Podiceps occipitalis*) catalogada como Casi Amenazada (NT) según la legislación peruana y la familia Anatidae en el Apéndice II de CMS.

• EF10

Esta zona esta representada por laguna (laguna Kerosene) evaluada mediante conteo total; y el pajonal evaluado mediante 2 transectos lineales. En esta zona se registraron 7 especies de aves y 22 individuos. Las especies más abundantes fueron *Asthenes humilis* (6 individuos) y *Asthenes flammulata* (5 individuos). Los registros que destacaron fueron la familia Falconidae listada en el Apéndice II de CITES.

• EF11

Esta zona está representada por bofedal evaluado mediante 2 transectos lineales. En esta zona se registraron 4 especies de aves y 7 individuos. La mayoría de especies presentaron abundancias entre 1 y 2 individuos. Los registros que destacaron fueron la familia Trochilidae en el Apéndice II de CITES.

• EF12

Esta zona está representada por pajonal, bofedal y roquedal evaluados mediante 5 transectos en total. En esta zona se registraron 20 especies de aves y 49 individuos. Las especies más abundantes fueron *Catamenia inornata* (7 individuos) y *Asthenes flammulata* (5 individuos) y *Zonotrichia capensis* (5 individuos).

Los registros que destacaron fueron el Monterita de Cola Simple (*Microspingus alticola*) catalogada como En Peligro (EN) según la legislación peruana y la IUCN, la familia Trochilidae en el Apéndice II de CITES. También se registraron 3 especies endémicas, *Metallura phoebe*, *Microspingus alticola* y *Geocerthia serrana*.



Handwritten blue ink notes and signatures on the left margin, including a vertical line of text and several illegible signatures.



- EF13

Esta zona esta representada por pajonal y bofedal evaluados mediante 2 transectos en total. En esta zona se registraron 7 especies de aves y 14 individuos. La especie más abundante fue *Asthenes flammulata* (6 individuos).

Los registros que destacaron fueron la familia Trochilidae y Falconidae en el Apéndice II de CITES.

f. **Diversidad por zona de ecosistemas frágiles**

Las zonas de ecosistemas frágiles con mayor valor de riqueza y abundancia fueron las EF7 y EF8, y el mayor valor de diversidad de Shannon wiener lo presentó la zona EF8 (H: 2,81 nits/ind), seguida de la EF12 (H: 2,78 nits/ind), además ambas zonas presentarán los mayores valores del índice de Simpson (Tabla 7-64).

La zona EF9 registró los menores valores de los índices de diversidad (H: 0,92 nits/ind, 1-D: 0,56), debido a que en esta zona de ecosistema frágil se evaluó la laguna Yanacocha que presento la menor riqueza y la segunda menor abundancia, teniendo a *Anas flavirostris* con 6 individuos, como especie dominante (Tabla 7-64).

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

Parámetro	La Chorrera	Milpo						Kerosene			Yanacocha	
	EF8	EF1	EF2	EF3	EF4	EF5	EF7	EF10	EF11	EF13	EF12	EF9
Abundancia (total de individuos)	150	7	10	9	17	5	351	22	7	14	49	11
Riqueza (número total de especies)	30	5	5	5	8	3	34	7	4	7	20	3
Índice de Shannon (H')	2,81	1,55	1,56	1,43	2,02	0,95	2,65	1,77	1,35	1,67	2,78	0,92
Índice de Simpson (1-D)	0,91	0,78	0,78	0,72	0,86	0,56	0,89	0,81	0,73	0,76	0,93	0,56
Esfuerzo de muestreo	8 TL, 1CT	1TL, 1CT	1TL, 1CT	1TL	2TL, 1CT	1CT	5TL, 1CT	2TL, 1CT	2TL	2TL	5TL	1CT

EF: ecosistema frágil

g. **Similaridad entre zona de ecosistemas frágiles**

La similitud de especies en las zonas de ecosistemas frágiles según el índice cuantitativo de Morisita, se observa un solo agrupamiento con una similaridad superior al 90 %, el conformado por las zonas de ecosistemas frágiles EF5 y EF9, que comparten el mismo hábitat de laguna y que comparten 2 especies *Anas flavirostris* y *Podiceps occipitalis*, de las 3 especies registradas en ambos ecosistemas frágiles.

A este agrupamiento se une las zonas de ecosistemas frágiles EF1 y EF7, con una similaridad entre 40 y 50 %, debido que comparten especies acuáticas registradas en las lagunas (Tabla 7-65 y Figura 7-299).

Comparando las zonas de ecosistemas frágiles que han registrado el mayor número de especies, las zonas EF8 y EF12, comparten 14 especies que representa el 47 % de similaridad encontrando que las especies que se comparten características de pajonal y con áreas con presencia de arbustos (Tabla 7-65 y Figura 7-299).



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

Las similitudes en las zonas de ecosistemas frágiles se deben a los hábitats que comparten entre éstos, encontrando especies que son características de pajonal, laguna, roquedal, bofedal y bosque de *Polylepis*.

Las zonas de ecosistemas frágiles que presentan los menores valores de similitud son los pares EF7, EF11 y EF13. Además se encontró zonas de ecosistemas frágiles con nula similitud comparando el EF5 con los EF10, EF11, EF12 y EF13 y el EF9 comparando con los EF10, EF11, EF12 y EF13.

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

	La Chorrera	Milpo						Kerosene			Yanacochoa	
	EF8	EF1	EF2	EF3	EF4	EF5	EF7	EF10	EF11	EF13	EF12	EF9
EF8	1	0,24	0,12	0,19	0,21	0,19	0,29	0,31	0,14	0,20	0,47	0,17
EF1	0,24	1	0,26	0,25	0,37	0,52	0,40	0,22	0,33	0,39	0,18	0,47
EF2	0,12	0,26	1	0,18	0,39	0,24	0,20	0,33	0,47	0,61	0,22	0,22
EF3	0,19	0,25	0,18	1	0,37	0	0,05	0,40	0,58	0,30	0,09	0
EF4	0,21	0,37	0,39	0,37	1	0,32	0,24	0,16	0,37	0,41	0,31	0,37
EF5	0,19	0,52	0,24	0	0,32	1	0,54	0	0	0	0	0,91
EF7	0,29	0,40	0,20	0,05	0,24	0,54	1	0,08	0,06	0,04	0,14	0,43
EF10	0,31	0,22	0,33	0,40	0,16	0	0,08	1	0,51	0,57	0,26	0
EF11	0,14	0,33	0,47	0,58	0,37	0	0,06	0,51	1	0,68	0,31	0
EF13	0,20	0,39	0,61	0,30	0,41	0	0,04	0,57	0,68	1	0,40	0
EF12	0,47	0,18	0,22	0,09	0,31	0	0,14	0,26	0,31	0,40	1	0
EF9	0,17	0,47	0,22	0	0,37	0,91	0,43	0	0	0	0	1



Handwritten signature and date: 2013

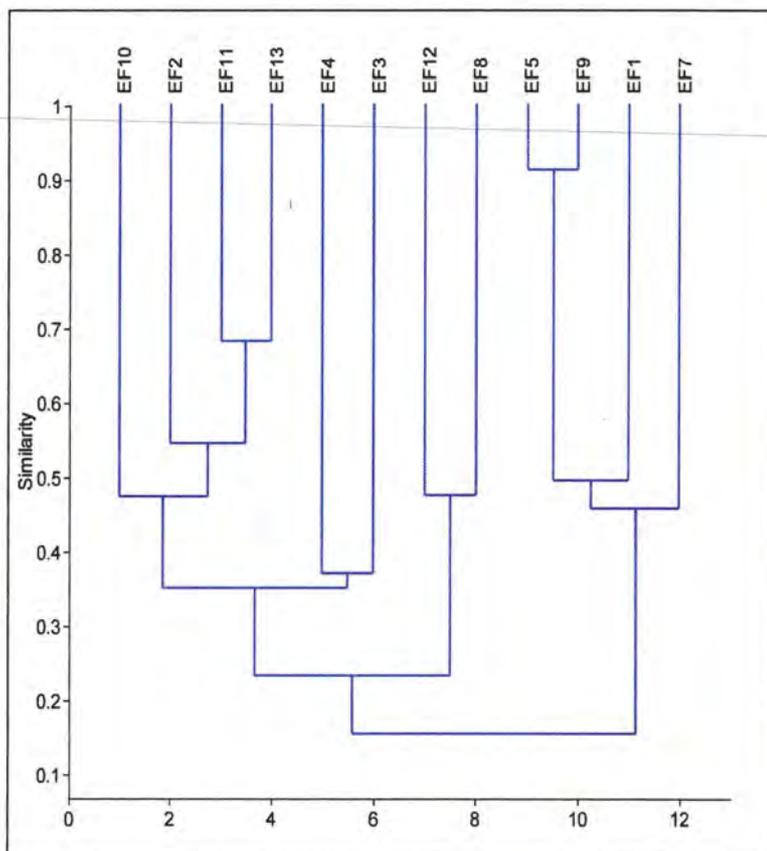


Figura 7-299. Dendrograma de similitud de Morisita entre las zonas de ecosistemas frágiles (EF)



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»

h. Especies incluidas en categorías de conservación, endémicas o migratorias registradas en el área de estudio

De las 54 especies registradas, 25 especies se encuentran incluidas en alguna categoría de conservación y nivel de endemismo (Tabla 7-66). Estas 25 especies representan el 46,29 % de la riqueza de especies total.

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

Especie	Categorías de conservación				Endemismo		
	DS 004-2014-MINAGRI	IUCN	CITES	CMS	Perú	EBA	Bioma
<i>Anas flavirostris</i>	-	LC	-	II	-	-	-
<i>Anas georgica</i>	-	LC	-	II	-	-	-
<i>Lophonetta specularioides</i>	-	LC	-	II	-	-	-
<i>Oxyura jamaicensis</i>	-	LC	-	II	-	-	-
<i>Podiceps occipitalis</i>	NT	LC	-	-	-	-	-
<i>Aglaeactis cupripennis</i>	-	LC	II	-	-	-	-
<i>Colibri coruscans</i>	-	LC	II	-	-	-	-
<i>Lesbia victoriae</i>	-	LC	II	-	-	-	-
<i>Metallura phoebe</i> (E)	-	LC	II	-	x	-	CAN
<i>Oreotrochilus estella</i>	-	LC	II	-	-	-	CAN
<i>Patagona gigas</i>	-	LC	II	-	-	-	-
<i>Pterophanes cyanopterus</i>	-	LC	II	-	-	-	-
<i>Phalacrocorax megalopterus</i>	-	LC	II	-	-	-	-
<i>Falco femoralis</i>	-	LC	II	-	-	-	-
<i>Geranoaetus polyosoma</i>	-	LC	II	-	-	-	-
<i>Colaptes rupicola</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Plegadis ridgwayi</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Cranioleuca baroni</i> (E)	-	LC	-	-	x	-	CAN
<i>Leptasthenura pileata</i> (E)	-	LC	-	-	x	51	CAN
<i>Geococcyx serrana</i> (E)	-	LC	-	-	x	51	CAN
<i>Asthenes humilis</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Microspingus alticola</i> (E)	EN	EN	-	-	x	51	CAN
<i>Anairetes nigrocristatus</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Polioptila rufipennis</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Phrygilus punensis</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN

Leyenda: (E): X: endémico de Perú, EN: En Peligro, NT: Casi Amenazado, LC: Preocupación menor, II: Apéndice II de la CITES o CMS, EBA 51: Área de endemismo de aves llamada Altos Andes de Perú, CAN: Bioma de los Andes Centrales, color azul: aves acuáticas.

Según la legislación nacional (D.S. N°004-2014-MINAGRI), sólo se registró una especie En Peligro (EN), la Monterita de Cola Simple o también llamada Monterita de Cajamarca (*Microspingus alticola*) y una especie considerada como Casi Amenazada, el Zambullidor Plateado (*Podiceps occipitalis*).

De las 54 especies, según la IUCN (2018), considera a la especie Monterita de Cola Simple o Monterita de Cajamarca (*Microspingus alticola*) como En Peligro y las otras 53 especies en la categoría de Preocupación Menor (LC).

Por otro lado según la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) se encontraron 10 especies incluidas en el Apéndice II, que contempla a las especies que no están necesariamente amenazadas de extinción, pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio (CITES 2017). Estas especies pertenecen a las familias taxonómicas Accipitridae (Gavilanes), Falconidae (Halcones) y Trochilidae



Handwritten signature in blue ink



(Picaflores). Así mismo las especies de la familia Anatidae (Patos) están incluidas en apéndice II de la Convención de Especies Migratorias (CMS 2015).

Finalmente, respecto al nivel de endemismo, 5 especies endémicas de Perú, de las cuales 3 son restringidas al Área de Endemismo de Aves (EBA) Altos Andes de Perú y 4 restringidas restringidas al Bioma Andes Centrales (CAN), del total de 12 reportadas para el área de estudio (Tabla 7-66).

i. Actividad reproductiva de las Aves

Se obtuvo registros directos e indirectos de reproducción de 4 especies. Los registros directos se refieren a la presencia de polluelos y nidos activos, y los indirectos a presencia de juveniles. Se observó 4 polluelos juntos a 2 adultos de Pato Barcino (*Anas flavirostris*) en borde la laguna Yanacocha (AV32).

En la laguna Muyoc (AV19) se observó varios individuos juveniles de la Gallareta Andina (*Fulica ardesiaca*), y 2 juveniles de Caracara de Monaña (*Phalacrocorax macrorhynchos*) en las estaciones de muestreo AV24 y AV30, respectivamente.

Al Churrete de Ala Castaña (*Cinclodes albidiventris*) se le observó llevar alimento e ingresar en un cumulo de piedras que se encontraban en el borde del bofedal en el punto de evaluación AV4 (Tabla 7-67).

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

Especie	Nombre en español	Tipo de registro	Actividad reproductiva	Puntos de evaluación
<i>Cinclodes albidiventris</i>	Churrete de Ala Castaña	Directos	Adulto llevando alimento a nido	AV4
<i>Fulica ardesiaca</i>	Gallareta Andina	Indirectos	Juveniles	AV19
<i>Anas flavirostris</i>	Pato Barcino	Directos	4 polluelos	AV32
<i>Phalacrocorax macrorhynchos</i>	Caracara de Monaña	Indirectos	2 Juveniles	AV24, AV30

j. Usos actuales y potenciales de las aves por la población local

Los apoyos locales mencionan que la población local hace uso de las aves, teniendo 5 especies de aves de las que hacen uso, que en ocasiones son cazadas para consumo de carne o consumo de huevos encontrados en las orillas de las lagunas en este grupo se encuentran los patos (Tabla 7-68).

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

Familia	Especie	Nombre local	Usos
			Alimento
Anatidae	<i>Anas flavirostris</i>	Pato	x
	<i>Anas georgica</i>	Pato	x
	<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato	x
	<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato colorado	x
Podicipedidae	<i>Podiceps occipitalis</i>	Pato	x

7.4.9.1 Mamíferos

Producto de las metodologías empleadas, se lograron registrar 5 órdenes, 7 familias y 7 especies (Tabla 7-69)



Vertical handwritten signature in blue ink



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

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

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Especie	Tipo de registro
Mammalia	Didelphimorphia	Didelphidae	Canyull, rabo de lija	<i>Didelphis marsupialis</i>	E
	Carnívora	Mephitidae	Zorrino, añas	<i>Conepatus semistriatus</i>	C, Ct
		Cánidae	Zorro	<i>Lycalopex culpaeus</i>	C, Ct
	Cetartiodactyla	Cervidae	Venado cola blanca	<i>Odocoileus virginianus</i>	C, Ct, E
	Lagomorpha	Leporidae	Conejo	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	C, Ct, E
	Rodentia	Chinchillidae	Vizcacha	<i>Lagidium viscacia</i>	Ct, E
		Sciuridae	Huayguash	<i>Sciurus sp</i>	E

CT: cámara trampa, C: censo, E: entrevista

A continuación, se presenta el análisis de los resultados de la evaluación de mamíferos con las metodologías explicadas previamente.

a. Censos de mamíferos

El esfuerzo total de muestreo, fue de nueve días distribuidos en un día por transecto sumando 22:35 horas-censo y una cobertura de 5120m (Tabla 7-70).

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

Localidad	Transectos	Nº de días invertidos	Nº de censos	Fecha	Horas censadas			Cobertura (m)
					Inicio	Final	Horas censadas	
EF8	1	1	1	08/02/2018	10:52:00	13:30:00	2:38:00	430
	2	1	1	09/02/2018	9:33:00	12:08:00	2:35:00	1360
	3	1	1	10/02/2018	11:29:00	13:12:00	1:43:00	250
EF7	4	1	1	13/02/2018	10:16:00	13:04:00	2:48:00	686
	5	1	1	14/02/2018	9:00:00	10:42:00	1:42:00	476
	6	1	1	16/02/2018	9:15:00	13:15:00	4:00:00	1380
EF10	7	1	1	17/02/2018	9:45:00	13:15:00	3:30:00	538
	8	1	1	17/02/2018	15:07:00	17:42:00	2:35:00	1000
	9	1	1	18/02/2018	9:58:00	11:02:00	1:04:00	200
Total		9	9				22:35:00	5120m

Producto de este esfuerzo se lograron 14 avistamientos (todos indirectos) de mamíferos silvestres pertenecientes a 4 órdenes, 4 familias y 4 especies, los mayores registros ocurrieron en los transectos N° 4 y N° 5 ubicados en los alrededores del caserío Santa Rosa de Milpo. En este sitio se lograron registrar 3 especies de mamíferos (Tabla 7-71 y Figura 300).



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

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

N° de transecto	Fecha	Centro poblado Cercano o caserío	Tipo de hábitat	Especie	Nombre común	Tipo de registro	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 M		Altitud (m s.n.m.)	Hora de registro
							Este (m)	Norte (m)		
1	08/02/2018	La Chorrera/Lipiac	Roquedal	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado blanca cola	Heces	796088	9229435	3903	12:53
2	09/02/2018	La Chorrera/Lipiac	Pajonal	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado blanca cola	Huella	795208	9229743	3817	10:40
2	09/02/2018	La Chorrera/Lipiac	Pajonal	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro	Heces	795073	9229790	3837	10:53
3	10/02/2018	La Chorrera/Lipiac	Roquedal	<i>Lagidium viscacia</i>	Vizcacha	Heces	795941	9229592	3800	12:30
3	10/02/2018	La Chorrera/Lipiac	Roquedal	<i>Lagidium viscacia</i>	Vizcacha	Heces	795832	9229632	3787	12:47
4	13/02/2018	Santa Rosa de Milpo	Matorral	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Conejo	Heces	798265	9227743	3734	12:30
4	13/02/2018	Santa Rosa de Milpo	Matorral	<i>Conepatus semistriatus</i>	Zorrino	Rastros de alimentación	798265	9227743	3734	12:30
4	13/02/2018	Santa Rosa de Milpo	Matorral	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro	Heces	798135	9227940	3734	12:49
5	14/02/2018	Santa Rosa de Milpo	Césped	<i>Conepatus semistriatus</i>	Zorrino	Rastros de alimentación	799031	9228138	3848	10:42
5	14/02/2018	Santa Rosa de Milpo	Césped/matorral	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro	Huella	799031	9228138	3848	10:42
5	14/02/2018	Santa Rosa de Milpo	Césped/matorral	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado blanca cola	Huella	799079	9228211	3876	11:23
7	16/02/2018	Chamcas	Pajonal	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro	Heces	795419	9226139	00:00	13:55
7	17/02/2018	Chamcas	Pajonal	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro	Heces	795973	9227276	3972	10:00
7	17/02/2018	Chamcas	Pajonal	<i>Lagidium viscacia</i>	Vizcacha	Heces	795950	9227187	4002	10:29



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

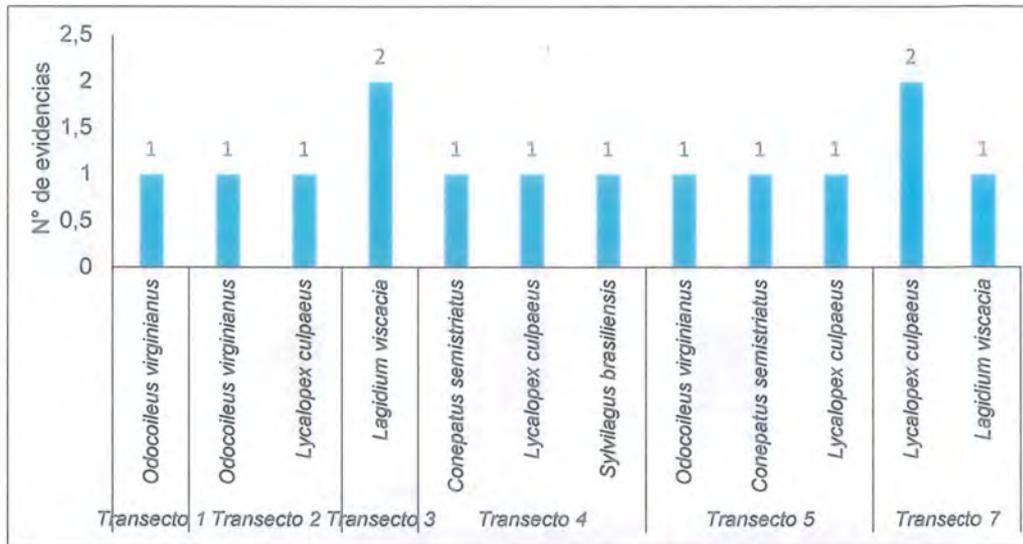


Figura 7-300. Diversidad de mamíferos silvestres registrados por censos en los centros poblados del área de influencia del proyecto El Galeno

• Índices de ocurrencia e índice de abundancia de las especies registradas en los censos de mamíferos

Los índices de ocurrencia (IO) y de abundancia (IA) para cada especie están contenidos en la tabla 7-72. Es oportuno reiterar que la identificación por los pobladores locales (entrevistas) es una evidencia considerada para el IO más no para el IA. Basados en este criterio para el área de evaluación se confirman cinco especies de mamíferos terrestres, de ellos, dos no fueron confirmadas y entre ellas se encuentran el marsupial conocido localmente como canyull o rabo de lija (*Didelphis marsupialis*) y el Huayguash (*Sciurus sp.*), ambas con cinco puntos.

En cuanto al Índice de Abundancia (IA), los resultados nos indican que para el área de evaluación dos especies se presentan como las más abundantes; de ellas, uno corresponde al carnívoro conocido localmente zorro andino (*Lycaonpex culpaeus*) con 20 puntos seguido del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), con 14 puntos, (Tabla 7-72).

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

Orden	Familia	Especie	Índice de Ocurrencia (IO)	Índice de Abundancia (IA)
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	5	5
Cetartiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	19	14
Carnívora	Mephitidae	<i>Conepatus semistriatus</i>	8	8
	Cánidae	<i>Lycaonpex culpaeus</i>	25	20
Rodentia	Chinchillidae	<i>Lagidium viscacia</i>	17	12
	Sciuridae	<i>Sciurus sp.</i>	5	5
Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	9	9

b. Evaluación mediante las cámaras-trampa

El esfuerzo total de muestreo en el área de estudio fue de 95 días-cámara, producto de este esfuerzo se obtuvieron 20 registros independientes de mamíferos silvestre entre fotos y videos (Figura 7-301).



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»



Handwritten signature and initials in blue ink.

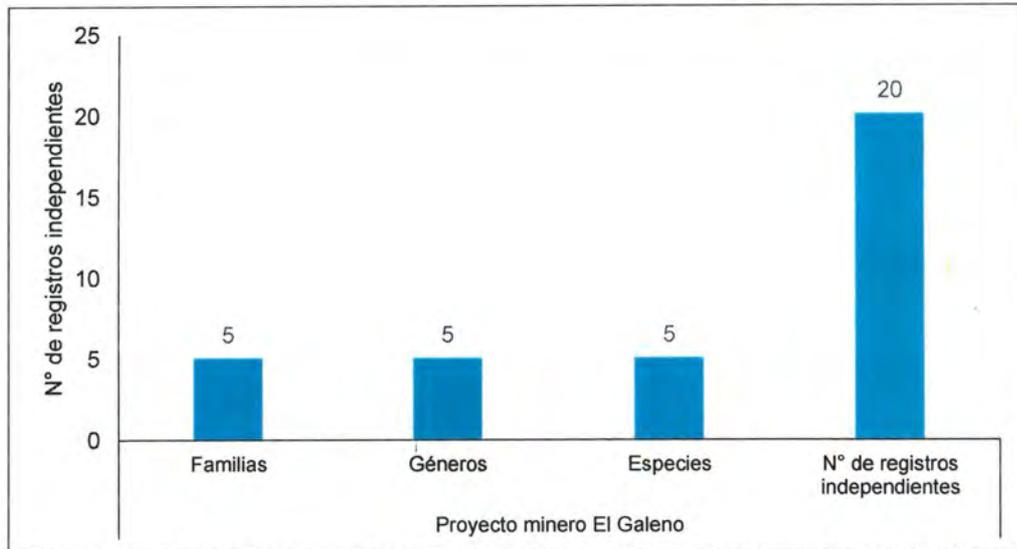


Figura 7-301. Número de registros independientes de mamíferos silvestres registrados por las cámaras trampa

• **Riqueza y composición de especies para el área de estudio**

Como resultado de las evaluaciones con cámaras ubicadas en el área de estudio, se lograron registrar 5 especies de mamíferos (grandes y medianos), ver Tabla 7-73 y Figura 7-302.

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

Especies	CÁMARAS TRAMPA										TOTAL
	GALENO-01	GALENO-02	GALENO-03	GALENO-04	GALENO-05	GALENO-06	GALENO-07	GALENO-08	GALENO-09	GALENO-10	
<i>Conepatus semistriatus</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	5
<i>Lagidium viscacia</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3
<i>Lycalopex culpaeus</i>	0	0	1	0	3	3	0	0	0	0	7
<i>Odocoileus virginianus</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
TOTAL											20



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»

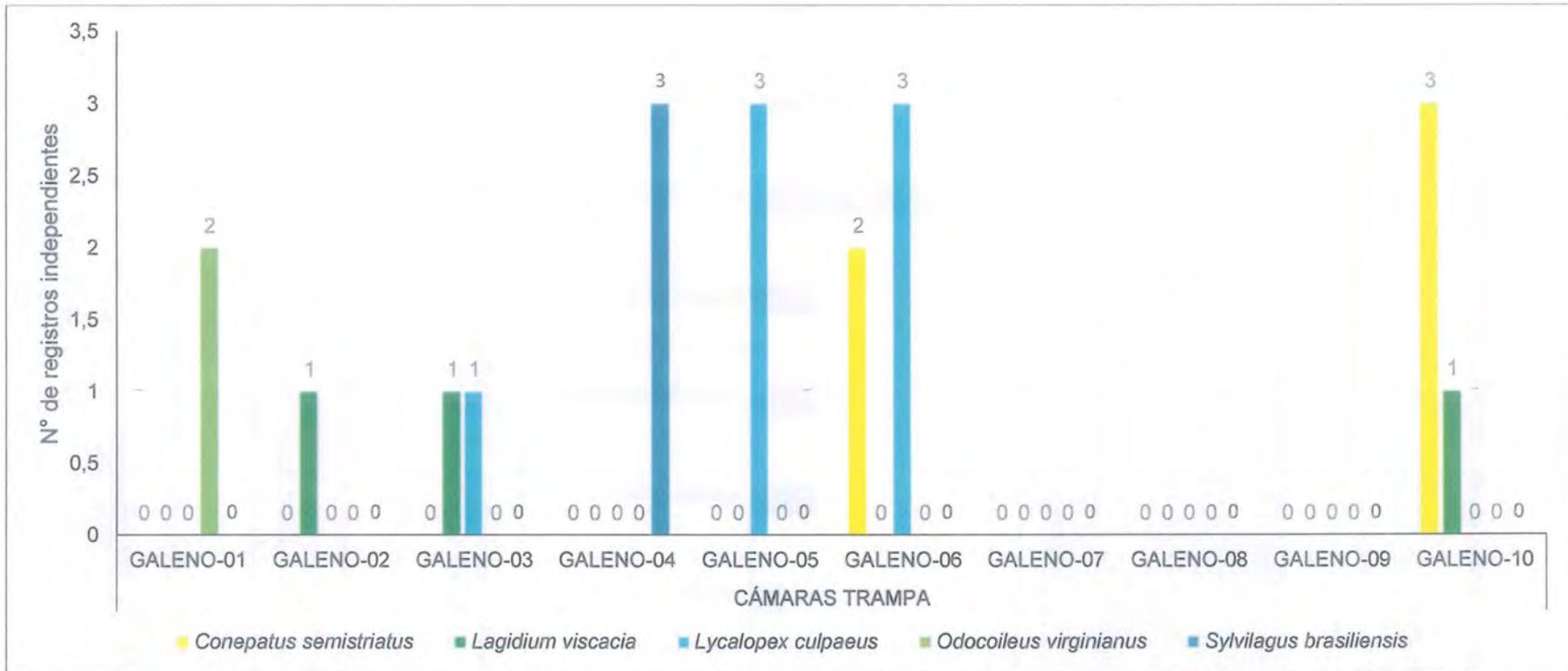


Figura 7-302. Diversidad de mamíferos silvestres registrados por las cámaras trampa en el área de influencia del proyecto El Galeno

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

 OEFA - TV

 [Handwritten signature and initials]



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

• Riqueza y composición de especies por centro poblado

Al realizar la comparación de la diversidad de mamíferos silvestres entre los centros poblados, encontramos que los mayores registros independientes ocurrieron en la jurisdicción de Santa Rosa de Milpo, con 11 registros independientes, donde resalta el registro del zorro (*Lycalopex culpaeus*) (Tabla 7-74 y Figura 7-303).

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

Familia	Nombre común	Especies	Registros independientes por Centro Poblado o caserío			
			La Chorrera	Santa Rosa de Milpo	Chamcas	Total
Mephitidae	Zorrino, añás	<i>Conepatus semistriatus</i>	0	2	3	5
Canidae	Zorro	<i>Lycalopex culpaeus</i>	1	6	0	7
Chinchillidae	Vizcacha	<i>Lagidium viscacia</i>	2	0	1	3
Cervidae	Venado cola blanca	<i>Odocoileus virginianus</i>	2	0	0	2
Leporidae	Conejo silvestre	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	0	3	0	3
Total			5	11	4	20



Handwritten vertical text: 75453

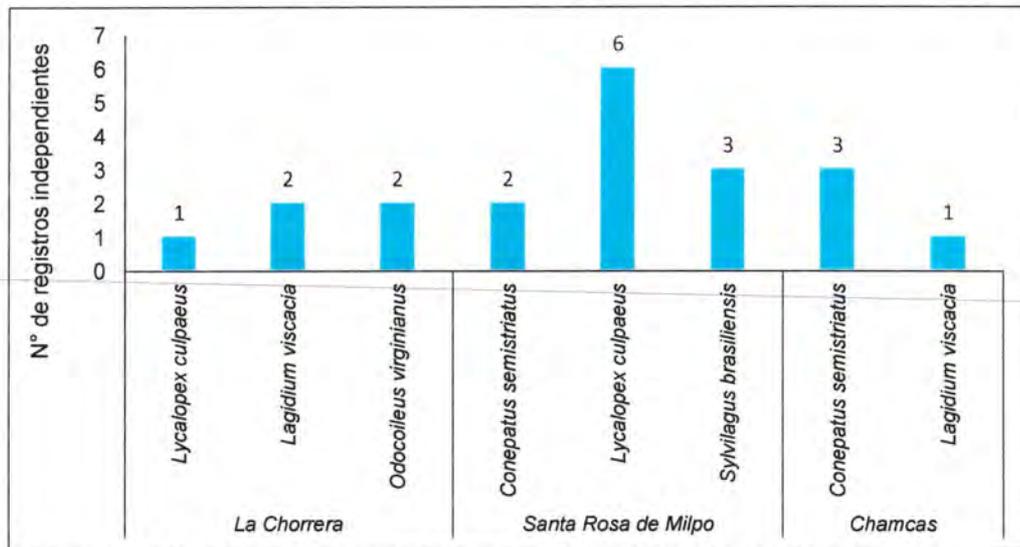


Figura 7-303. Riqueza y composición de mamíferos registrados por las cámaras trampas en el ámbito de los centros poblados

• Riqueza y composición de especies por tipo de hábitat

Al realizar la comparación de la diversidad de mamíferos silvestres entre los diferentes hábitats muestreados encontramos que los mayores registros independientes ocurrieron en el hábitat roquedal, con 13 registros independientes, donde resalta el registro del zorro (*Lycalopex culpaeus*), con 7 registros (Tabla 7-75 y Figura 304).

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

Familia	Nombre común	Especies	Matorral	Pajonal	Roquedal	Total
Mephitidae	Zorrino, añás	<i>Conepatus semistriatus</i>	0	3	2	5
Chinchillidae	Vizcacha	<i>Lagidium viscacia</i>	0	1	2	3
Canidae	Zorro	<i>Lycalopex culpaeus</i>	0	0	7	7
Cervidae	Venado cola blanca	<i>Odocoileus virginianus</i>	0	0	2	2



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

Familia	Nombre común	Especies	Matorral	Pajonal	Roquedal	Total
Leporidae	Conejo silvestre	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	3	0	0	3
Total			3	4	13	20

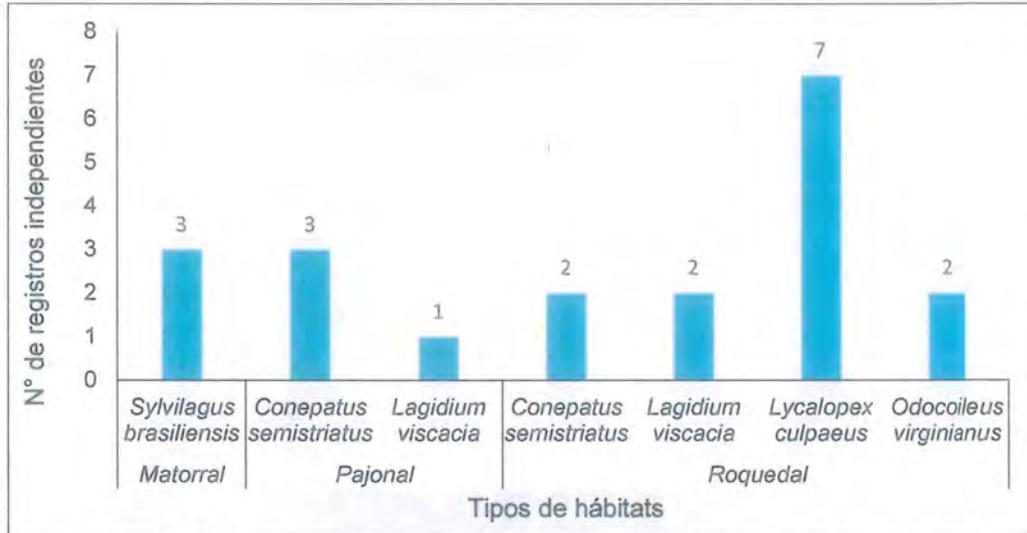


Figura 7-304. Riqueza y composición de mamíferos registrados por las cámaras por tipo de hábitat

• Comparación de Índices de diversidad entre las cámaras trampa instaladas

Para realizar la comparación de la diversidad registrada por las cámaras trampa se utilizó el Índice de diversidad de Shannon, según el cual los valores más altos corresponden a una mayor riqueza de especies (número de especies) (Figura 7-305 y Anexo H.2).

Los resultados para calcular la diversidad de mamíferos silvestres en el área de influencia, nos muestra que la cámara GALENO-03 que registró dos individuos pertenecientes a dos especies de mamíferos, entre ellos el zorro (*Lycalopex culpaeus*) y la vizcacha (*Lagidium viscacia*), el primero de ellos fue registrado por medio de un video de cinco segundos y la siguiente especie fue registrado en una foto.

La siguiente cámara que presenta un alto valor en términos de diversidad fue GALENO-06, en esta cámara ocurrieron los mayores registros de mamíferos silvestres (Cinco registros), perteneciente a dos especies, entre ellos el zorro (*Lycalopex culpaeus*) y el zorrino (*Conepatus semistriatus*), en ambos casos, los registros fueron captados en videos, en ellos se ven a las especies desplazándose por el área.

En las cámaras trampa GALENO-07, GALENO-08 y GALENO-09, no ocurrieron registros de mamíferos silvestres, estas cámaras estuvieron instaladas en la jurisdicción del centro poblado Chamcas, el primero de ellos estuvo instalado en la cima del cerro Peñas Grandes, en el área donde instalamos la cámara, se observó poca actividad de mamíferos, posiblemente influenciado por la altura y la poca disponibilidad de alimento.

La cámara GALENO-08, estuvo instalado al borde de la laguna Yanacocha, esta cámara logró registrar algunas aves pequeñas que hacen uso de la vegetación asociada al bofedal que nace en la laguna. Lo mismo ocurrió con la cámara GALENO-09, en ella ocurrieron registros de aves pequeñas que no fueron considerados para los cálculos de diversidad (Figura 7-305).



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»



Handwritten signature and date: 15/07/14

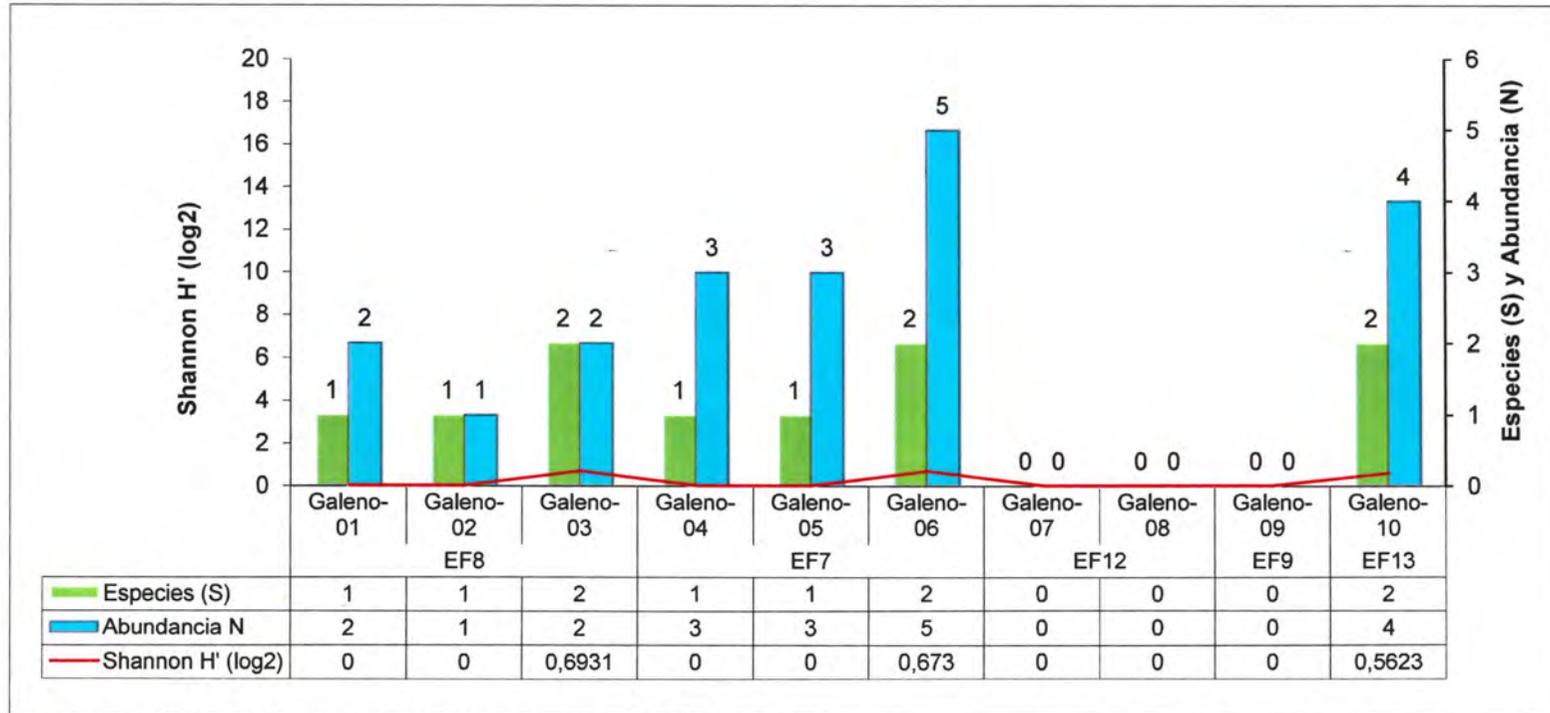


Figura 7-305. Diversidad y abundancia de mamíferos medianos y grandes



• Curva de acumulación de especies

De acuerdo a los resultados de los cálculos para determinar el total de mamíferos silvestres que habitan en el área de influencia del proyecto El Galeno, observamos que tanto la curva de especies máximas esperadas y de especies mínimas esperadas presentan el mismo valor de la curva de especies registradas en nuestro estudio. Es decir que las 5 especies de mamíferos registrados en el presente estudio representan el 100 % de mamíferos grandes y medianos que habitan los diferentes hábitats del área de estudio del proyecto El Galeno (Figura 7-306).



Handwritten signature and initials in blue ink.

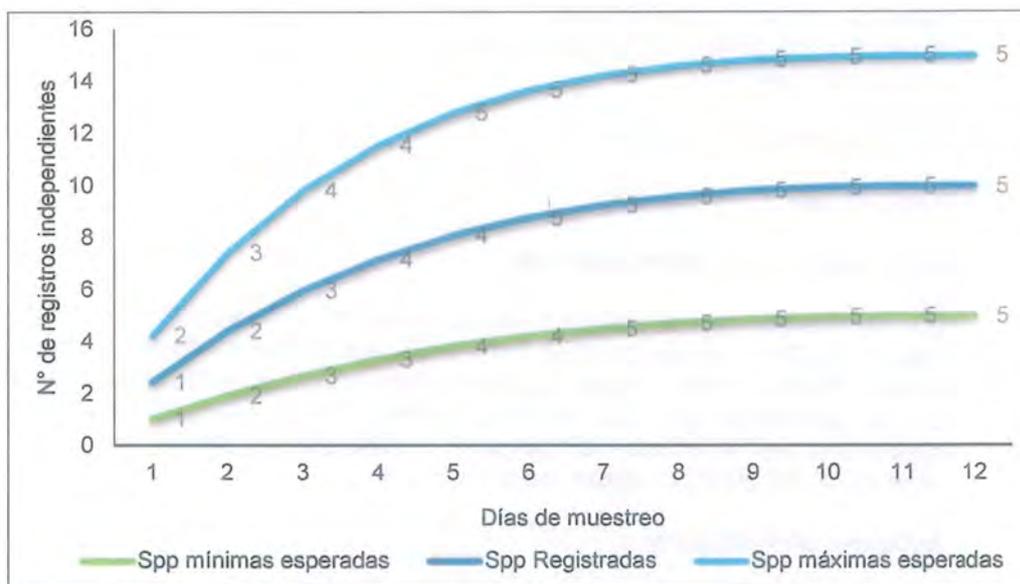


Figura 7-306. Curva de acumulación de especies de mamíferos medianos y grandes

c. Especies amenazadas y categorías de conservación

En el Perú existen 123 especies de mamíferos incluidas en categorías de conservación (Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI), de las cuales, ninguno de ellos fue registrados en la presente investigación. De acuerdo a la lista de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza IUCN (2018) las 5 especies de mamíferos registradas se encuentran en la categoría de Preocupación menor (LC). De acuerdo al Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú y al D.S. 004-2014 – AG, en el Perú existen 124 especies de mamíferos incluidos en las diferentes categorías de conservación de las cuales, (Serfor 2018, MINAGRI 2014).

Finalmente, en la lista de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Silvestres (CITES) de fauna y flora de 2018, solo el zorro andino, (*Lycalopex culpaeus*) se encuentra comprendido en el apéndice II; en este apéndice figuran las especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio (Tabla 7-76).

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

Familia	Nombre común	Especie	Categorización			
			D.S. 004-2014-AG	IUCN 2018	CITES 2018	Libro rojo 2018
Canidae	Zorro	<i>Lycalopex culpaeus</i>	-	LC	Apéndice II	-

(LC) Preocupación Menor



d. Especies endémicas

En el área de estudio no se registraron especies de mamíferos grandes endémicos, ni de distribución geográfica restringida.

7.5 Análisis temporal

7.5.1 Agua

En esta sección se presenta los resultados y análisis de los puntos de muestreo evaluados durante octubre de 2017 y marzo de 2018 por el OEFA en afloramientos de agua subterránea, quebradas y lagunas ubicadas en el área de influencia del proyecto El Galeno.

7.5.1.1 Evaluación por microcuenca

A. Afloramientos

a.1. Microcuenca de la quebrada Milpo

En esta microcuenca se ubican 5 afloramientos de agua subterránea evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018, los mismos que fueron identificados como Fnatu4, Fnatu5, Fnatu6, FNat7 y FNat8. En estos afloramientos se realizó el análisis temporal de los parámetros pH, OD, aluminio, cadmio, hierro, manganeso y plomo total; parámetros que excedieron al menos en un afloramiento los valores del ECA para agua de la categoría con la que fue comparado.

Potencial de hidrógeno

En la Figura 7-307 se observa que los valores de pH registrados en marzo de 2018 presentan variaciones respecto a los valores registrado en octubre de 2017, a excepción del punto FNatu4, donde se registró un valor de 6,96 unidades de pH en ambas evaluaciones. Las variaciones entre ambas evaluaciones no son muy significativas, porque los afloramientos presentaron características ácidas, siendo el más resaltante el afloramiento FNat7.



Vertical handwritten signature in blue ink

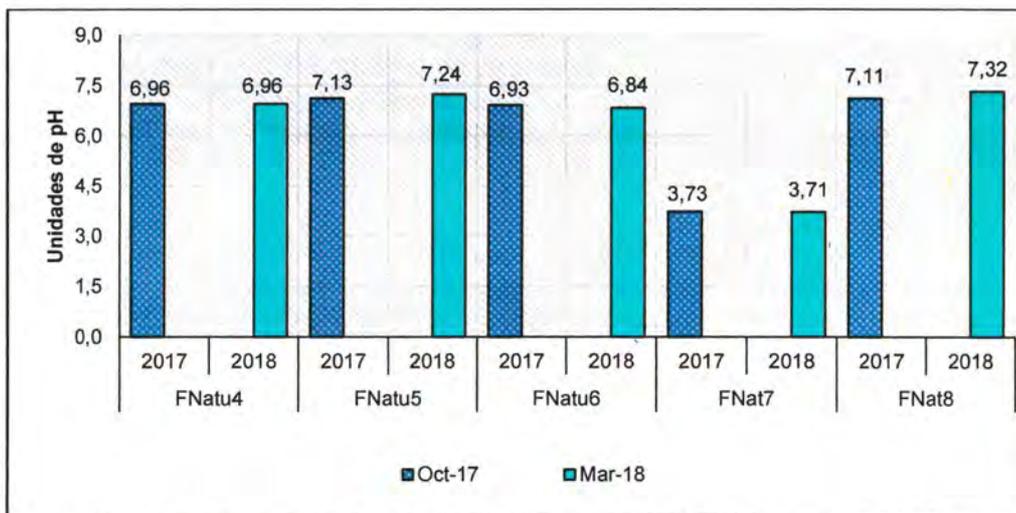


Figura 7-307. Valores de pH registrado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en los afloramientos



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

Oxígeno disuelto-OD

En la Figura 7-308 se observa que las concentraciones de OD registrados en marzo de 2018 presentan variaciones respecto a las concentraciones registradas en octubre de 2017. Las variaciones fueron decrecientes en los puntos FNatu4, FNatu5, FNatu6 y FNat8, sin embargo, en el afloramiento FNat7 la mayor concentración de oxígeno disuelto se presentó en la evaluación realizada en marzo de 2018.



Handwritten signature and initials in blue ink.

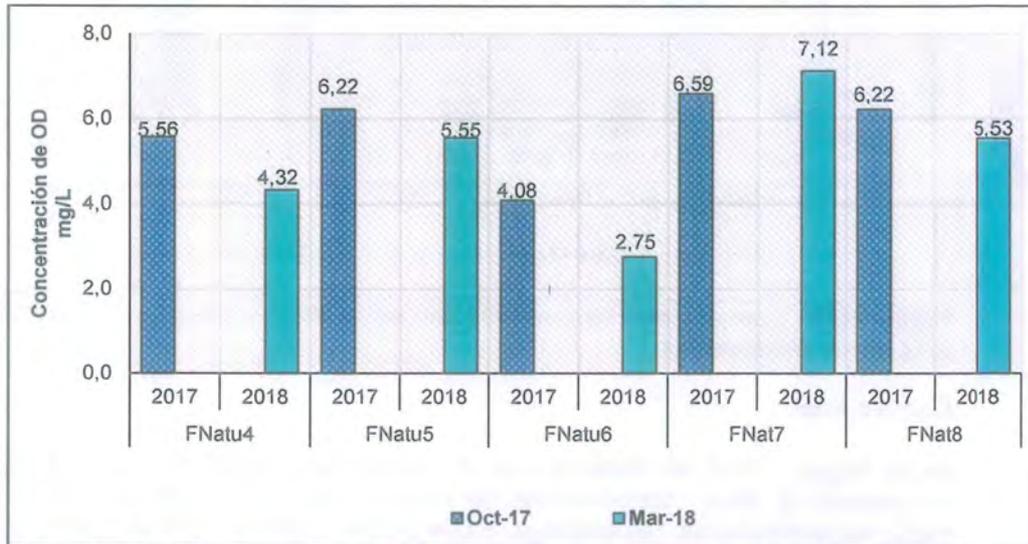


Figura 7-308. Concentración de OD registrado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en los afloramientos

Aluminio total

En la Figura 7-309 se aprecia que la mayor concentración de aluminio total fue reportada en la evaluación realizada en octubre de 2017 para los afloramientos FNatu4, FNatu5, FNatu6 y FNat8; sin embargo, en el afloramiento FNat7 la mayor concentración de aluminio total fue en marzo de 2018.

El afloramiento que presentó mayor concentración de aluminio total en las 2 evaluaciones fue el FNat7 con valores de 1,2 y 1,437 mg/L, respectivamente. La mayor concentración de este metal, puede estar relacionada a la influencia de las precipitaciones pluviales.



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



Vertical handwritten signature and date: 25/11/18

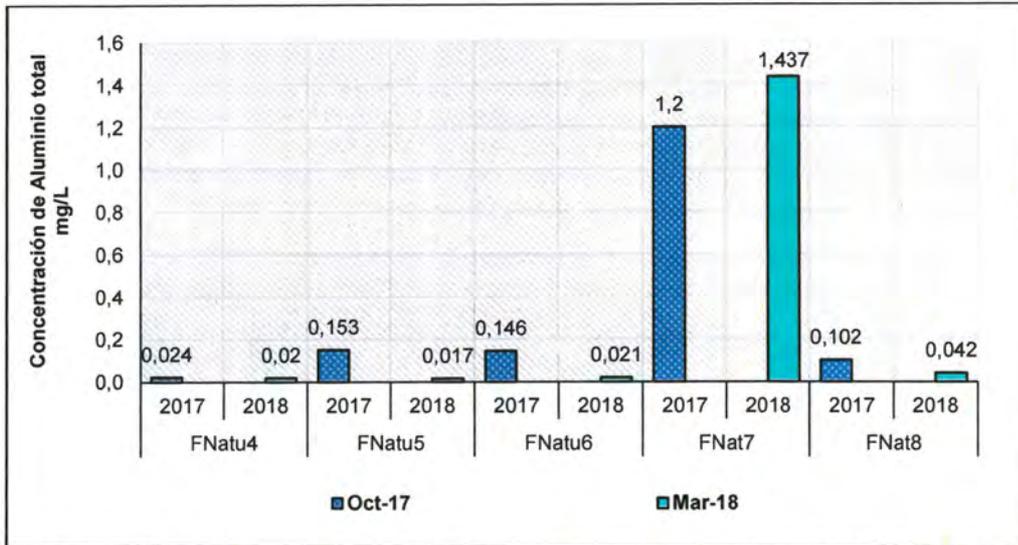


Figura 7-309. Concentración de aluminio total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en los afloramientos

Cadmio total

En la Figura 7-310 se observa que el afloramiento FNatu7 en las 2 evaluación presentaron la mayor concentración de cadmio total con valores 0,0058 y 0,0038 mg/L, respectivamente. Sin embargo, en los puntos FNatu4, FNatu5, FNatu6 y FNatu8 las concentraciones de cadmio en ambas evaluaciones fueron menores al límite de cuantificación del método de ensayo. Por tanto, el afloramiento FNatu7 presenta características diferentes en comparación a los demás afloramientos ubicados en la microcuenca de la la quebrada Milpo.

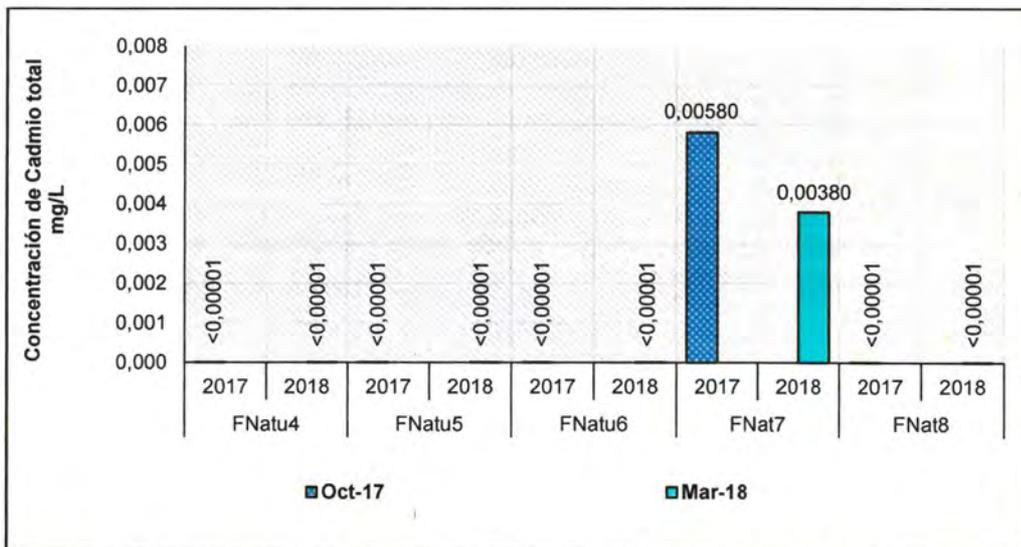


Figura 7-310. Concentración de cadmio total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en los afloramientos



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

Hierro total

En la Figura 7-311 se observa que la mayor concentración de hierro total fue reportada en la evaluación realizada en octubre de 2017 para los afloramientos FNatu4, FNatu5, FNatu6 y FNat8; sin embargo, en el afloramiento FNat7 la mayor concentración de hierro total fue registrada en marzo de 2018.

El afloramiento que presentó mayor concentración de hierro total en las 2 evaluaciones fue el FNat7 con valores de 0,4048 y 0,4822 mg/L, respectivamente. Por tanto, el afloramiento FNat7 presenta características diferentes en comparación a los demás afloramientos ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo.



Vertical handwritten signature in blue ink.

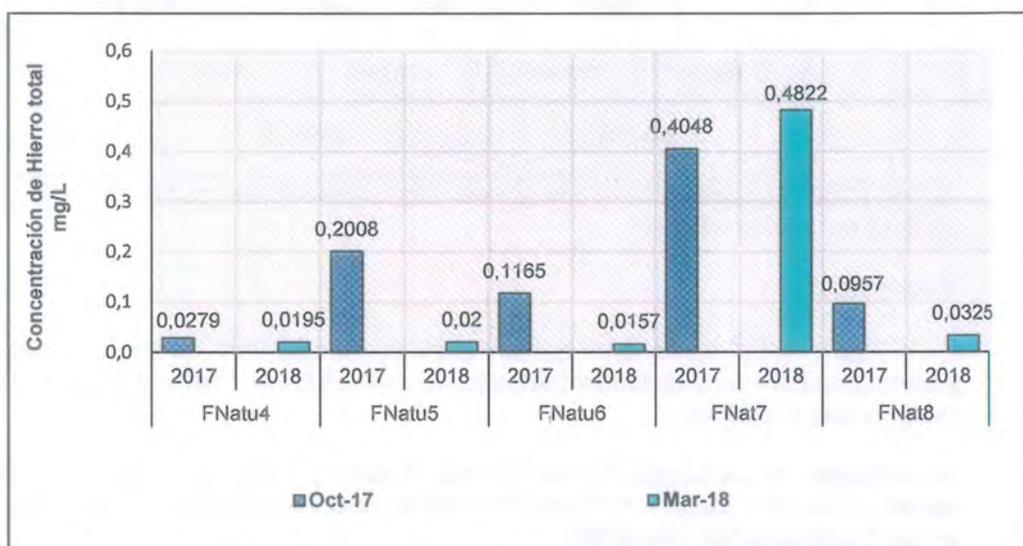


Figura 7-311. Concentración de hierro total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en los afloramientos

Manganeso total

En la Figura 7-312 se observa que la mayor concentración de manganeso total fue reportada en la evaluación realizada en octubre de 2017 en todos afloramientos.

El afloramiento que presentó mayor concentración de manganeso total en las 2 evaluaciones fue el FNat7 con valores de 0,36712 y 0,18524 mg/L, respectivamente. Por tanto, el afloramiento FNat7 presenta características diferentes en comparación a los demás afloramientos ubicados en la microcuenca de la quebrada Milpo.



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



Vertical handwritten signature in blue ink.

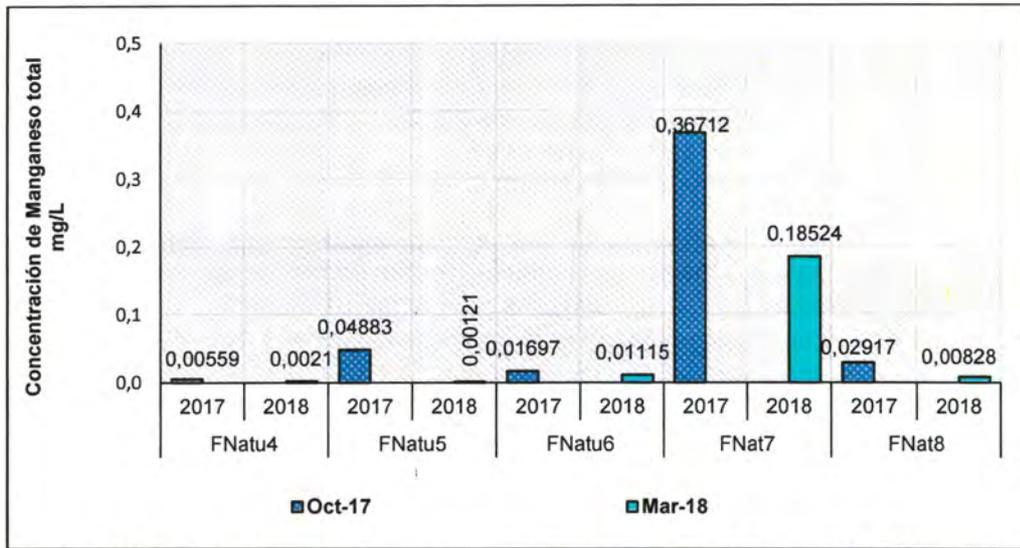


Figura 7-312. Concentración de manganeso total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en los afloramientos

Plomo total

En la Figura 7-313 se observa que en el afloramiento FNat7 en las 2 evaluaciones presentaron las mayores concentraciones de plomo total con valores 0,1554 y 0,1348 mg/L, respectivamente.

Sin embargo, en los puntos FNatu4, FNatu5, FNatu6 y FNat8, las concentraciones de cadmio estuvieron cerca o menores al límite de cuantificación del método de ensayo en las 2 evaluaciones realizadas.

Por tanto, el afloramiento FNat7 presenta características diferentes en comparación a los demás afloramientos.

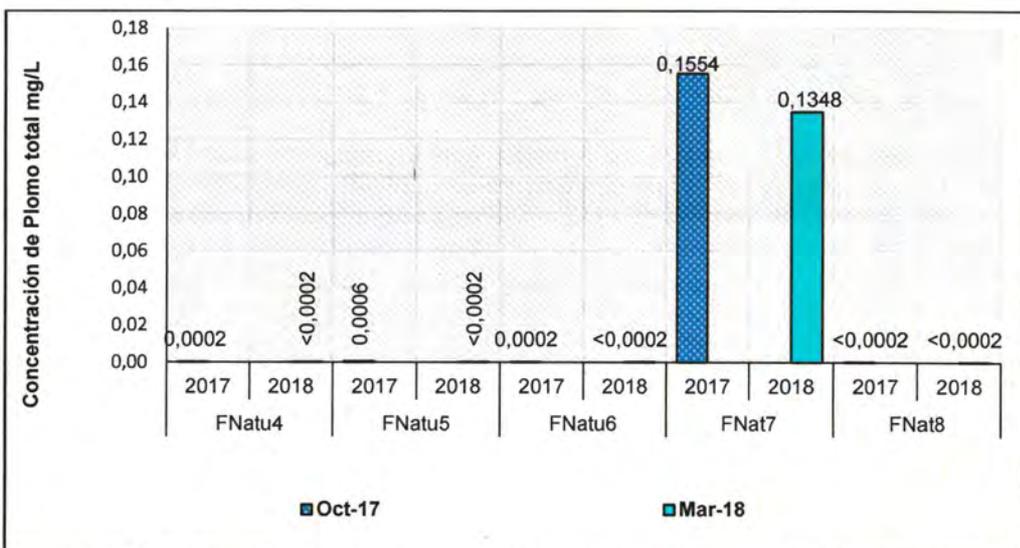


Figura 7-313. Concentración de plomo total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en los afloramientos



B. Quebradas

b.1. Microcuenca de la quebrada Milpo

En esta microcuenca se ubican 7 puntos que fueron evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018 por el OEFA: LDCol2, QMilp1, QMilp2, QMuy1, QMuy2, QMilp3 y QQuin1, los mismos que se ubican en curso de agua de la laguna Dos Colores y en las quebradas Milpo, Muyoc y Quinuacucho, respectivamente.

En los puntos ubicados en las quebradas descritas se realizó el análisis temporal de los parámetros pH y manganeso total, parámetros que excedieron al menos en un punto de muestreo los valores del ECA para agua de la categoría con cual fue comparado.

Potencial de hidrógeno

En la Figura 7-314 se presenta los resultados de potencial de hidrógeno registrados en el curso de agua que une ambos sectores de la laguna Dos Colores y en las quebradas Milpo, Muyoc y Quinuacucho. Donde, la quebrada Quinuacucho presentó características ácidas en las 2 evaluaciones realizadas.

En cuanto a la quebrada Milpo, nace con los aportes de la laguna Milpo que a su vez recibe los aportes del curso de agua de la laguna Dos Colores (LDCol2), donde se registró valores de pH ácidos en las 2 evaluaciones.

En cuanto a la quebrada Milpo, presentó características ácidas en sus inicios (QMilp1) y en su recorrido los valores de pH aumentan volviéndose aguas ligeramente básicas, tal como se puede observa en los puntos QMilp2 y QMilp3, respectivamente. Estas condiciones son similares en las 2 evaluaciones realizadas por el OEFA.



Vertical handwritten text: 10/10/18



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

La quebrada Muyoc nace a la altura del caserío de Santa Rosa de Milpo y sus aguas tributan a la laguna Muyoc, volviendo a salir al cauce de quebrada Muyoc. Los puntos QMuy1 y QMuy2 se ubican antes y después de la laguna Muyoc. Respectivamente.



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

Por tanto, la laguna Muyoc estaría influenciando en el aumento del pH en el punto QMuy2, debido a que los valores de pH registrados aguas arriba son menores a los valores registrados aguas abajo de la laguna Muyoc. Esta relación se presenta en las 2 evaluaciones realizadas por el OEFA.

Manganeso total

En la Figura 7-315 se presenta las concentraciones de manganeso total reportados en el curso de agua de la laguna Dos Colores y en las quebradas Milpo, Muyoc y Quinuacucho. En la quebrada Quinuacucho las concentraciones de manganeso total reportadas en octubre de 2017 y marzo de 2018 fueron de 0,00935 y 0,0082 mg/L, respectivamente, las cuales se mantienen casi constantes en las 2 evaluaciones.

En la quebrada Milpo las concentraciones de manganeso total reportadas en octubre de 2017 para los puntos QMilp1, QMilp2 y QMilp3 fueron de 0,01382, 0,05292 y 0,03272 mg/L, respectivamente. Por tanto, la menor concentración de manganeso total se presentó al inicio de la quebrada Milpo (punto QMilp1) y aumentó a medida que se desplaza (punto QMilp2), pero luego vuelve a descender (punto QMilp3). Estas condiciones para la concentración de manganeso total se repitieron en la evaluación realizada en marzo de 2018 donde se reportó concentraciones de 0,01592, 0,0379 y 0,02287 mg/L, respectivamente.

En la quebrada Muyoc las concentraciones de manganeso total reportados en octubre de 2017 para los puntos QMuy1 y QMuy2 fueron de 0,02038 y 0,11004 mg/L, respectivamente; por tanto, la menor concentración de manganeso total se presentó en el punto QMuy1 (antes de tributar a la laguna Muyoc) y aumentó en el punto QMuy2 (después de la laguna). Estas condiciones de concentración de manganeso total se repitieron en la evaluación realizada en marzo de 2018 donde se reportó concentraciones de 0,01704 y 0,43423 mg/L, respectivamente.



Vertical handwritten notes in blue ink, including a signature and the date '2018'.

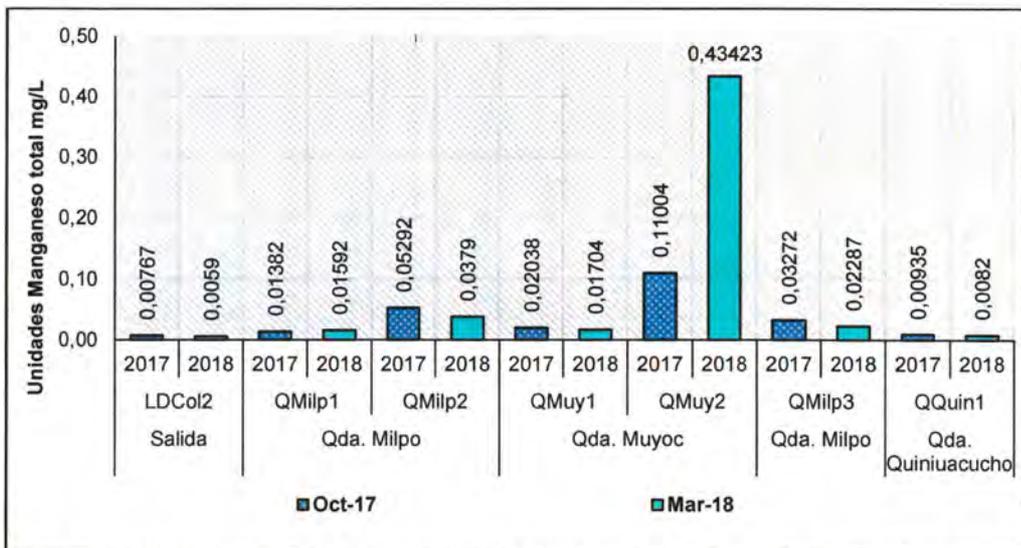


Figura 7-315. Concentración de manganeso total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en las quebradas de la Microcuenca de la Qda. Milpo



b.2. Microcuenca de la quebrada Yanacocha

En esta microcuenca se ubican 2 puntos QLipi1A y QYana1, los mismos que se ubican en la quebrada Lipiac y Yanacocha, respectivamente; los cuales fueron evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018 por el OEFA.

En los puntos ubicados en las quebradas descritas se realizó el análisis temporal de los parámetros pH y hierro total, parámetros que excedieron al menos en un punto de muestreo los valores del ECA para agua de la categoría con cual fue comparado.

Potencial de hidrógeno

En la Figura 7-316 se presenta los resultados de potencial de hidrógeno registrados en la quebrada Lipiac y Yanacocha. En la quebrada Lipiac se registró valores de 4,9 y 5,04 unidades de pH en las evaluaciones realizadas en octubre de 2017 y marzo de 2018; por tanto, la quebrada Lipiac presenta características ácidas.

Sin embargo, en la quebrada Yanacocha se registró valores de 7,75 y 6,7 unidades de pH presentado condiciones ácidas en marzo de 2018, dichos valores pueden ser influenciados por el aumento del caudal en la quebrada la Yanacocha por las precipitaciones pluviales.



Handwritten signature and initials in blue ink.

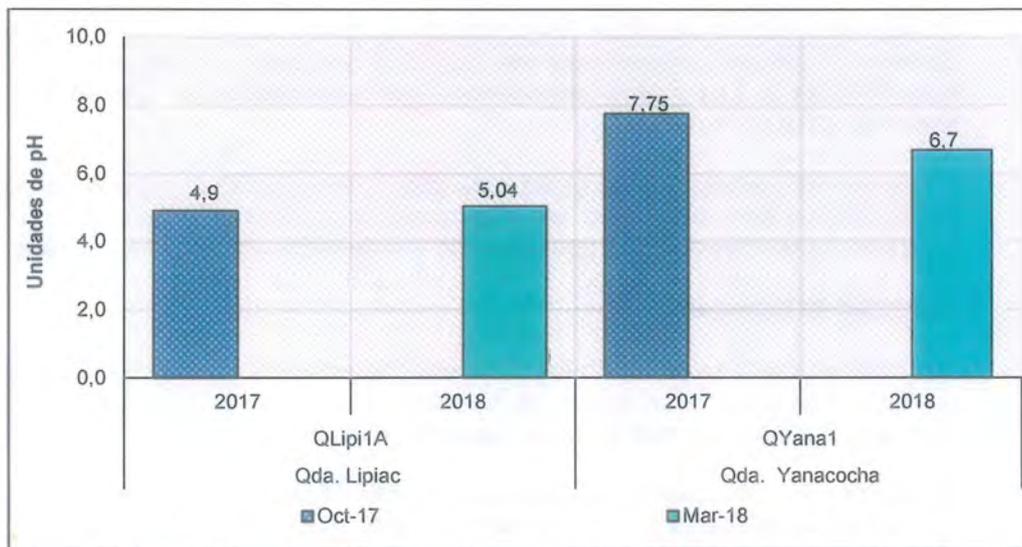


Figura 7-316. Valores de pH registrados en octubre de 2017 y marzo de 2018 en las quebradas de la Microcuenca de la Qda. Yanacocha

Hierro total

En la Figura 7-317 se observa que en la quebrada Lipiac las concentraciones de hierro en octubre de 2017 y marzo de 2018 fueron de 0,0741 y 0,6332 mg/L, respectivamente; por tanto, la mayor concentración se presentó en la evaluación realizada en marzo de 2018.

Asimismo, en la quebrada Yanacocha las concentraciones de hierro en las 2 evaluaciones fueron de 0,1923 y 0,8876 mg/L respectivamente. EL aumento de la concentraciones de hierro en las quebradas mencionadas puede deberse a la escorrentía superficial producto de las precipitaciones pluviales.



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

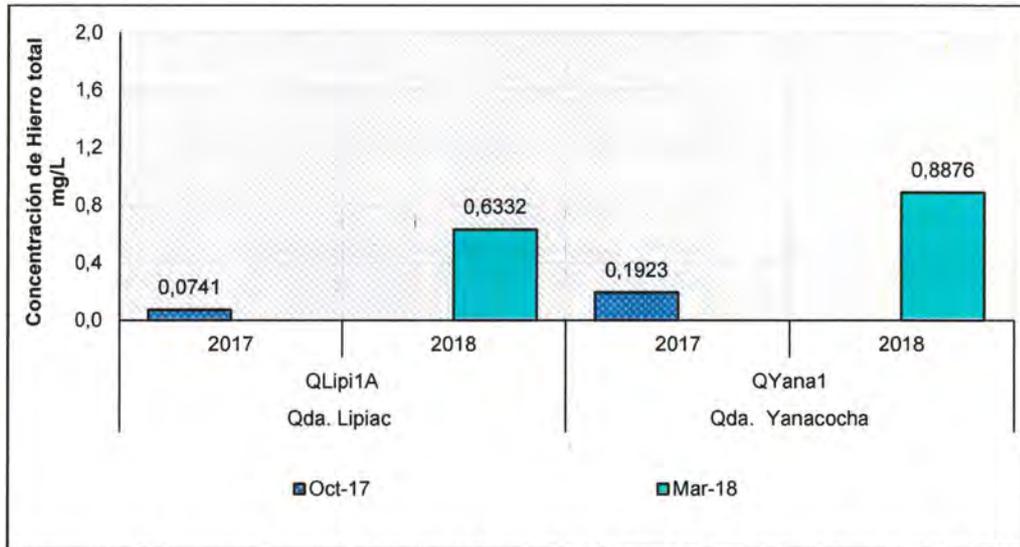


Figura 7-317. Concentración de hierro total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en las quebradas de la Microcuenca de la Qda. Yanacocha

b.3. Microcuenca de la quebrada Kerosene

En esta microcuenca se ubican los puntos de muestreo Lkero-01, Qkero1, Qchup-01, Qcham1 y Qcham2, ubicados en las quebrada Kerosene, Chupicario y Chamcas, respectivamente. Los puntos mencionados fueron evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018 por el OEFA.

En los puntos ubicados en las quebradas descritas se realizó el análisis temporal de los parámetros pH y cobre total, parámetros que excedieron al menos en un punto de muestreo los valores del ECA para agua de la categoría con cual fue comparado.

Potencial de hidrógeno

En la Figura 7-318 se presenta los resultados de potencial de hidrógeno registrados en el curso de agua de las quebradas Kerosene, Chupicario y Chamcas. La quebrada Kerosene nace con los aportes de la laguna Kerosene y laguna Cama de los Shingos.

Respecto a la laguna Kerosene, presentó características ácidas al igual que el punto ubicado en su descarga (Lkero-01) hasta el punto ubicado en la quebrada Kerosene (Qkero1); sin embargo, a medida que se desplaza hasta antes de la confluencia con la quebrada Chamcas los valores de pH aumentan ligeramente.

En cuanto a la quebrada Chupicario (QChup-01), tal como se puede observar en el Figura 7-318, presenta condiciones similares en las 2 evaluaciones realizadas por el OEFA. Sin embargo, los valores registrados en octubre de 2017 y marzo de 2018 fueron de 6,38 de 7,53 unidades de pH, respectivamente; cambiando las características del sistema de ácidas a ligeramente básicas.

Finalmente, la quebrada Chamcas nace con el aporte de la laguna Seca que presentó características ácidas con valores de 5,64 y 5,14 unidades de pH (Figura 7-26); a medida que esta quebrada se desplaza (QCham1) los valores registrados en la evaluación realizada en octubre de 2017 y marzo de 2018 fueron de 6,72 y 7,56 unidades de pH, respectivamente, cambiando sus características ácidas a ligeramente básicas.



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

En el punto QCham2, ubicado después de la confluencia con la quebrada Kerosene, se registró valores de 7,83 y 7,84 unidades de pH, presentando características básicas en las 2 evaluaciones; es decir, los inicios de las quebradas Kerosene y Chamcas presentan condiciones ácidas y después de su recorrido y confluencia de ambas se vuelven básicas (Figura 7-318).



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

Cobre total

En la Figura 7-319 se observa que las concentraciones de cobre total reportadas en octubre de 2017 en en los puntos LKero-01, QKero1 y QChup-01 fueron de 0,0179, 0,1185 y 0,06539 mg/L, respectivamente. Por tanto, la menor concentración de cobre total se presentó al inicio de la quebrada Kerosene (LKero-01) y aumentó a medida que se desplaza (QKero1); sin embargo, vuelve a descender en la quebrada Chupicario (QChup-01).

Estas condiciones se repiten en la evaluación realizada en marzo de 2018 donde se reportó concentraciones de cobre total de 0,02505, 0,11904 y 0,10642 mg/L, respectivamente. Cabe resaltar que los puntos Qkero1 y QChup-01 presentaron la mayor concentración de cobre total en las 2 evaluaciones.

Por otro lado, las concentraciones de cobre total en las 2 evaluaciones en la quebrada Chamcas (QCham1) fueron de 0,0034 y 0,0043 mg/L, respectivamente; sin embargo, estas concentraciones aumentan después de la confluencia con la quebrada Kerosene donde se reportó la mayor concentración de cobre total en las 2 evaluaciones. Es decir, la quebrada Kerosene influye en la concentración de cobre total de la quebrada Chamcas (QCham2).



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



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

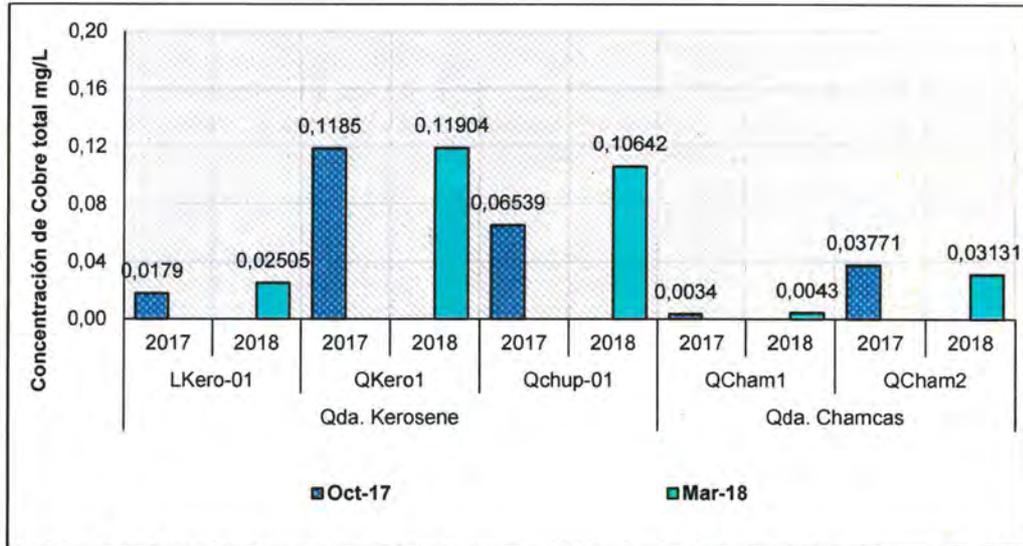


Figura 7-319. Concentración de cobre total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en las quebradas de la Microcuenca de la Qda. Kerosene

C. Lagunas

c.1. Microcuenca de la quebrada Milpo

En esta microcuenca se evaluaron 13 puntos de muestreo ubicados en las lagunas La Rinconada, Dos Colores, Milpo y Muyoc en octubre de 2017 y marzo de 2018, donde se realizó la comparación de los parámetros pH y cobre total. Asimismo, la comparación del parámetro fósforo total en 4 puntos ubicados en la orilla de la laguna Muyoc.

Potencial de hidrógeno

En la Figura 7-320 se presenta los resultados de pH registrados en octubre de 2017 y marzo de 2018 en los puntos ubicados en las lagunas La Rinconada, Dos Colores, Milpo y Muyoc. En la laguna La Rinconada el valor mínimo y máximo reportado en octubre de 2017 fue de 4,13 y 5,90 unidades de pH, respectivamente. Por tanto, la laguna La Rinconada presentó características ácidas en las 2 evaluaciones realizadas por el OEFA.

Las lagunas Dos Colores y Milpo presentaron características ácidas en las 2 evaluaciones; sin embargo, el valor de 6,52 unidades de pH registrado en el punto LMilp4 (laguna Milpo) sería un valor atípico porque no guarda relación con el resto de valores registrados en las 2 evaluaciones realizadas.

La laguna Muyoc a diferencia de las lagunas mencionadas anteriormente, se caracterizó por presentar valores básicos en los 4 puntos ubicados en la orilla de la laguna en la evaluación realizada en octubre de 2017, el valor mínimo y máximo fue de 6,95 y 8,94 unidades de pH, respectivamente.

Las condiciones básicas de la laguna Muyoc puede estar relacionada a la geología local ya que se ubica en la formación del grupo Pulluicana (Km-p) donde predominan las calizas con presencia de margas y lulitas, según el informe técnico sustentatorio de la cuarta modificatoria del proyecto El Galeno.

Handwritten blue ink notes and a circular stamp from the OEFA. The stamp contains the text: 'ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA'. There are several checkmarks and scribbles next to the stamp.



Cobre total

En la laguna La Rinconada, la concentración mínima (0,05338 mg/L) y máxima (0,0643 mg/L) de cobre fue registrada en la evaluación de marzo de 2018 y octubre de 2017, respectivamente. Asimismo, la mayor concentración de cobre total en los 3 puntos evaluados en la laguna La Rinconada se presentó en la evaluación de octubre y con una tendencia descendente en la evaluación realizada en marzo (Figura 7-321).

En la laguna Dos Colores, la mayor concentración de cobre total se reportó en el punto LDCol1 (0,1213 y 0,12335 mg/L) y la menor concentración en el punto LDCol3 (0,0856 y 0,0815 mg/L) en octubre de 2017 y marzo de 2018, respectivamente. Este comportamiento puede estar relacionado a las características ácidas de la laguna (4,13 y 5,90); porque la solubilidad, movilidad y biodisponibilidad del cobre se reduce a pH mayores a 7 y por debajo de 6 es fácilmente disponible (Rodríguez 2001)⁵² (Figura 7-321).

En la laguna Milpo, las concentraciones de cobre presentan las condiciones similares en las 2 evaluaciones realizadas. La mayor concentración fue en el punto LMilp3 (0,08333 mg/L) reportado en octubre de 2017 y la menor concentración se presentó en el punto LMilp4 (0,0724 mg/L) reportado en la evaluación realizada en marzo de 2018 (Figura 7-321).

La laguna Muyoc a diferencia de las lagunas mencionadas anteriormente, se caracterizó por presentar concentraciones de cobre total que variaron desde el límite de cuantificación del método de ensayo (<0,00003) hasta un valor de 0,00084 mg/L. Esto puede estar relacionado a las características básicas de la laguna Muyoc donde se registró un valor mínimo y máximo de 6,95 y 8,94 unidades de pH, respectivamente (Figura 7-321).



Handwritten signature and initials in blue ink, including a large 'B' and 'D'.

⁵²

Rodríguez H. (2001). Estudio de la contaminación por metales pesados en la Cuenca de Llobregat. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/94296/02INTRODUCCION.pdf>



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 date '2018' in blue ink

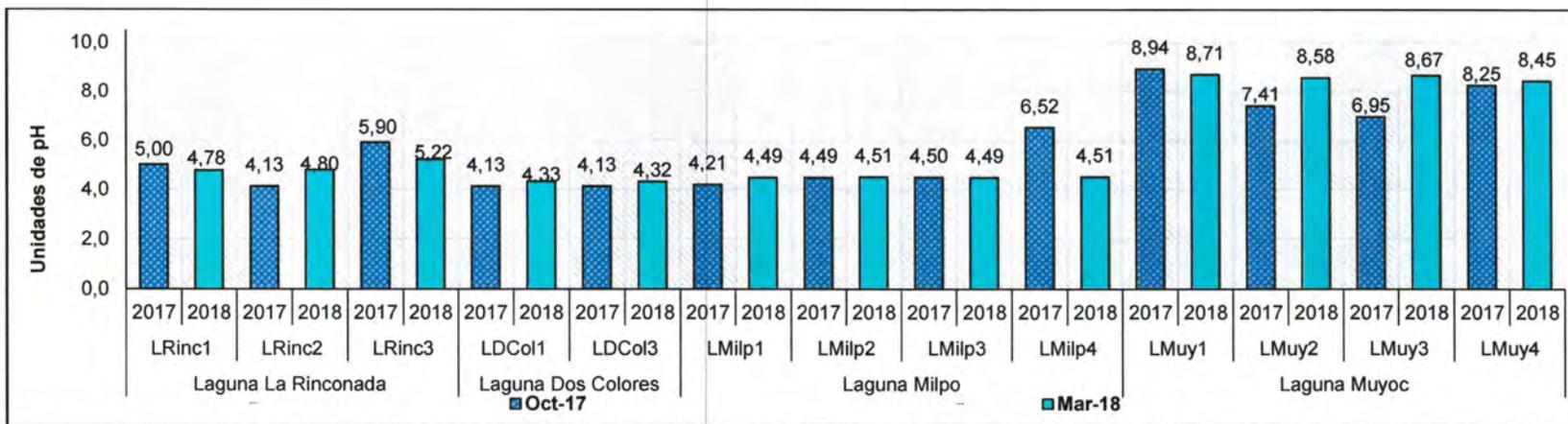


Figura 7-320. Valores de pH registrados en octubre de 2017 y marzo de 2018 en las lagunas de la Microcuenca de la Qda. Milpo

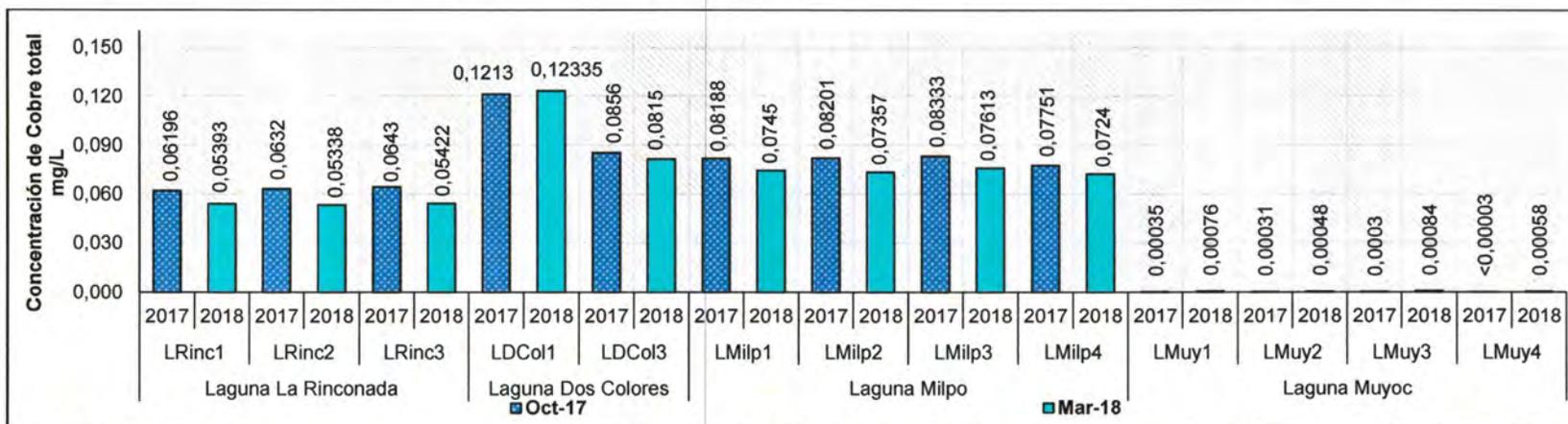


Figura 7-321. Concentración de cobre total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en las lagunas de la Microcuenca de la Qda. Milpo



Fósforo total

En la Figura 7-322 se presenta los resultados de fósforo total de los puntos muestreados en octubre de 2017 y marzo de 2018 en la laguna Muyoc. Como se puede observar en la Figura indicada, la mayor concentración de fósforo total se presentó en la evaluación realizada en octubre de 2017 con concentraciones de 0,063 , 0,104, 0,087 y 0,085 mg/L; a diferencia de las concentraciones de fósforo total reportado en marzo de 2018: 0,043, 0,04, 0,03 y 0,045 mg/L.

La diferencia en la concentración de fósforo total presentada entre las 2 evaluaciones puede estar relacionada a la influencia de las precipitaciones pluviales, dinámica de la laguna Muyoc (movimiento de las masas de agua) y a la carga orgánica de las actividades de pastoreo desarrolladas alrededor de la laguna (Figura 7-322).



Handwritten signature and initials in blue ink.

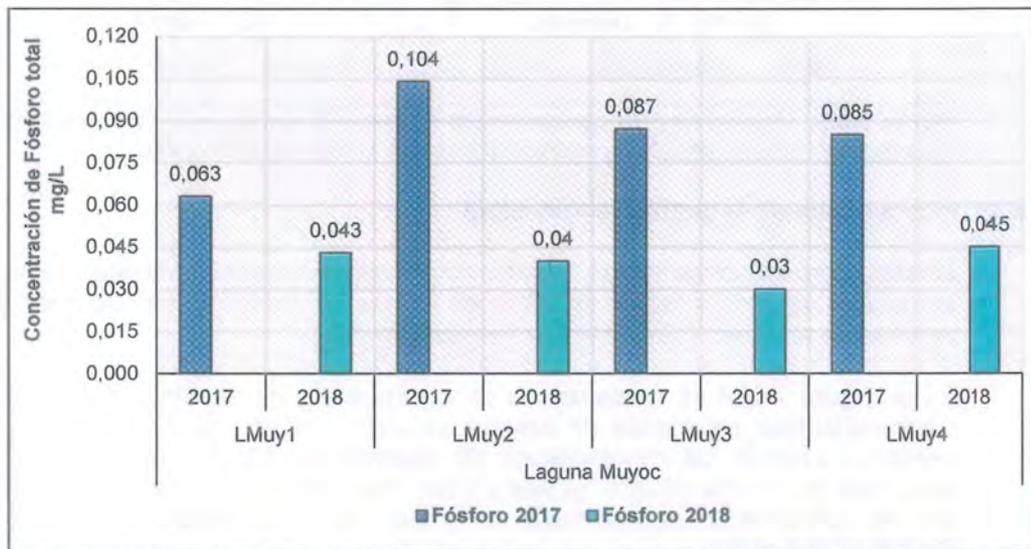


Figura 7-322. Concentración de fósforo total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en la laguna Muyoc

c.2. Microcuenca de la quebrada Yanacochoa

En esta microcuenca se evaluó un punto de muestreo ubicado en la laguna Yanacochoa en octubre de 2017 y marzo de 2018, del cual se realizó la comparación de los parámetros pH, aluminio, cobre, hierro y manganeso total.

En la Figura 7-323.se presenta los valores de pH y las concentraciones de aluminio, cobre, hierro y manganesos totales reportados en octubre de 2017 y marzo de 2018 en el punto LYana1 ubicado en la laguna Yanacochoa.

Como se puede observar en la Figura indicada, los valores de pH en ambas evaluaciones fueron de 5,89 y 4,72 unidades de pH, respectivamente. Los cuales indicarían las condiciones ácidas de la laguna Yanacochoa en las 2 evaluaciones realizadas. Por otro lado, las concentraciones de aluminio, cobre y manganeso fueron mayores en la evaluación realizada en octubre de 2017, sin embargo, para el parámetro hierro total la mayor concentración (1,086 mg/L) se presentó en la evaluación realizada en marzo de 2018.



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

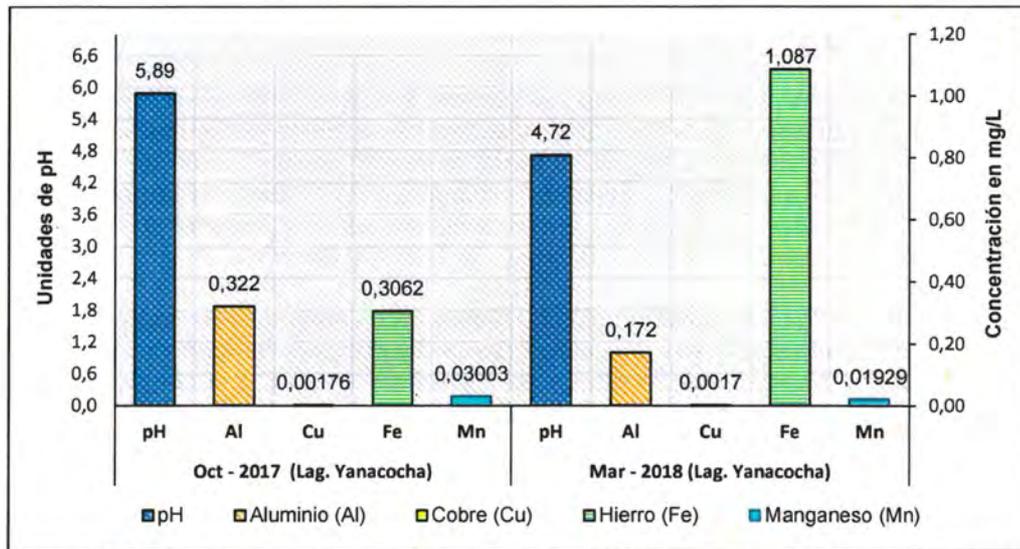


Figura 7-323. Valores de pH y concentración de aluminio, cobre, hierro y manganeso total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en la laguna Yanacocha

c.3. Microcuenca de la quebrada Kerosene

En esta microcuenca se evaluó 2 puntos de muestreo ubicados en la laguna Kerosene en octubre de 2017 y marzo de 2018, en los que se realizó la comparación de los parámetros aluminio, cobre, hierro y manganeso total.

En la Figura 7-324 se presenta las concentraciones de aluminio, cobre, hierro y manganeso total reportados en octubre de 2017 y marzo de 2018 en los puntos LKero2 y LKero3. La concentración de aluminio en los 2 puntos de muestreo evaluados en octubre de 2017 (0,094 y 0,081 mg/L) fueron menores en comparación con las concentraciones reportadas en la evaluación realizada en marzo de 2018 (0,102 y 0,104 mg/L).

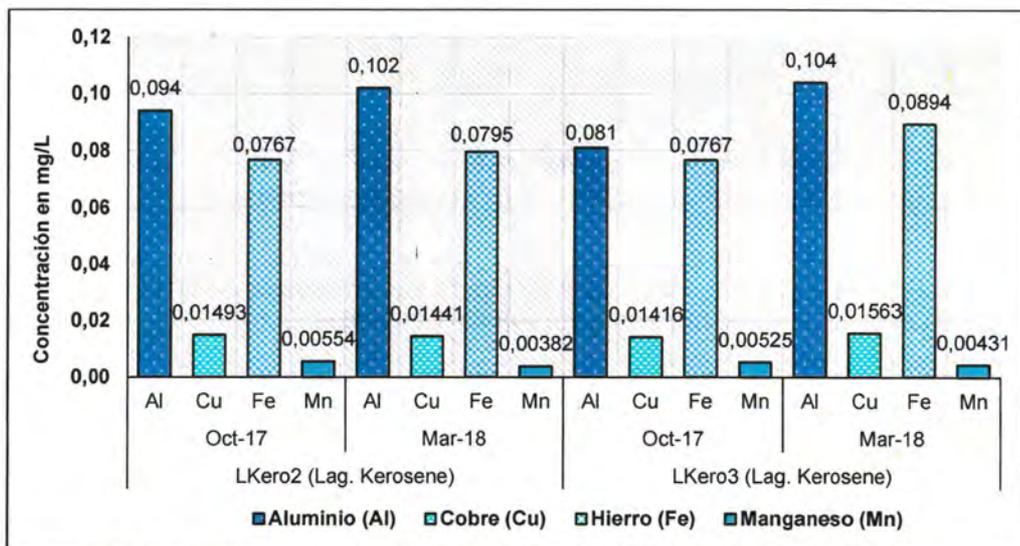


Figura 7-324. Concentración de aluminio, cobre, hierro y manganeso total reportado en octubre de 2017 y marzo de 2018 en la laguna Kerosene



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

Por otro lado, las concentraciones de hierro total se mantuvieron casi contantes en las 2 evaluaciones; a excepción, del punto LKero3 donde se reportó la mayor concentración de 0,0894 mg/L en la evaluación realizada en marzo de 2018.

En cuanto al cobre total, sus concentraciones se mantuvieron constantes en las 2 evaluaciones a excepción del punto LKero3 donde se reportó un ligero incremento de 0,01563 mg/L. en la evaluación realizada en marzo de 2018.

En cambio, la concentración de manganeso total en la evaluación de octubre fue mayor (0,00554 y 0,00525 mg/L) a diferencia de la concentración reportada en marzo de 2018 (0,00382 y 0,00431 mg/L), esas condiciones se presentaron en los 2 puntos de muestreo de la laguna Kerosene (Figura 7-324).



7.5.1.2 Evaluación hidroquímica

En esta sección se presenta los diagramas de Piper y Stiff con sus respectivas tablas descriptivas de los puntos de muestreo comunes evaluados en octubre de 2017 (primera evaluación) y marzo de 2018 (segunda evaluación) por el OEFA. Estos puntos de muestreo fueron agrupados en: afloramientos, quebradas y lagunas.

A. Afloramientos

Los afloramientos evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018 fueron 5: FNat7 y FNat8, ubicados en el caserío Santa Rosa de Milpo y FNatu4, FNatu5 y FNatu6 que se encuentra cercanos a la laguna Muyoc.

En la Tabla 7-77 se indica la facie hidroquímica de cada uno (1) de los 5 afloramientos en donde solamente se registró cambio de Facie en FNat7. Asimismo, estos afloramientos se ubican en el diagrama de Piper mostrado en la Figura 7-320, en donde se visualiza que no hay variación en sus respectivas Facie con respecto a los iones respectivos. El nombre hidroquímico respectivo se verifica en el Anexo E.2.2.

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

N.º	Punto de muestreo	Facie hidroquímica		Cambio de Facie
		Octubre de 2017	Marzo de 2018	
1	FNatu4	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	No
2	FNatu5	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	No
3	FNatu6	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	No
4	FNat7	Sulfatada Aluminica	Sulfatada Aluminica-Cálcica	Si
5	FNat8	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	No



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



Vertical handwritten signature in blue ink.

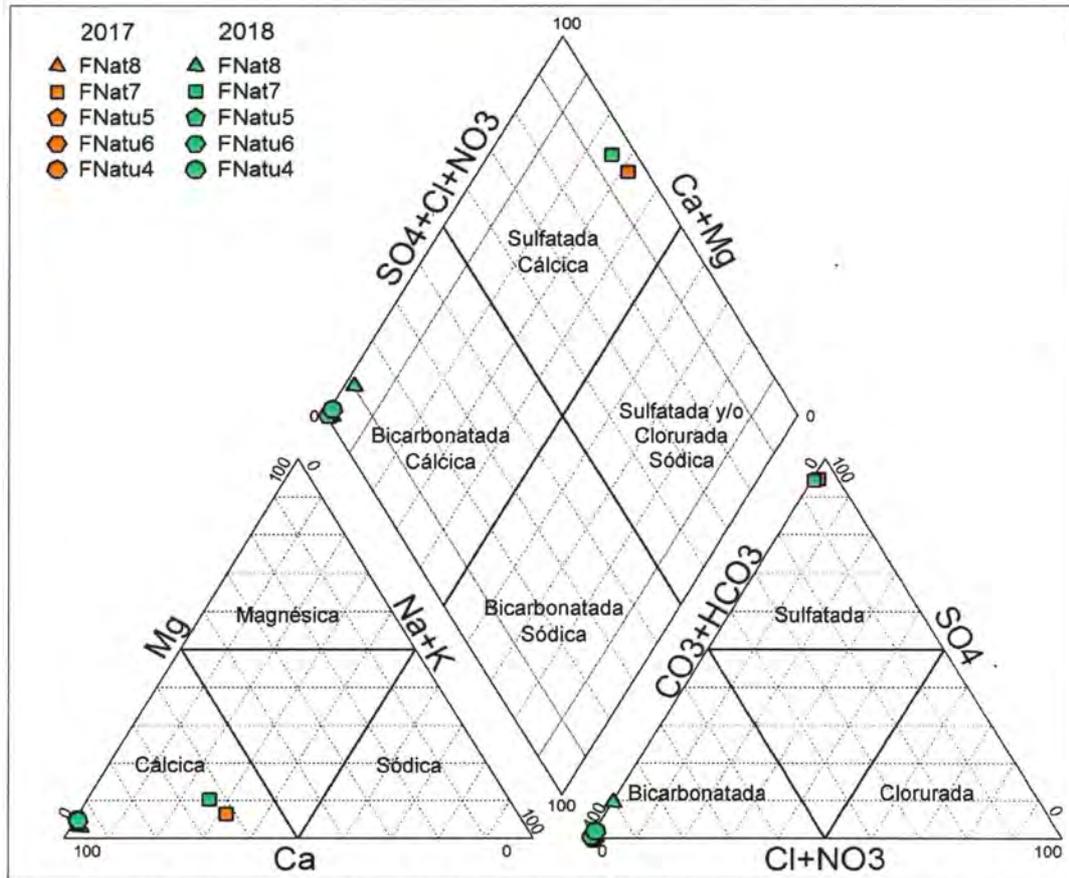


Figura 7-325. Diagrama de Piper de los afloramientos comunes evaluados en la primera evaluación (octubre de 2017) y segunda evaluación (marzo de 2018)

De otro lado, las concentraciones de los iones predominantes y sus diferencias temporales se registraron en la Tabla 7-78, en donde las concentraciones de los bicarbonatos (HCO_3^-) y calcio (Ca^{2+}) disminuyeron de octubre de 2017 (inicio de lluvias) a marzo de 2018 (máxima precipitación) en los afloramientos cercanos a la laguna Muyoc (FNatu4, FNatu5 y FNatu6). Mientras que, el afloramiento FNat7, registró una disminución de los sulfatos (SO_4^{2-}) y aumento de calcio y aluminio (Al^{3+}), y el FNat8 tuvo una disminución de los bicarbonatos y calcio.

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

N.º	Punto de muestreo	Concentración de los iones predominantes (meq/L)		Diferencia temporal (meq/L)
		Octubre de 2017	Marzo de 2018	
1	FNatu4	HCO_3^- : 4,7757 Ca^{2+} : 4,1228	HCO_3^- : 5,2526 Ca^{2+} : 4,8872	HCO_3^- : 0,4769 Ca^{2+} : 0,7644
2	FNatu5	HCO_3^- : 4,0579 Ca^{2+} : 3,4860	HCO_3^- : 4,5020 Ca^{2+} : 4,0724	HCO_3^- : 0,4441 Ca^{2+} : 0,5864
3	FNatu6	HCO_3^- : 4,3004 Ca^{2+} : 3,6896	HCO_3^- : 5,0609 Ca^{2+} : 4,7879	HCO_3^- : 0,7605 Ca^{2+} : 1,0983
4	FNat7	SO_4^{2-} : 0,4622 Ca^{2+} : 0,0873 Al^{3+} : 0,12931	SO_4^{2-} : 0,3579 Ca^{2+} : 0,1173 Al^{3+} : 0,14966	SO_4^{2-} : - 0,1043 Ca^{2+} : 0,0300 Al^{3+} : 0,02035
5	FNat8	HCO_3^- : 2,2141 Ca^{2+} : 2,1692	HCO_3^- : 1,8503 Ca^{2+} : 1,8797	HCO_3^- : - 0,3638 Ca^{2+} : - 0,2895

Valores negativos de color rojo.



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

cuantificación (Anexo E.2.2), por lo que no se constató el cambio hidroquímico con respecto al 2018.



Vertical handwritten signature and date: 2018

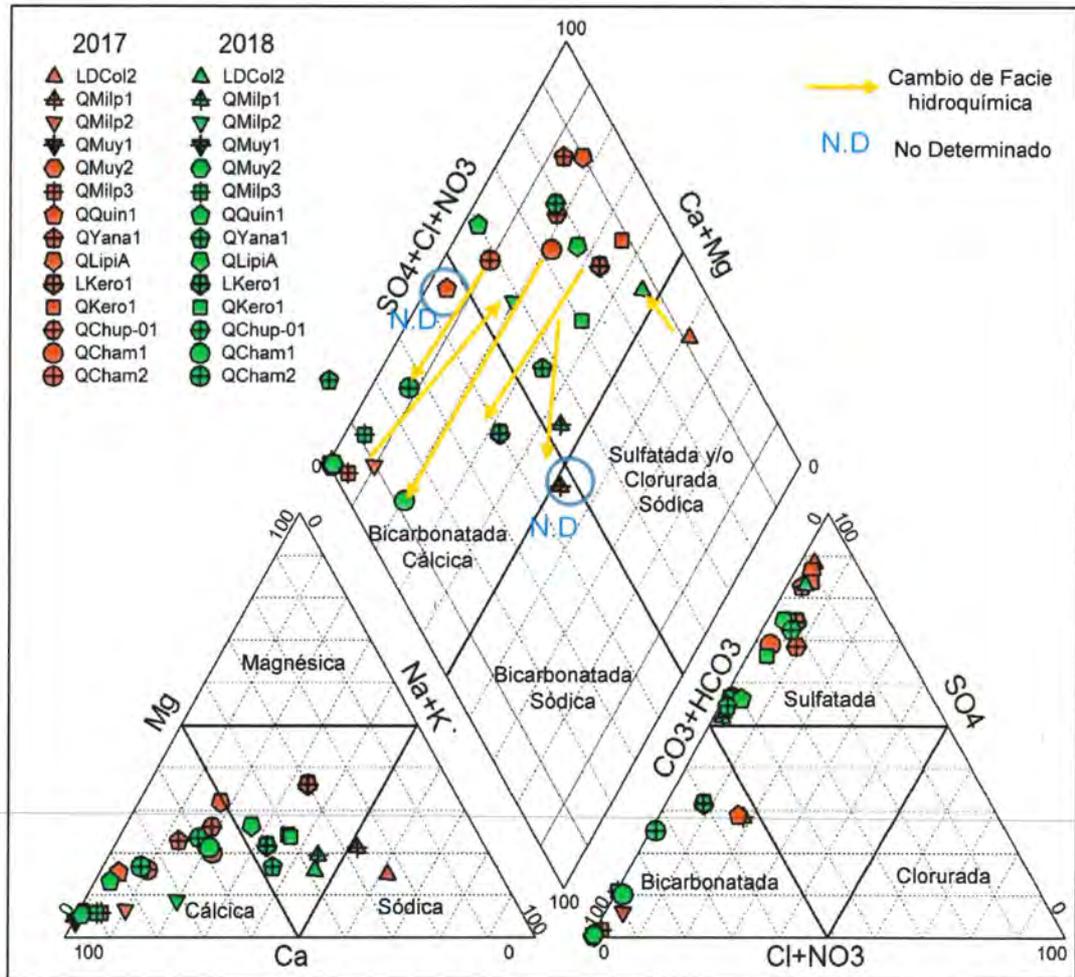


Figura 7-327. Diagrama de Piper de las quebradas comunes evaluados en la primera evaluación (octubre de 2017) y segunda evaluación (marzo de 2018)

Lo indicado en el diagrama de Piper se registra en la Tabla 7-79, en donde se especifica cada una de las Facie hidroquímica de los 14 puntos de muestreo, las cuales se verifican en la respectiva (Anexo E.2.2).

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

N.º	Punto de muestreo	Facie hidroquímica		Cambio de Facie
		Octubre de 2017	Marzo de 2018	
1	QMilp1	N.D (Concentraciones de HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ y Cl ⁻ < Límite de cuantificación)	Sulfatada-Bicarbonatada Cálctica-Alumínica	N.D
2	QMilp2	Bicarbonatada Cálctica	Sulfatada-Bicarbonatada Cálctica	Sí
3	QMilp3	Bicarbonatada Cálctica	Bicarbonatada Cálctica	No
4	QMuy1	Bicarbonatada Cálctica	Bicarbonatada Cálctica	No
5	QMuy2	Bicarbonatada Cálctica	Bicarbonatada Cálctica	No
6	QCham1	Sulfatada Cálctica	Bicarbonatada Cálctica	Sí
7	QCham2	Sulfatada-Bicarbonatada Cálctica	Bicarbonatada Cálctica	Sí
8	LDCol2	Sulfatada Alumínica-Sódica	Sulfatada Alumínica-Cálctica	Sí



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

N.º	Punto de muestreo	Facies hidroquímica		Cambio de Facie
		Octubre de 2017	Marzo de 2018	
9	QQuin1	N.D (Concentraciones de HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ y Cl ⁻ < Límite de cuantificación)	Sulfatada-Bicarbonatada Cálctica	N.D
10	QYana1	Sulfatada Cálctica	Sulfatada-Bicarbonatada Cálctica	Si
11	QLipi1A	Sulfatada Aluminica-Cálctica	Sulfatada Aluminica Cálctica	No
12	LKero1	Sulfatada Aluminica-Magnésica	Bicarbonatada Cálctica-Aluminica	Si
13	QKero1	Sulfatada Aluminica-Cálctica	Sulfatada Cálctica-Aluminica	Si
14	QChup-01	Sulfatada Cálctica	Sulfatada Cálctica	No

N.D: No determinada.

De otro lado, las concentraciones de los iones predominantes y sus diferencias temporales se registran en la Tabla 7-79, en donde las concentraciones de los bicarbonatos (HCO₃⁻) y calcio (Ca²⁺) aumentaron de octubre de 2017 (inicio de lluvias) a marzo de 2018 (máxima precipitación) en la mayoría de las quebradas, a excepción de la disminución en QMilp2 (HCO₃⁻ y Ca²⁺) y QYana1 (Ca²⁺). Mientras que, la concentración de aluminio (Al³⁺) en LDCol2, QLipi1A y QKero1 disminuyeron, y en LKero1 aumentó. Finalmente, las concentraciones de sulfatos (SO₄²⁻), excepto en QMilp2, disminuyeron y sodio (Na⁺) en LDCol2 disminuyó.

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

N.º	Punto de muestreo	Concentración de los iones predominantes (meq/L)		Diferencia temporal (meq/L)
		Octubre de 2017	Marzo de 2018	
1	QMilp1	N.D (Concentraciones de HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ y Cl ⁻ < Límite de cuantificación)	HCO ₃ ⁻ : 0,0787 y SO ₄ ²⁻ : 0,0876 Ca ²⁺ : 0,0235 y Al ³⁺ : 0,01879	No evaluado
2	QMilp2	HCO ₃ ⁻ : 0,1590 (principal) SO ₄ ²⁻ : <0,0059 Ca ²⁺ : 0,2186	HCO ₃ ⁻ : 0,0705 SO ₄ ²⁻ : 0,0954 Ca ²⁺ : 0,1068	HCO ₃ ⁻ : - 0,0885 SO ₄ ²⁻ : 0,0364 Ca ²⁺ : - 0,1118
3	QMilp3	HCO ₃ ⁻ : 0,5425 Ca ²⁺ : 0,5195	HCO ₃ ⁻ : 0,6998 Ca ²⁺ : 0,6287	HCO ₃ ⁻ : 0,1273 Ca ²⁺ : 0,1092
4	QMuy1	HCO ₃ ⁻ : 3,8661 Ca ²⁺ : 3,3224	HCO ₃ ⁻ : 4,4397 Ca ²⁺ : 3,8842	HCO ₃ ⁻ : 0,5736 Ca ²⁺ : 0,5618
5	QMuy2	HCO ₃ ⁻ : 2,6894 Ca ²⁺ : 2,4247	HCO ₃ ⁻ : 3,4810 Ca ²⁺ : 3,1188	HCO ₃ ⁻ : 0,7916 Ca ²⁺ : 0,6941
6	QCham1	SO ₄ ²⁻ : 0,1270 (principal) HCO ₃ ⁻ : 0,0508 Ca ²⁺ : 0,0449	SO ₄ ²⁻ : 0,0120 HCO ₃ ⁻ : 0,1049 (principal) Ca ²⁺ : 0,0629	SO ₄ ²⁻ : - 0,1150 HCO ₃ ⁻ : 0,0541 Ca ²⁺ : 0,0180
7	QCham2	SO ₄ ²⁻ : 0,2540 HCO ₃ ⁻ : 0,1885 Ca ²⁺ : 0,2246	SO ₄ ²⁻ : 0,0944 HCO ₃ ⁻ : 0,2786 (principal) Ca ²⁺ : 0,2740	SO ₄ ²⁻ : - 0,1596 HCO ₃ ⁻ : 0,0901 (principal) Ca ²⁺ : 0,0494
8	LDCol2	SO ₄ ²⁻ : 0,1978 Al ³⁺ : 0,04103 (principal) Na ⁺ : 0,0299 (principal) Ca ²⁺ : 0,0170	SO ₄ ²⁻ : 0,1245 Al ³⁺ : 0,03302 (principal) Na ⁺ : 0,0174 Ca ²⁺ : 0,0220 (principal)	SO ₄ ²⁻ : - 0,0733 Al ³⁺ : - 0,00801 Na ⁺ : - 0,0125 Ca ²⁺ : 0,0050
9	QQuin1	N.D (Concentraciones de HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ y Cl ⁻ < Límite de cuantificación)	HCO ₃ ⁻ : 0,0344 SO ₄ ²⁻ : 0,0246 Ca ²⁺ : 0,0329	No evaluado
10	QYana1	SO ₄ ²⁻ : 0,1728 (principal) HCO ₃ ⁻ : 0,0295 Ca ²⁺ : 0,0818	SO ₄ ²⁻ : 0,0633 HCO ₃ ⁻ : 0,0508 Ca ²⁺ : 0,0514	SO ₄ ²⁻ : - 0,1095 HCO ₃ ⁻ : 0,0213 Ca ²⁺ : - 0,0304
11	QLipi1A	SO ₄ ²⁻ : 0,1666 Al ³⁺ : 0,03714 Ca ²⁺ : 0,0354	SO ₄ ²⁻ : 0,0673 Al ³⁺ : 0,02402 Ca ²⁺ : 0,0230	SO ₄ ²⁻ : - 0,0993 Al ³⁺ : 0,01312 Ca ²⁺ : - 0,0124
12	LKero1	SO ₄ ²⁻ : 0,0750 (principal) HCO ₃ ⁻ : <0,0197 Al ³⁺ : 0,00734 (principal) Mg ²⁺ : 0,0060 (principal) Ca ²⁺ : <0,0050	SO ₄ ²⁻ : 0,0172 HCO ₃ ⁻ : 0,0328 (principal) Al ³⁺ : 0,01534 (principal) Mg ²⁺ : 0,0072 Ca ²⁺ : 0,0155 (principal)	SO ₄ ²⁻ : - 0,0578 HCO ₃ ⁻ : 0,0131 Al ³⁺ : 0,00080 Mg ²⁺ : 0,0012 Ca ²⁺ : 0,0105



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

N.º	Punto de muestreo	Concentración de los iones predominantes (meq/L)		Diferencia temporal (meq/L)
		Octubre de 2017	Marzo de 2018	
13	QKero1	SO ₄ ²⁻ : 0,1416	SO ₄ ²⁻ : 0,0550	SO ₄ ²⁻ : - 0,0866
		Al ³⁺ : 0,03269	Al ³⁺ : 0,02557	Al ³⁺ : 0,00712
		Ca ²⁺ : 0,0259	Ca ²⁺ : 0,0269	Ca ²⁺ : 0,0010
14	QChup-01	SO ₄ ²⁻ : 0,0750	SO ₄ ²⁻ : 0,0720	SO ₄ ²⁻ : - 0,0300
		Ca ²⁺ : 0,0729	Ca ²⁺ : 0,0768	Ca ²⁺ : 0,0039

Valores negativos de color rojo.

Los resultados anteriores pueden ser visualizados en el diagrama de Stiff, ver Figura 7-328, en donde en cada respectiva evaluación (2017 y 2018) se mantienen la misma tendencia con respecto a la diferencia de sus resultados.



Handwritten signature and date: 10/10/17

Handwritten signature and date: 10/10/17

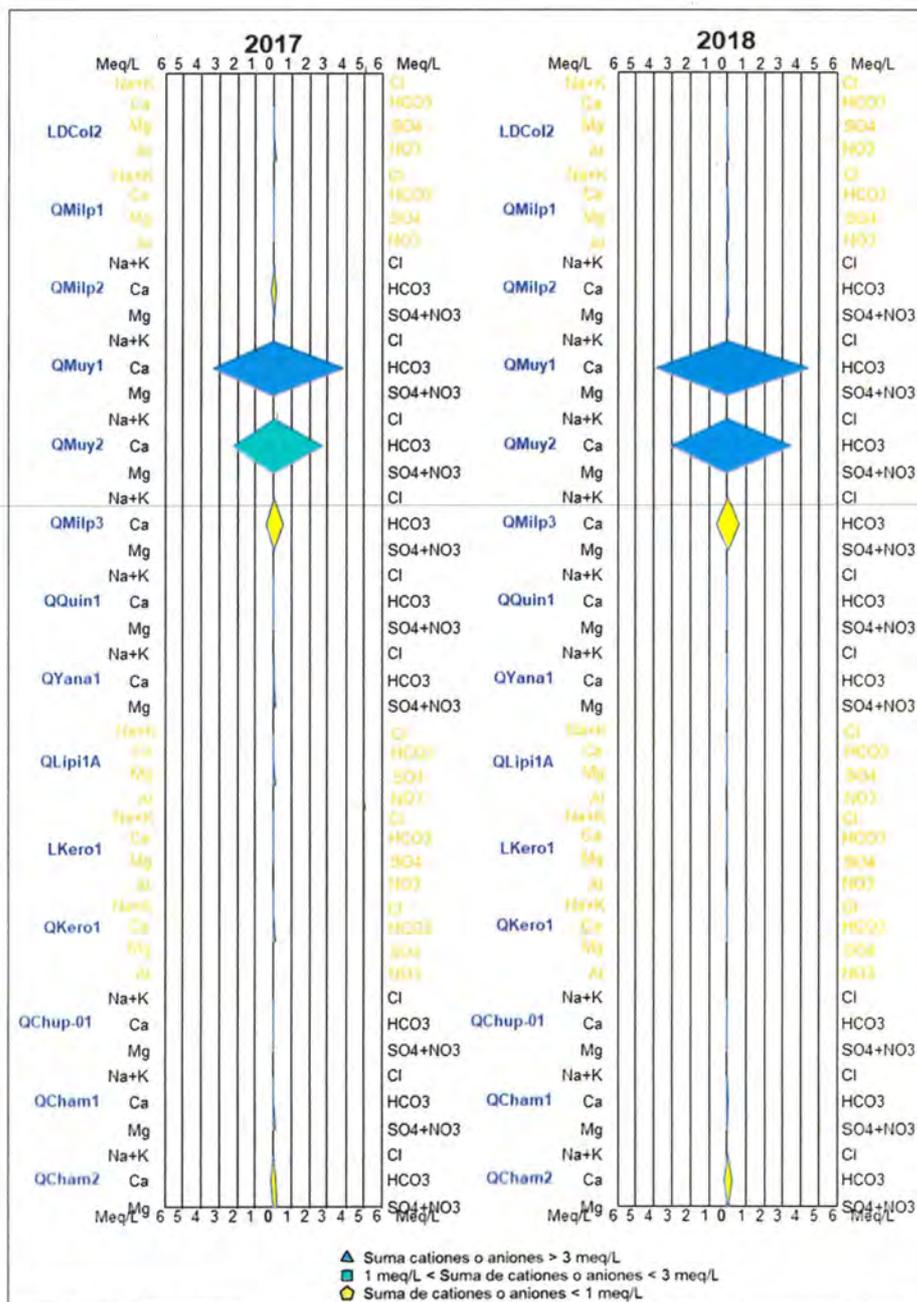


Figura 7-328. Diagrama de Stiff de las quebradas comunes evaluados en la primera evaluación (octubre de 2017) y segunda evaluación (marzo de 2018)



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

C. Lagunas

Los puntos de muestreo de las lagunas evaluadas en octubre de 2017 y marzo de 2018 fueron 16: La Rinconada (3 en LRinc1 a LRinc3), Dos Colores (LDCol1 y LDCol3), Milpo (LMilp1 a LMilp4), Muyoc (LMuy1 a LMuy4), Kerosene (LKero2 y LKero3) y Yanacocha (LYana1).

En el diagrama de Piper, ver Figura 7-329, se ubican los puntos de muestreo de las lagunas en donde se visualizaron 7 puntos de muestreo: Kerosene (LKero2 y LKero3), La Rinconada (LRinc3), Dos Colores (LDCol1 y LDCol3) y la laguna Milpo (LMilp3 y LMilp4) se registraron cambios en el facie hidroquímica.



Handwritten signature and initials in blue ink.

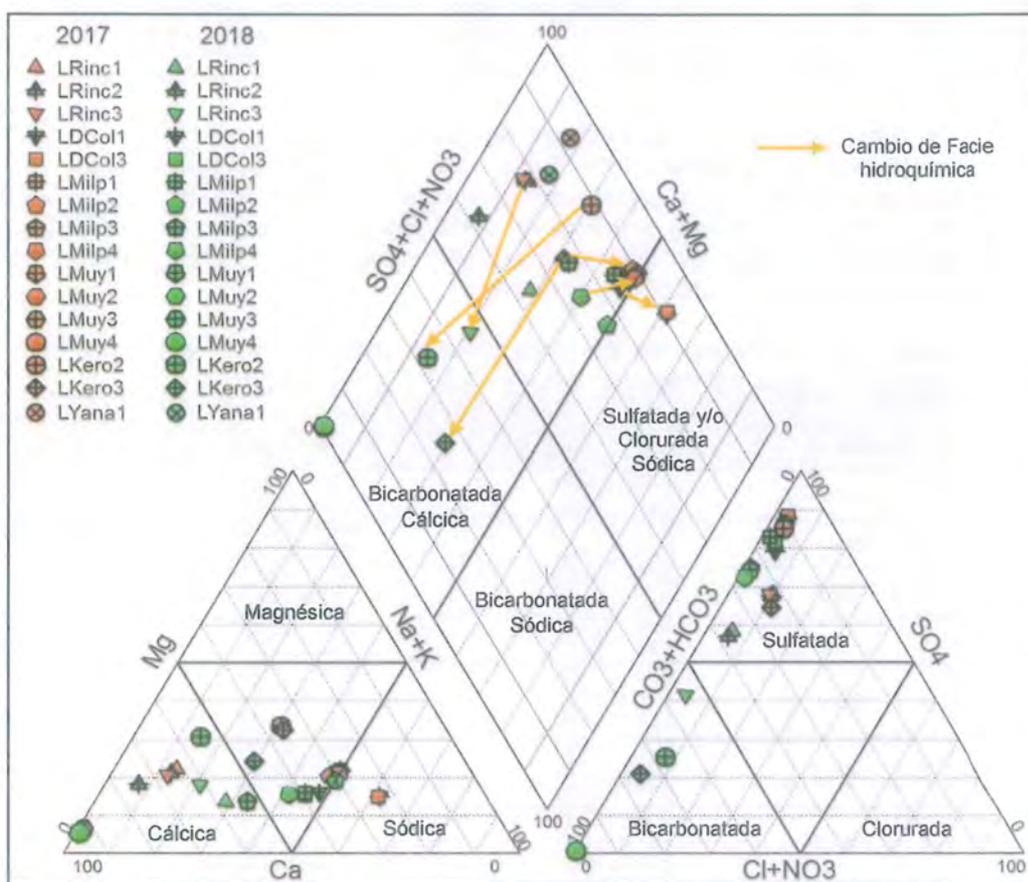


Figura 7-329. Diagrama de Piper de las lagunas comunes evaluados en la primera evaluación (octubre de 2017) y segunda evaluación (marzo de 2018)

En la Tabla 7-81 se indica la facie hidroquímica de cada uno de los puntos de muestreo de las lagunas en donde la laguna Muyoc, Laguna Milpo en LMilp2 y laguna Kerosene en LKero2 no registraron cambios en su Facie hidroquímica, las cuales se verifican en la respectiva (Anexo E.2.2).

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

N.º	Punto de muestreo	Facies hidroquímica		Cambio de Facie
		Octubre de 2017	Marzo de 2018	
1	LMuy1	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	No
2	LMuy2	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	No



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

N.º	Punto de muestreo	Facies hidroquímica		Cambio de Facie
		Octubre de 2017	Marzo de 2018	
3	LMuy3	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	No
4	LMuy4	Bicarbonatada Cálcica	Bicarbonatada Cálcica	No
5	LMilp1	Sulfatada Aluminica-Cálcica	Sulfatada Cálcica-Aluminica	Si
6	LMilp2	Sulfatada Aluminica-Cálcica	Sulfatada Aluminica-Cálcica	No
7	LMilp3	Sulfatada Aluminica-Cálcica	Sulfatada Cálcica	Si
8	LMilp4	Sulfatada Aluminica-Cálcica	Sulfatada Cálcica-Aluminica	Si
9	LRinc1	Sulfatada Aluminica	Sulfatada Cálcica-Aluminica	Si
10	LRinc2	Sulfatada Aluminica	Sulfatada Aluminica-Cálcica	Si
11	LRinc3	Sulfatada Aluminica	Bicarbonatada-Sulfatada Cálcica	Si
12	LDCol1	Sulfatada Aluminica-Sódica	Sulfatada Aluminica-Cálcica	Si
13	LDCol3	Sulfatada Aluminica-Sódica	Sulfatada Aluminica-Cálcica	Si
14	LKero3	Sulfatada Aluminica-Cálcica	Bicarbonatada Cálcica-Aluminica	Si
15	LKero2	Sulfatada Aluminica-Cálcica	Bicarbonatada Aluminica-Cálcica	No
16	LYana1	Sulfatada Aluminica Cálcica	Sulfatada Cálcica	Si

N.D: No determinada.

De otro lado, las concentraciones de los iones predominantes y sus diferencias temporales se registran en la Tabla 7-82, en donde las concentraciones de los bicarbonatos (HCO_3^-) y calcio (Ca^{2+}), excepto en LMilp2, aumentaron de octubre de 2017 (inicio de lluvias) a marzo de 2018 (máxima precipitación) en las lagunas, mientras los sulfatos (SO_4^{2-}), el aluminio (Al^{3+}), excepto en LKero2 y LKero3, y el sodio (Na^+) en LDCol1 y LDCol3 disminuyeron.

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

N.º	Punto de muestreo	Concentración de los iones predominantes (meq/L)		Diferencia temporal (meq/L)
		Octubre de 2017	Marzo de 2018	
1	LMuy1	HCO_3^- : 2,4616 Ca^{2+} : 2,4925	HCO_3^- : 3,4859 Ca^{2+} : 3,0888	HCO_3^- : 1,0243 Ca^{2+} : 0,5693
2	LMuy2	HCO_3^- : 2,5403 Ca^{2+} : 2,1732	HCO_3^- : 3,4302 Ca^{2+} : 3,0709	HCO_3^- : 0,8899 Ca^{2+} : 0,8977
3	LMuy3	HCO_3^- : 2,6075 Ca^{2+} : 2,2216	HCO_3^- : 3,6187 Ca^{2+} : 3,1387	HCO_3^- : 1,0112 Ca^{2+} : 0,9171
4	LMuy4	HCO_3^- : 2,3780 Ca^{2+} : 2,2355	HCO_3^- : 3,4187 Ca^{2+} : 3,1667	HCO_3^- : 1,0407 Ca^{2+} : 0,9312
5	LMilp1	SO_4^{2-} : 0,1499 Al^{3+} : 0,02691 Ca^{2+} : 0,0185	SO_4^{2-} : 0,1051 Al^{3+} : 0,02101 Ca^{2+} : 0,0279	SO_4^{2-} : - 0,0448 Al^{3+} : 0,0059 Ca^{2+} : 0,0094
6	LMilp2	SO_4^{2-} : 0,1562 Al^{3+} : 0,02646 Ca^{2+} : 0,0210	SO_4^{2-} : 0,1040 Al^{3+} : 0,02024 Ca^{2+} : 0,0195	SO_4^{2-} : - 0,0522 Al^{3+} : 0,00622 Ca^{2+} : - 0,0015
7	LMilp3	SO_4^{2-} : 0,1645 Al^{3+} : 0,02636 Ca^{2+} : 0,0190	SO_4^{2-} : 0,1015 Al^{3+} : 0,01935 Ca^{2+} : 0,0474 (principal)	SO_4^{2-} : - 0,0063 Al^{3+} : 0,00701 Ca^{2+} : 0,0284
8	LMilp4	SO_4^{2-} : 0,1457 Al^{3+} : 0,02702 Ca^{2+} : 0,0195	SO_4^{2-} : 0,1043 Al^{3+} : 0,02124 Ca^{2+} : 0,0304	SO_4^{2-} : - 0,0414 Al^{3+} : 0,00578 Ca^{2+} : 0,0139
9	LRinc1	SO_4^{2-} : 0,0604 Al^{3+} : 0,01890 (principal) Ca^{2+} : 0,0060	SO_4^{2-} : 0,0320 Al^{3+} : 0,01434 Ca^{2+} : 0,0150	SO_4^{2-} : - 0,0284 Al^{3+} : 0,00456 Ca^{2+} : 0,0090
10	LRinc2	SO_4^{2-} : 0,0583 Al^{3+} : 0,01890 (principal) Ca^{2+} : 0,0065	SO_4^{2-} : 0,0296 Al^{3+} : 0,01568 Ca^{2+} : 0,0130	SO_4^{2-} : - 0,0287 Al^{3+} : 0,00322 Ca^{2+} : 0,0065
11	LRinc3	SO_4^{2-} : 0,0583 (principal) HCO_3^- : <0,0197 Al^{3+} : 0,01912 (principal) Ca^{2+} : 0,0070	SO_4^{2-} : 0,0312 HCO_3^- : 0,0410 Al^{3+} : 0,01468 Ca^{2+} : 0,0279 (principal)	SO_4^{2-} : - 0,0271 HCO_3^- : 0,0213 Al^{3+} : 0,00444 Ca^{2+} : 0,0209
12	LDCol1	SO_4^{2-} : 0,1853 Al^{3+} : 0,04203 (principal) Ca^{2+} : 0,0175 Na^+ : 0,0314 (principal)	SO_4^{2-} : 0,0970 Al^{3+} : 0,03258 (principal) Ca^{2+} : 0,0190 (principal) Na^+ : 0,0161	SO_4^{2-} : - 0,0833 Al^{3+} : 0,00945 Ca^{2+} : 0,0015 Na^+ : - 0,0153



«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.

		Ca ²⁺ : 0,0130 Na ⁺ : 0,0236 (principal)	Ca ²⁺ : 0,0195 (principal) Na ⁺ : 0,0139	Ca ²⁺ : 0,0065 Na ⁺ : - 0,0097
14	LKero3	SO ₄ ²⁻ : 0,0521 (principal) HCO ₃ ⁻ : <0,0197 Al ³⁺ : 0,00789 Ca ²⁺ : 0,0060	SO ₄ ²⁻ : 0,0188 HCO ₃ ⁻ : 0,0672 (principal) Al ³⁺ : 0,00923 Ca ²⁺ : 0,0110	SO ₄ ²⁻ : - 0,0333 HCO ₃ ⁻ : 0,475 Al ³⁺ : 0,00134 Ca ²⁺ : 0,0005
15	LKero2	SO ₄ ²⁻ : 0,1478 (principal) HCO ₃ ⁻ : <0,0197 Al ³⁺ : 0,00812 Ca ²⁺ : 0,0060	SO ₄ ²⁻ : 0,0170 HCO ₃ ⁻ : 0,0459 (principal) Al ³⁺ : 0,01034 Ca ²⁺ : 0,0095	SO ₄ ²⁻ : - 0,1308 HCO ₃ ⁻ : 0,0262 Al ³⁺ : 0,00222 Ca ²⁺ : 0,0035
16	LYana1	SO ₄ ²⁻ : 0,2540 Al ³⁺ : 0,03491 Ca ²⁺ : 0,0404	SO ₄ ²⁻ : 0,1051 Al ³⁺ : 0,01457 Ca ²⁺ : 0,0414 (principal)	SO ₄ ²⁻ : - 0,1489 Al ³⁺ : 0,02034 Ca ²⁺ : 0,0010

Valores negativos de color rojo.

Los resultados anteriores pueden ser visualizados en el diagrama de Stiff, ver Figura 7-330, en donde en cada respectiva evaluación (2017 y 2018) la laguna Muyoc registró la mayor concentración de iones calcio y bicarbonato que los demás puntos de laguna, teniendo así dichos resultados la misma tendencia.



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



Vertical handwritten signature in blue ink.

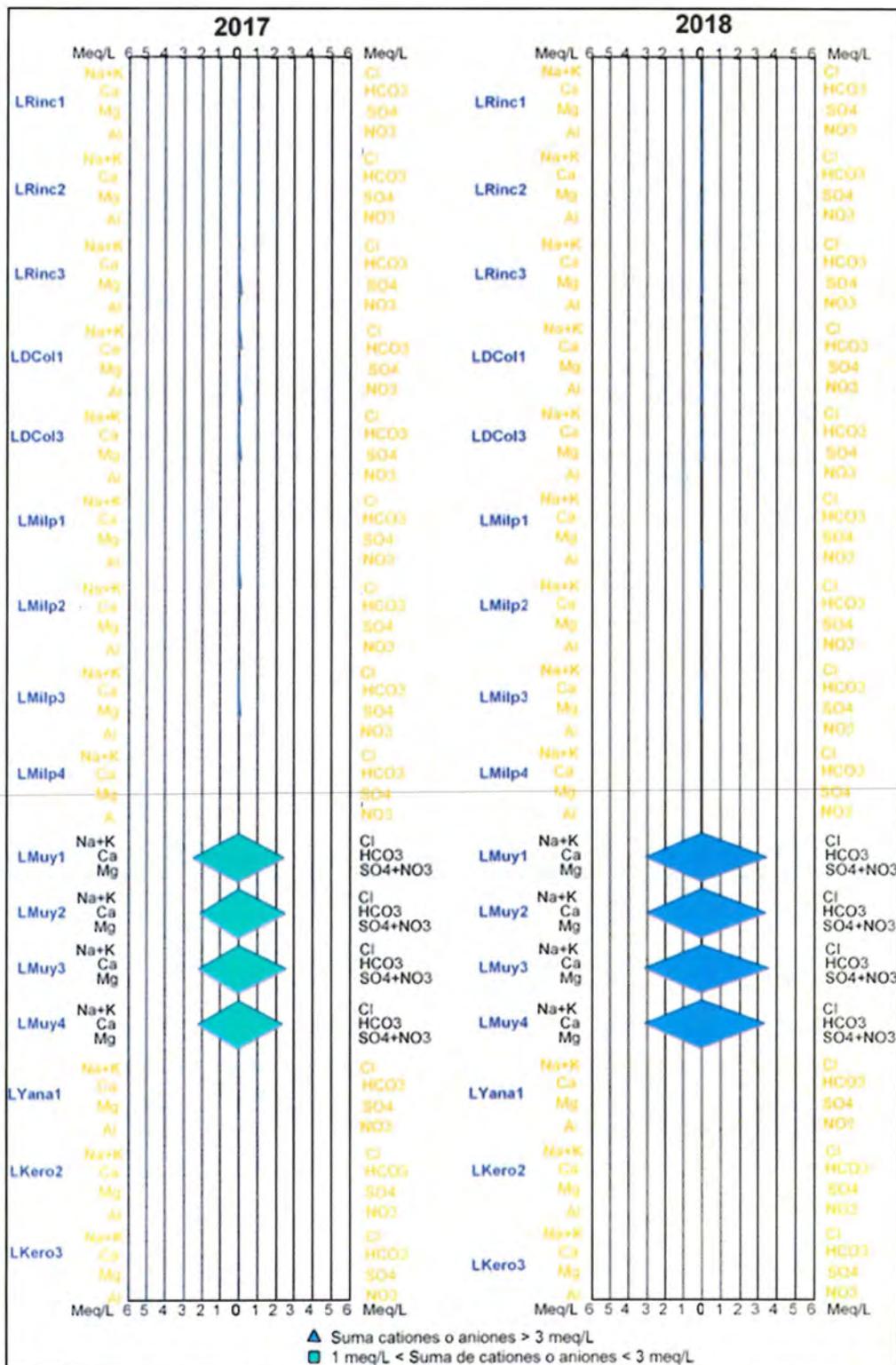


Figura 7-330. Diagrama de Stiff de las lagunas comunes evaluados en la primera evaluación (octubre de 2017) y segunda evaluación (marzo de 2018)



7.5.1.3 Clasificación Geoquímica

En esta sección se presenta los diagramas de Ficklin de los puntos de muestreo comunes evaluados en octubre de 2017 (primera evaluación) y marzo de 2018 (segunda evaluación) por el OEFA. Estos puntos de muestreo fueron agrupados en: afloramientos, quebradas y lagunas.

A. Afloramientos

De acuerdo a la Figura 7-331, el afloramiento FNat7 registró la más alta suma de concentraciones de metales disueltos, que disminuyeron de octubre de 2017 con 0,8199 a marzo de 2018 con 0,6136 mg/L. No obstante, estas diferencias de ambas evaluaciones en FNat7, que están en el cuadrante ácido y levemente metálico, no son significativas y son muchos mayores que los demás afloramientos comunes, las cuales se ubican en cuadrante levemente ácido y cercano a la neutralidad.

Mientras, los afloramientos FNatu5, FNatu6 y FNatu4 también registraron una disminución en la suma de metales de la primera a la segunda evaluación, mientras que FNat8 se registró un ligero incremento de la citada suma (0,0448 a 0,0523 mg/L).

B. Quebradas

De acuerdo a la Figura 7-332, el curso de agua de la laguna Dos Colores (LDCol2) y la quebrada Kerosene (QKero1) registraron las más altas sumas de concentraciones de metales disueltos (mayores a 0,1 mg/L), que disminuyen ligeramente de octubre de 2017 a marzo de 2018. No obstante, estas diferencias de la suma de concentraciones de ambas evaluaciones no son significativas, aun cuando se registró cambio de pH en QKero1 de 5,58 a 4,57 unid. pH (cambio de cuadrante).

Otras de las quebradas con mayores sumas de concentraciones de metales disueltos son la quebrada Milpo, agrupada en círculos amarillos, en QMilp1 y la quebrada Chupicario en QChup-01. Estas sumas de concentraciones no son significativas, aunque se registró cambio de pH de 6,38 a 7,53 unid. pH en la quebrada Chupicario.

Para la quebrada Milpo, en ambas evaluaciones se registró disminución de la citada suma y aumento del pH desde su nacimiento hasta aguas abajo en QMilp2 y QMilp3, luego de la confluencia de la quebrada Muyoc, ver flecha curvada amarilla. Asimismo, para ambas evaluaciones (octubre de 2017 y marzo de 2018) en la quebrada Kerosene, se registró un aumento de la suma de concentraciones desde su nacimiento en LKero1 (salida del agua de la laguna) a QKero1, ver flechas curvadas plomas.

C. Lagunas

De acuerdo a la Figura 7-333, la laguna Dos Colores (LDCol1 y LDCol3) registró la más alta suma de concentraciones de metales disueltos en ambas evaluaciones, siendo LDCol1 mayor a 0,100 mg/L, con valores superiores en la primera evaluación (octubre de 2017). Esta laguna se ubica en el cuadrante ácido y levemente metálico.

Seguidamente, la laguna Milpo registró sumas de concentraciones de metales disueltos con promedio de 0,0993 mg/L en octubre de 2017 mayor que en marzo de 2018 con 0,0753 mg/L, luego la laguna La Rinconada con promedio de 0,0672 mg/L en octubre de 2017, el cual fue mayor que en marzo de 2018 con 0,0557 mg/L.



Handwritten signature in blue ink, appearing to be 'M. J. P.' with a stylized flourish at the end.



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»

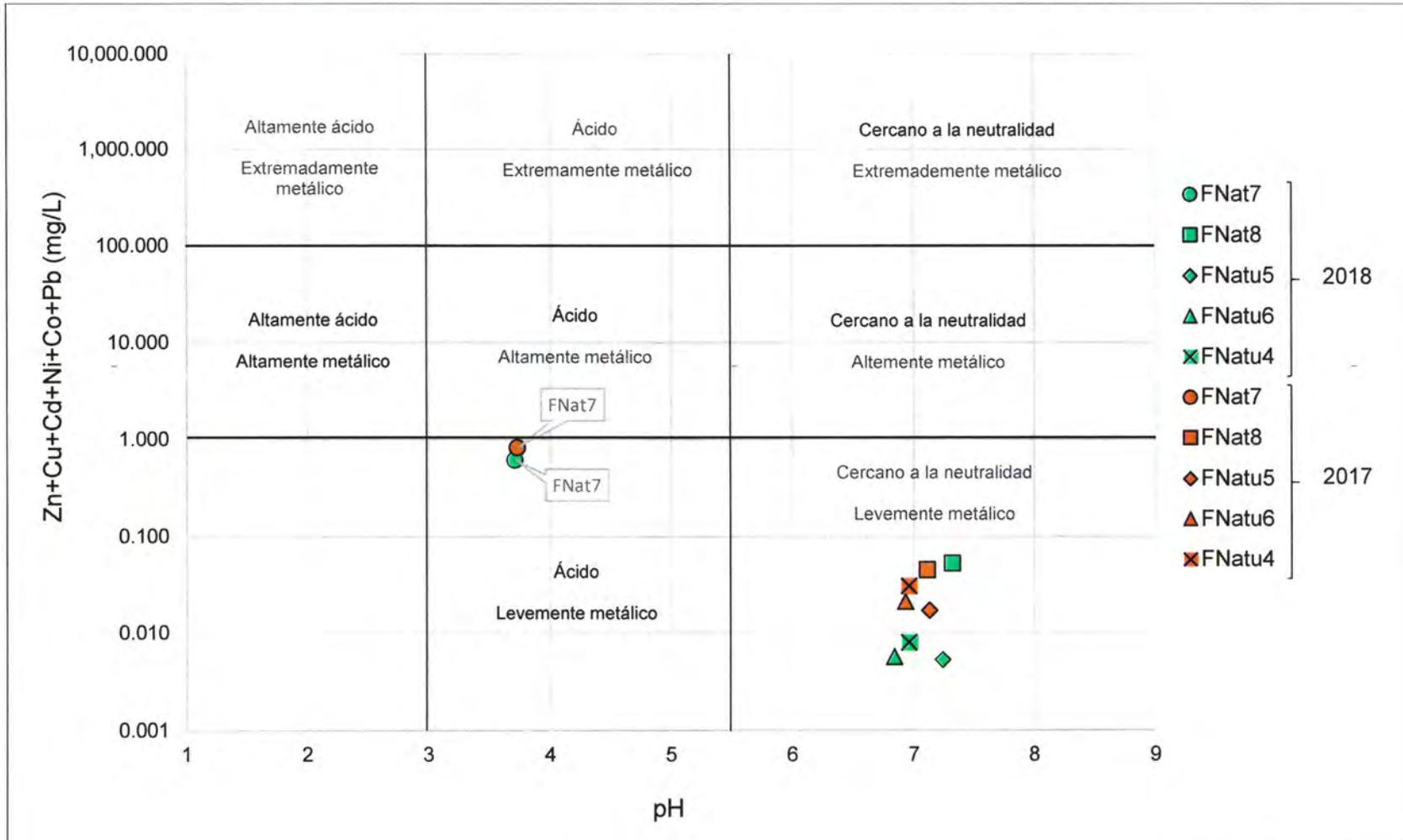


Figura 7-331. Clasificación geoquímica en base al diagrama de Ficklin de los afloramientos evaluados en la primera evaluación (octubre de 2017) y segunda evaluación (marzo de 2018)



Handwritten signature and date: 2018



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

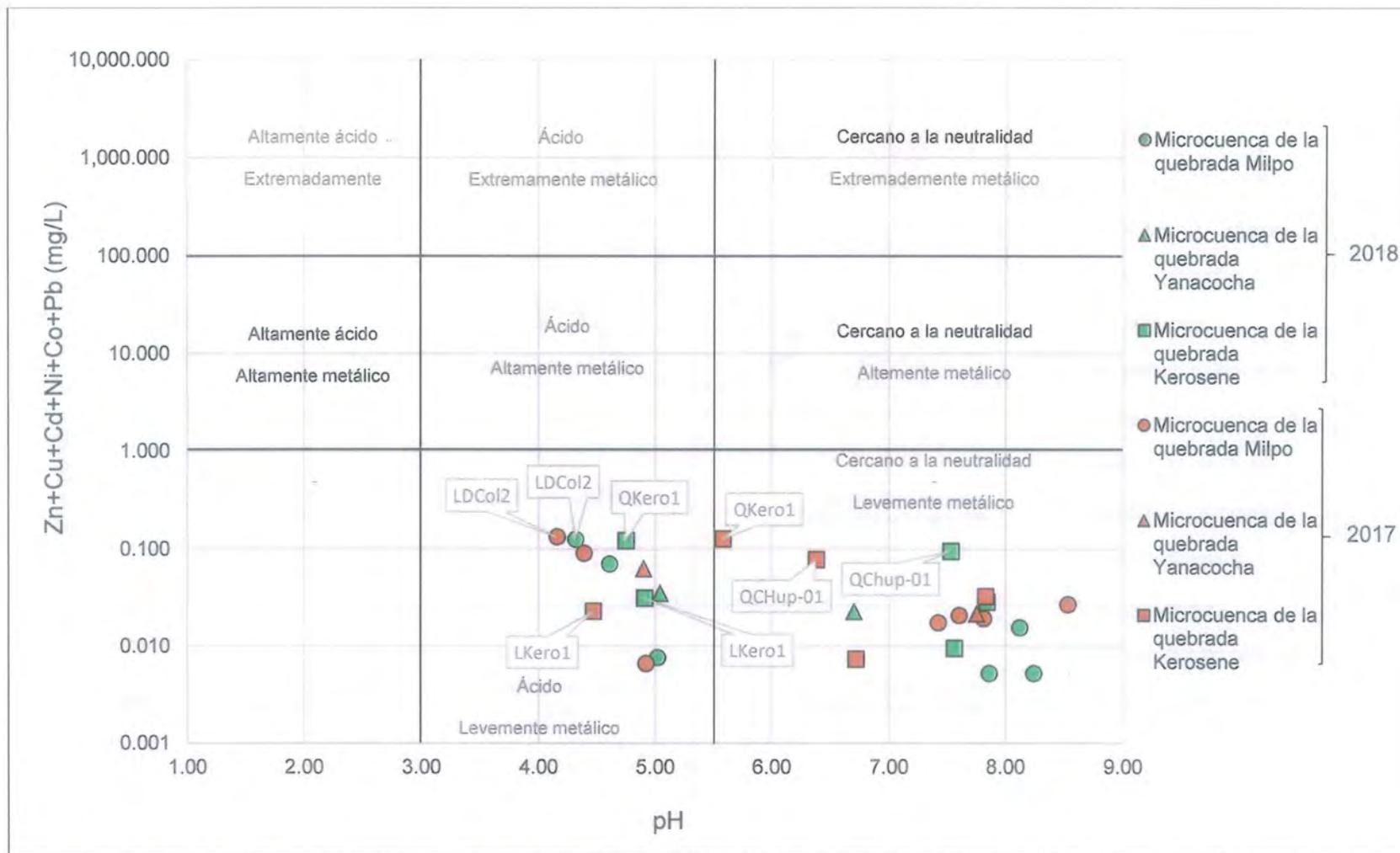
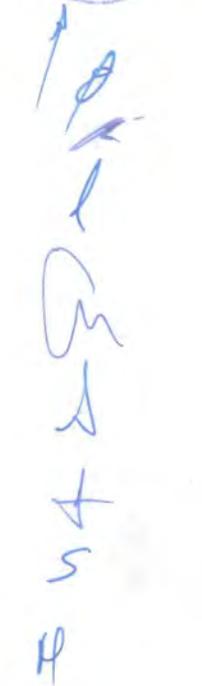


Figura 7-332. Clasificación geoquímica en base al diagrama de Ficklin de las quebradas evaluadas en la primera evaluación (octubre de 2017) y segunda evaluación (marzo de 2018)



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 date: 15/03/18

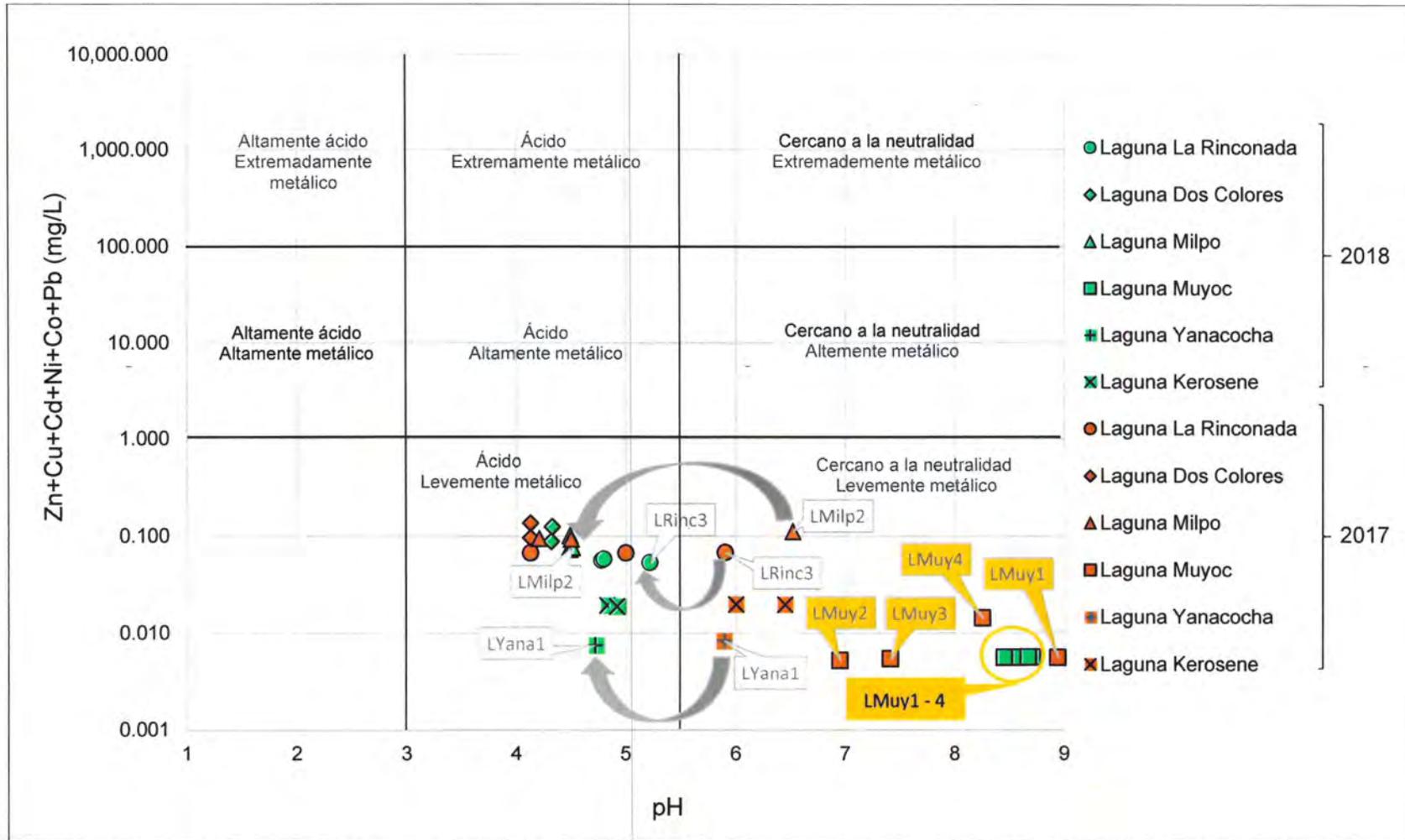


Figura 7-333. Clasificación geoquímica en base al diagrama de Ficklin de las lagunas evaluadas en la primera evaluación (octubre de 2017) y segunda evaluación (marzo de 2018)



Estas 2 lagunas (Milpo y la Rinconada) estuvieron dentro del cuadrante ácido y levementemente metálico, excepto LMilp2 y LRinc3. Posteriormente, la laguna Kerosene que registró disminución del pH (del cuadrante cero a la neutralidad a ácido), pero similar suma de concentraciones de metales pesados de octubre de 2017 a marzo de 2018. Finalmente, las lagunas Yanacocha (LYana1) y Muyoc (LMuy1 a LMuy4) registraron las menores sumas de las concentraciones de metales disueltos de todas las lagunas.

Cabe resaltar que las lagunas La Rinconada en LRinc3, Milpo en LMilp2 y Yanacocha en LYana1 de octubre de 2017 a marzo de 2018 disminuyeron su pH en el rango ácido (cambio de cuadrante de cercano a la neutralidad a ácido) y ligera disminución de la suma de concentración de metales disueltos, ver flechas curvadas plomas.

Mientras que en la laguna Muyoc, resaltados en color amarillo, en 2 puntos de muestreo de la laguna Muyoc (LMuy2 y LMuy3) aumentaron su pH y en LMuy4 disminuyó la suma de concentraciones de los metales disueltos de octubre de 2017 con respecto a marzo de 2018 (puntos de muestreo agrupados en círculo amarillo); no obstante, para LMuy1 no hubo cambio significativo de pH y suma de metales.

7.5.1.4 Análisis Multivariado

Para el presente análisis, se realizaron 2 evaluaciones con los metales totales y disueltos para cada diferente cuerpo de agua (afloramientos, quebradas y lagunas), seleccionando aquellos que estuvieron más asociados y relacionados a los puntos de muestreo visualizados en el análisis multivariado para cada evaluación por separado en octubre de 2017 (Anexo E.2.4) y marzo de 2018 (Sección 7.4.4).

Dentro de los criterios considerados, en primer lugar se seleccionaron parámetros con porcentaje de valores por debajo del límite de cuantificación menor o iguales al 30 %⁵⁴. Luego se considerará los mismos criterios usados para el análisis multivariado previo (Test de KMO, porcentaje de varianza explicada y criterio de Kaiser). No obstante, para el caso de los afloramientos, la matriz de datos multivariados respectivo contiene mayor número de parámetros de campo y laboratorio (14) que puntos de muestreo (10), por lo que no es aplicable el Test de KMO.

De otro lado en el diagrama Biplot a generar, se visualiza la influencia de uno o varios parámetros resaltantes (mayores a una carga de 0,7) y algunos con carga menor a 0,7 considerados por su importancia en la comprensión de las interacciones de los parámetros. Todos estos parámetros son agrupados con elipses amarillas y cuya influencia se indica mediante una flecha línea verde en dirección al grupo de muestreo y se diferencian temporalmente en el diagrama Biplot al añadir luego del nombre del punto de muestreo, los 2 últimos dígitos del año evaluado y entre paréntesis.

A. Afloramientos

De acuerdo a los resultados obtenidos para los afloramientos comunes, en el análisis con metales totales no se obtuvo un valor de Test de KMO; no obstante, se calculó una explicación de la varianza de 86,298 % (Tabla 7-83) y en metales disueltos no se registró un valor de Test de KMO; sin embargo, se registró una explicación de la varianza de 85,351 % (Tabla 7-84).

⁵⁴

Excepto para sulfatos (SO_4^{2-}) con 40 % y metales totales: aluminio (60 %), hierro (40 %) y cobre (40 %) para los afloramientos y bicarbonatos con 56 % para lagunas. Estos parámetros fueron considerados debido a la importancia en el análisis de todos los iones principales del agua.



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

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

Factor	Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square) Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO): N.C			
	Eigenvalor	% Total	Cumulativo	% Cumulativo
1	10,309	73,64	10,309	73,636
2	1,773	12,66	12,082	86,298

N.C: No calculado

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

Factor	Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square) Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO): N.C			
	Eigenvalor	% Total	Cumulativo	% Cumulativo
1	10,387	74,19	10,387	74,194
2	1,562	11,16	11,949	85,351

N.C: No calculado

Con respecto a las cargas (loadings), ver Tablas 7-85 y 7-86, los siguientes parámetros asociados a un Factor registraron valores absolutos mayores a 0,7:

- **Factor 1:** Cond. Elec., Bicarb., SDT y los metales totales y disueltos: calcio, magnesio, sodio y estroncio (carga menor a 0,7 en disuelto) / potasio; **Factor 2:** sulfatos y los metales totales: aluminio, bario, hierro, manganeso y cobre.

En dichos agrupamientos de los parámetros, se indica que las concentraciones de los metales totales (tot.) y disueltos (dis.): calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y estroncio (Sr), además de los bicarbonatos (HCO_3^-), estuvieron relacionados a la conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales (Ca, Mg, Na y Sr tot. y dis., HCO_3^- , Cond. Elec y SDT).

En tanto, los metales totales (tot.) y disueltos (dis.): aluminio (Al), bario (Ba), hierro (Fe), manganeso (Mn) y cobre (Cu) estuvieron relacionados a los sulfatos (Al, Ba, Fe, Mn y Cu tot. y dis. con SO_4^{2-}).

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

Cargas (loadings) del Factor (Rotación Varimax) Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square) (Cargas absoluta resaltadas son > 0,7000)			
N.º	Parámetro	Factor 1	Factor 2
1	Cond Elec	0,899	-0,367
2	Bicarb.	0,851	-0,472
3	Sulfatos	-0,524	0,745
4	SDT	0,902	-0,360
5	Aluminio	-0,492	0,819
6	Bario	-0,115	0,914
7	Calcio	0,846	-0,478
8	Hierro	-0,524	0,733
9	Potasio	-0,889	0,321
10	Magnesio	0,927	-0,296
11	Manganeso	-0,449	0,798
12	Sodio	0,803	-0,290
13	Estroncio	0,717	-0,130
14	Cobre	-0,359	0,835

Cond. Elec: Conductividad Eléctrica, Bicarb.: Bicarbonatos y SDT: Sólidos disueltos totales

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

Cargas (loadings) del Factor (Rotación Varimax) Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square) (Cargas absoluta resaltadas son > 0,7000)			
N.º	Parámetro	Factor 1	Factor 2
1	Cond Elec	-0,882	-0,411
2	Bicarb.	-0,827	-0,514
3	Sulfatos	0,464	0,804
4	SDT	-0,880	-0,406
5	Aluminio	0,422	0,863
6	Bario	0,152	0,896
7	Calcio	-0,821	-0,519
8	Hierro	0,427	0,857
9	Potasio	0,893	0,323
10	Magnesio	-0,908	-0,353
11	Manganeso	0,393	0,824
13	Sodio	-0,847	-0,092
14	Estroncio	-0,675	-0,226
15	Cobre	0,299	0,878

Cond. Elec: Conductividad Eléctrica, Bicarb.: Bicarbonatos y SDT: Sólidos disueltos totales

Los valores de las puntuaciones (scores) de los puntos de muestreo de ambas evaluaciones (Tablas 7-87 y 7-88), junto con las cargas de los parámetros para cada factor se visualizaron con el diagrama biplot para los metales totales (Figura 7-334) y metales disueltos (Figura 7-335), obteniéndose los siguientes resultados:



SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
 ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - T.º 112200001



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

- **FNat7** en ambas evaluaciones estuvieron relacionados con los sulfatos (SO_4^{2-}) y metales totales y disueltos: hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), aluminio (Al) y bario (Ba), con mayor influencia en octubre de 2017 debido a los SO_4^{2-} .
- **FNatu4, FNatu5 y FNatu6** en ambas evaluaciones estuvieron relacionados con la conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (SDT), bicarbonatos (HCO_3^-) y los metales totales y disueltos: calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y estroncio (Sr), con mayor influencia en marzo de 2018 en todos los parámetros.
- **FNat8** en ambas evaluaciones tuvieron puntuaciones de signos opuestos a las cargas de los parámetros establecidos en los Factores 1 y 2, teniendo una mayor influencia del grupo de los sulfatos (SO_4^{2-} y metales) en marzo de 2018 y grupo de bicarbonatos (HCO_3^- , SDT, Cond. Elec y metales) en octubre de 2017.



Handwritten signature and initials in blue ink.

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

Puntuaciones (scores) del Factor, Rotación Varimax Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square)			
N.º	Punto de muestreo	Factor 1	Factor 2
1	FNat8 (17)	-1,080	-1,008
2	FNat7 (17)	-0,818	1,869
3	FNatu5 (17)	0,014	-0,567
4	FNatu6 (17)	0,548	-0,189
5	FNatu4 (17)	0,836	-0,101
6	FNat8 (18)	-1,293	-1,130
7	FNat7 (18)	-1,057	1,445
8	FNatu5 (18)	0,243	-0,733
9	FNatu6 (18)	1,276	0,166
10	FNatu4 (18)	1,332	0,247

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

Puntuaciones (scores) del Factor, Rotación Varimax Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square)			
N.º	Punto de muestreo	Factor 1	Factor 2
1	FNat8 (17)	1,312	-1,155
2	FNat7 (17)	0,762	1,865
3	FNatu5 (17)	-0,012	-0,667
4	FNatu6 (17)	-0,488	-0,387
5	FNatu4 (17)	-0,888	-0,046
6	FNat8 (18)	1,244	-0,880
7	FNat7 (18)	0,920	1,561
8	FNatu5 (18)	-0,308	-0,545
9	FNatu6 (18)	-1,167	0,011
10	FNatu4 (18)	-1,375	0,244

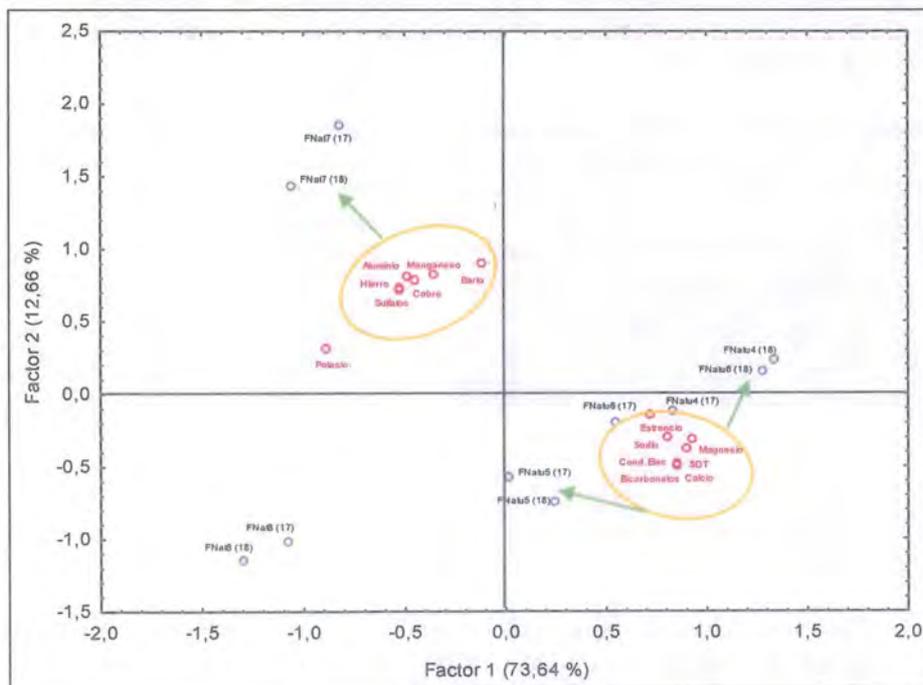


Figura 7-334. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales totales) y las puntuaciones de los afloramientos comunes



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

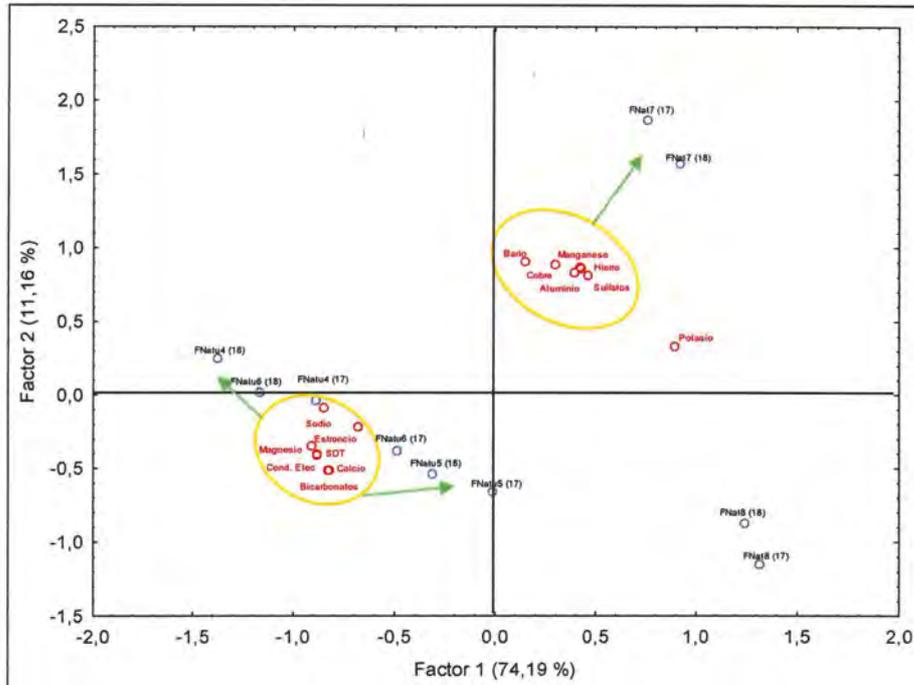


Figura 7-335. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales disueltos) y las puntuaciones de los afloramientos comunes

B. Quebradas

De acuerdo a los resultados obtenidos para las quebradas comunes, en el análisis con metales totales se obtuvo un valor de Test de KMO de 0,768 (regular) con una explicación de la varianza de 79,874 % (Tabla 7-89) y en metales disueltos se registró un valor de Test de KMO de 0,716 (regular) con una explicación de la varianza de 70,338 % (Tabla 7-90).

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

Factor	Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square) Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO): 0,768			
	Eigenvalor	% Total	Cumulativo	% Cumulativo
1	8,634	61,67	8,634	61,674
2	2,548	18,20	11,182	79,874

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

Factor	Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square) Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO): 0,716			
	Eigenvalor	% Total	Cumulativo	% Cumulativo
1	6,550	46,79	6,550	46,789
2	1,901	13,58	8,451	60,366
3	1,396	9,97	9,847	70,338

Con respecto a las cargas (loadings), ver Tablas 7-91 y 7-92, los siguientes parámetros asociados a un Factor registraron valores no estandarizados absolutos mayores a 0,7:

- **Factor 1:** aluminio, bario, calcio, hierro, potasio, magnesio, manganeso, sodio y estroncio totales / Cond. Elec, Bicarb., SDT y metales disueltos: calcio, magnesio y estroncio; **Factor 2:** Cond. Elec, Bicarb. y SDT / cobre, potasio y disueltos, y **Factor 3:** bario y manganeso disueltos.



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

En dichos agrupamientos de los parámetros, se indica que las concentraciones de aluminio (Al), bario (Ba), calcio (Ca), hierro (Fe), potasio (K), magnesio (Mg), manganeso (Mn), sodio (Na) y estroncio (Sr) totales están relacionados entre sí. En tanto, los metales disueltos: calcio, magnesio y estroncio, los sólidos disueltos totales (SDT) y bicarbonatos están relacionados a la conductividad eléctrica (Cond. Elec).



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

Cargas (loadings) del Factor (Rotación Varimax) Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square) (Cargas no estandarizadas absolutas resaltadas son > 0,7000)			
N.º	Parámetro	Factor 1	Factor 2
1	Cond. Elec	0,645	1,521
2	Bicarb.	0,728	1,531
3	Sulfatos	-0,013	-0,629
4	SDT	0,650	1,518
5	Aluminio	2,879	0,045
6	Bario	2,806	0,387
7	Calcio	2,577	0,742
8	Cobre	0,075	-0,682
9	Hierro	2,355	0,281
10	Potasio	2,424	-0,126
11	Magnesio	2,795	0,413
12	Manganeso	2,676	0,397
13	Sodio	2,595	0,324
14	Estroncio	2,441	0,877

Cond. Elec: Conductividad Eléctrica, Bicarb: bicarbonatos y SDT: Sólidos disueltos totales.

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

Cargas (loadings) del Factor (Rotación Varimax) Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square) (Cargas no estandarizadas absolutas resaltadas son > 0,7000)				
N.º	Parámetro	Factor 1	Factor 2	Factor 3
1	Cond. Elec	2,532	0,059	0,015
2	Bicarb.	2,537	0,134	-0,014
3	Sulfatos	-0,737	-0,522	0,446
4	SDT	2,519	0,068	0,018
5	Aluminio	-1,233	-0,675	0,440
6	Bario	0,529	-0,221	0,876
7	Calcio	2,542	0,127	-0,011
8	Cobre	-0,787	-1,016	-0,067
9	Hierro	0,131	0,294	0,121
10	Potasio	-0,244	-1,002	0,133
11	Magnesio	2,491	0,048	0,099
12	Manganeso	0,098	0,185	0,942
13	Sodio	0,677	-0,811	-0,228
14	Estroncio	2,547	0,104	0,010

Cond. Elec: Conductividad Eléctrica, Bicarb: bicarbonatos y SDT: Sólidos disueltos totales.

Mientras que para los metales disueltos (Tabla 7-92) se tiene que el cobre (Cu) y potasio (K) están relacionados entre sí, al igual que el bario (Ba) y manganeso (Mn).

Los valores de las puntuaciones (scores) de los puntos de muestreo de ambas evaluaciones (Tablas 7-93 y 7-94), junto con las cargas de los parámetros para cada factor se visualizaron con el diagrama biplot para los metales totales (Figura 7-336) y metales disueltos (Figuras 7-337 y 7-338), obteniéndose los siguientes resultados:

- **QMuy2** estuvo relacionado con los metales totales: aluminio (Al), bario (Ba), calcio (Ca), hierro (Fe), potasio (K), magnesio (Mg), manganeso (Mn), sodio (Na) y estroncio (Sr) en la segunda evaluación de marzo de 2018. No obstante, QMuy2 tuvo relación con los metales disueltos: calcio (Ca), magnesio (Mg) y estroncio (Sr), los sólidos disueltos totales (SDT), Cond. Ele y bicarbonatos, los cuales tuvieron mayor influencia en marzo de 2018.
- **QMuy1** en ambas evaluaciones estuvo relacionado con la Cond. Elec, bicarbonatos (HCO_3^-), sólidos disueltos totales (SDT) y los metales disueltos magnesio (Mg), calcio (Ca) y estroncio (Sr), los cuales tuvieron mayor influencia en marzo de 2018.
- **QLipiA** tuvo la mayor influencia de los metales disueltos bario (Ba) y manganeso (Mn) en la primera evaluación de octubre de 2017. De igual forma, **LDCol2** tuvo mayor influencia de cobre y aluminio disueltos, y finalmente **QMilp1** en potasio tuvieron mayores influencias en la primera evaluación.



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

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

Puntuaciones (scores) del Factor, Rotación Varimax Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square)			
N.º	Punto de muestreo	Factor 1	Factor 2
1	QMilp1 (18)	0,024	-0,312
2	QMuy1 (18)	-0,317	2,025
3	QMuy2 (18)	1,660	0,746
4	QQuin1 (18)	-0,170	-0,047
5	QMilp2 (18)	-0,108	-0,143
6	QMilp3 (18)	-0,103	0,130
7	LDCol2 (18)	-0,027	-0,247
8	QLipi1A (18)	-0,020	-0,242
9	QYana1 (18)	-0,077	-0,095
10	QCham1 (18)	-0,087	-0,185
11	QKero1 (18)	-0,039	-0,200
12	QCham2 (18)	-0,074	-0,192
13	LKero1 (18)	-0,118	-0,102
14	QChup-01 (18)	-0,107	-0,140
15	QMilp1 (17)	0,118	-0,676
16	QMuy1 (17)	-0,323	1,736
17	QMuy2 (17)	-0,020	1,059
18	QQuin1 (17)	-0,160	-0,046
19	QMilp2 (17)	-0,031	-0,345
20	QMilp3 (17)	-0,058	-0,068
21	LDCol2 (17)	0,078	-0,481
22	QLipi1A (17)	0,020	-0,333
23	QYana1 (17)	-0,118	-0,115
24	QCham1 (17)	0,044	-0,420
25	QKero1 (17)	0,035	-0,330
26	QCham2 (17)	0,090	-0,454
27	LKero1 (17)	-0,121	-0,078
28	QChup-01 (17)	0,012	-0,446

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

Puntuaciones (scores) del Factor, Rotación Varimax Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square)				
N.º	Punto de muestreo	Factor 1	Factor 2	Factor 3
1	QMilp1 (18)	-0,171	-0,361	-0,260
2	QMuy1 (18)	1,118	-0,026	0,164
3	QMuy2 (18)	0,964	-0,049	0,006
4	QQuin1 (18)	-0,260	1,096	-0,582
5	QMilp2 (18)	-0,134	-0,064	-0,434
6	QMilp3 (18)	0,014	0,092	-0,843
7	LDCol2 (18)	-0,167	-0,939	-0,218
8	QLipi1A (18)	-0,219	0,623	1,017
9	QYana1 (18)	-0,225	0,328	-0,382
10	QCham1 (18)	-0,167	0,556	-0,687
11	QKero1 (18)	-0,194	-0,465	-0,116
12	QCham2 (18)	-0,042	-0,384	0,003
13	LKero1 (18)	-0,245	0,713	-0,498
14	QChup-01 (18)	-0,147	-0,323	-0,114
15	QMilp1 (17)	-0,120	-1,136	-0,032
16	QMuy1 (17)	0,908	0,557	-0,566
17	QMuy2 (17)	0,653	0,270	0,807
18	QQuin1 (17)	-0,262	1,107	-0,502
19	QMilp2 (17)	-0,085	-0,169	-0,365
20	QMilp3 (17)	0,002	-0,071	-0,705
21	LDCol2 (17)	-0,121	-1,799	-0,046
22	QLipi1A (17)	-0,191	0,279	2,924
23	QYana1 (17)	-0,162	0,359	1,130
24	QCham1 (17)	-0,167	0,551	-0,462
25	QKero1 (17)	-0,164	-0,687	0,371
26	QCham2 (17)	-0,022	-0,518	0,225
27	LKero1 (17)	-0,244	0,809	-0,407
28	QChup-01 (17)	-0,148	-0,349	0,572



Handwritten signature and initials in blue ink.

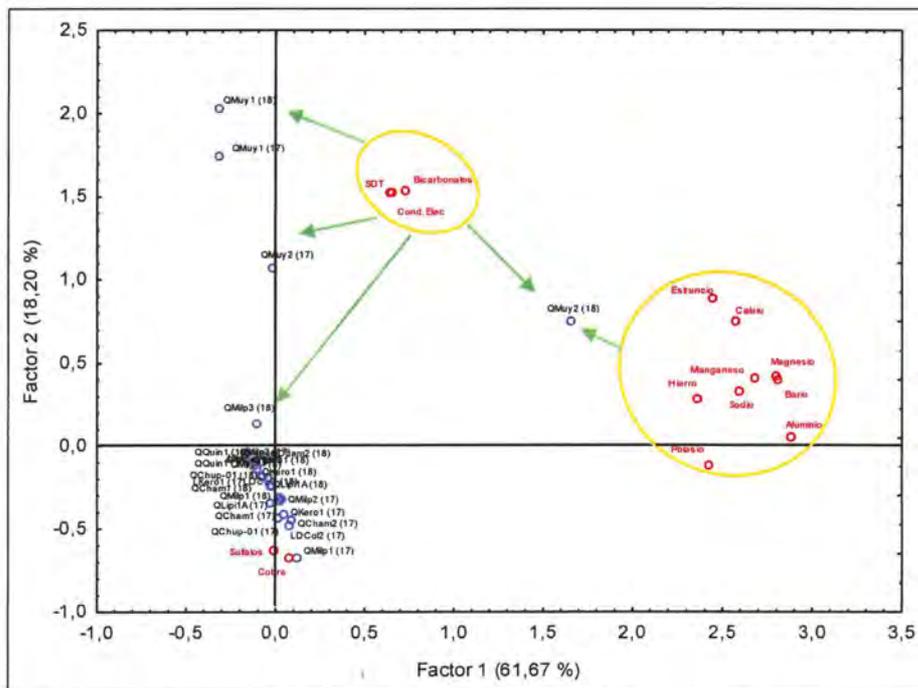


Figura 7-336. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales totales) y las puntuaciones de las quebradas comunes



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



Handwritten blue ink notes and signatures on the left margin.

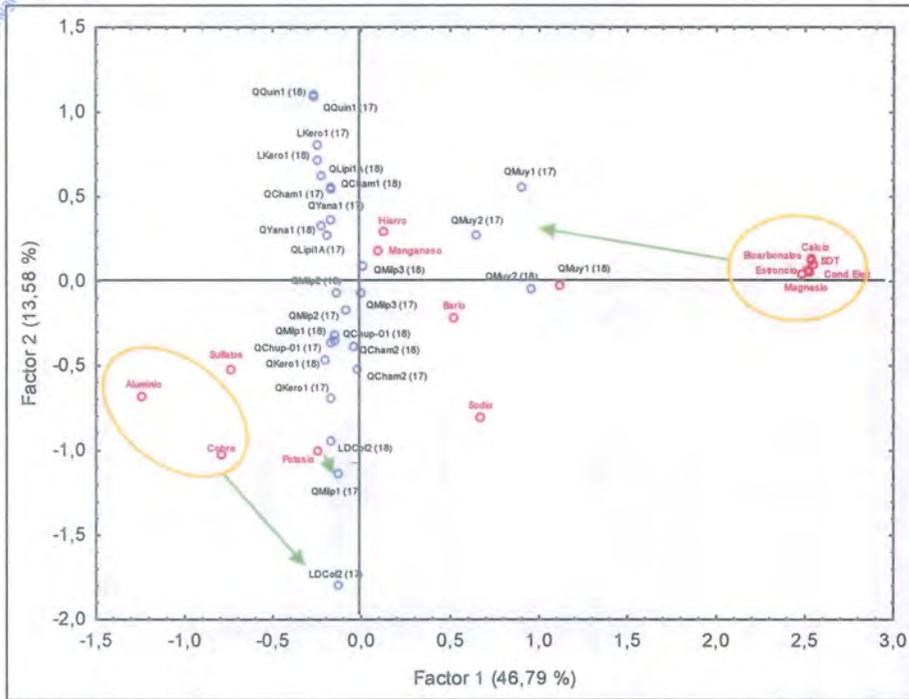


Figura 7-337. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales disueltos) y las puntuaciones de las quebradas comunes

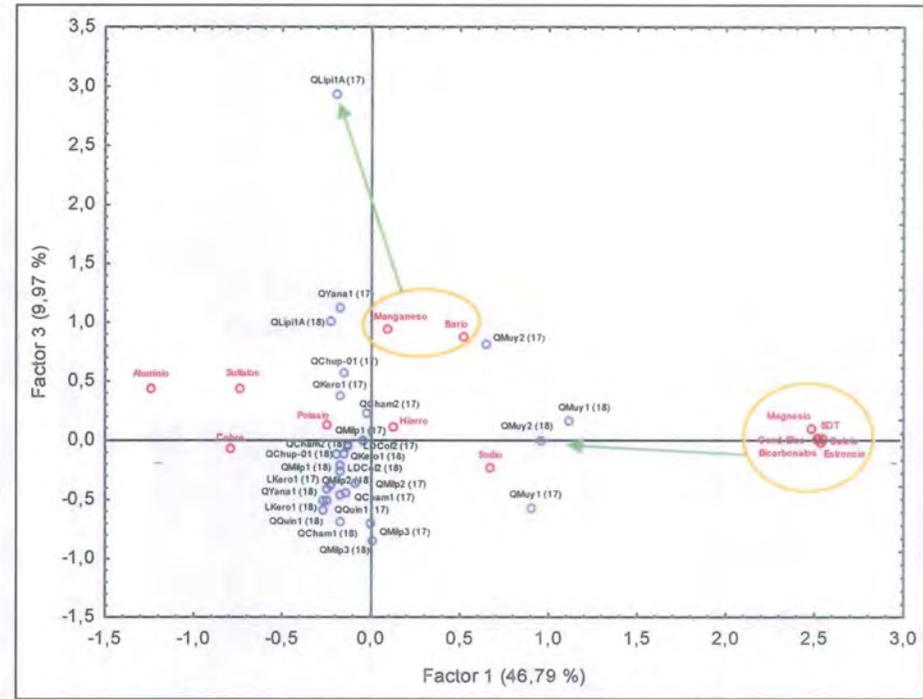


Figura 7-338. Diagrama biplot de los Factores 3 y 4 de las cargas (parámetros que incluyen los metales disueltos) y las puntuaciones de las quebradas comunes



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

Cabe resaltar la influencia de la quebrada Muyoc (QMuy2) en la quebrada Milpo, aguas debajo de la confluencia en **QMilp3** para la segunda evaluación de marzo de 2018, el cual lo diferencia de las demás quebradas, ver Figura 7-337, incluyendo a los puntos de muestreo ubicados aguas arriba desde su nacimiento (QMilp1 y QMilp2).

C. Lagunas

De acuerdo a los resultados obtenidos para las lagunas, para el análisis con metales totales se obtuvo un valor de Test de KMO de 0,767 (regular) con una explicación de la varianza de 83,066 % (Tabla 7-95) y para metales disueltos se registró un valor de Test de KMO de 0,785 (regular) con una explicación de la varianza de 82,125 % (Tabla 7-96).

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

Factor	Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square) Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO): 0,767			
	Eigenvalor	% Total	Cumulativo	% Cumulativo
1	9,603	64,02	9,603	64,023
2	2,856	19,04	12,460	83,066

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

Factor	Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square) Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO): 0,785			
	Eigenvalor	% Total	Cumulativo	% Cumulativo
1	9,275	61,83	9,275	61,833
2	3,044	20,29	12,319	82,125

Con respecto a las cargas (loadings), ver Tablas 7-97 y 7-98, los siguientes parámetros asociados a un Factor registraron valores absolutos mayores a 0,7:

- **Factor 1:** pH, Cond. Elec., Bicarb., SDT y los metales totales y disueltos: calcio, magnesio, manganeso, estroncio y hierro (carga menor a 0,7) / aluminio, cobre y sulfatos (carga menor a 0,7) y **Factor 2:** bario, potasio y sodio disueltos y totales.

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

Cargas (loadings) del Factor (Rotación Varimax) Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square) (Cargas absoluta resaltadas son > 0,7000)			
N.º	Parámetro	Factor 1	Factor 2
1	pH	0,922	-0,028
2	Cond. Elec	0,971	0,204
3	Bicarb.	0,978	0,146
4	Sulfatos	-0,619	0,521
5	SDT	0,968	0,196
6	Aluminio	-0,709	0,545
7	Bario	0,405	0,709
8	Calcio	0,979	0,136
9	Cobre	-0,759	0,382
10	Hierro	0,658	0,038
11	Potasio	0,257	0,851
12	Magnesio	0,981	0,173
13	Manganeso	0,879	0,130
14	Sodio	0,215	0,904
15	Estroncio	0,979	0,149

Cond. Elec.: Conductividad Eléctrica, Bicarb.: Bicarbonatos y SDT: Sólidos disueltos totales

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

Cargas (loadings) del Factor (Rotación Varimax) Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square) (Cargas absoluta resaltadas son > 0,7000)			
N.º	Parámetro	Factor 1	Factor 2
1	pH	0,921	-0,063
2	Cond. Elec	0,978	0,163
3	Bicarb.	0,982	0,095
4	Sulfatos	-0,604	0,568
5	SDT	0,973	0,147
6	Aluminio	-0,731	0,529
7	Bario	0,269	0,780
8	Calcio	0,983	0,097
9	Cobre	-0,732	0,424
10	Hierro	0,548	0,077
11	Potasio	0,167	0,890
12	Magnesio	0,987	0,141
13	Manganeso	0,852	0,135
14	Sodio	0,246	0,869
15	Estroncio	0,985	0,128

Cond. Elec.: Conductividad Eléctrica, Bicarb.: Bicarbonatos y SDT: Sólidos disueltos totales

Los valores de las puntuaciones (scores) de los puntos de muestreo de ambas evaluaciones (Tablas 7-99 y 7-100), junto con las cargas de los parámetros para cada factor se visualizaron con el diagrama biplot para los metales totales (Figura 7-339) y metales disueltos (Figura 7-340), obteniéndose los siguientes resultados:



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

- **Laguna Muyoc** evaluado en las orillas (LMuy1 a LMuy4) para ambas evaluaciones estuvieron relacionados con metales totales y disueltos: hierro, estroncio, manganeso, calcio y magnesio (Fe, Mn, Sr, Mn, Ca y Mg tot. y dis.) con los sólidos disueltos totales (SDT), Cond. Elec, bicarbonatos (HCO_3^-) y pH (registraron los valores más básicos) con mayor influencia en la segunda evaluación de marzo de 2018.



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

Puntuaciones (scores) del Factor, Rotación Varimax Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square)			
N.º	Punto de muestreo	Factor 1	Factor 2
1	LDCol1 (18)	-0,879	0,609
2	LDCol3 (18)	-0,683	0,243
3	LRinc1 (18)	-0,536	-1,138
4	LRinc2 (18)	-0,292	-1,231
5	LRinc3 (18)	-0,494	-0,938
6	LMilp1 (18)	-0,637	0,693
7	LMilp2 (18)	-0,763	0,777
8	LMilp3 (18)	-0,581	0,668
9	LMilp4 (18)	-0,582	0,502
10	LMuy1 (18)	1,849	0,094
11	LMuy2 (18)	1,659	1,024
12	LMuy3 (18)	1,936	0,327
13	LMuy4 (18)	1,765	0,584
14	LKero2 (18)	-0,394	-1,453
15	LKero3 (18)	-0,437	-1,084
16	LYana1 (18)	-0,242	-0,755
17	LDCol1 (17)	-0,977	2,009
18	LDCol3 (17)	-0,795	1,161
19	LRinc1 (17)	-0,484	-1,341
20	LRinc2 (17)	-0,502	-1,282
21	LRinc3 (17)	-0,479	-1,374
22	LMilp1 (17)	-0,625	1,025
23	LMilp2 (17)	-0,641	1,035
24	LMilp3 (17)	-0,647	1,129
25	LMilp4 (17)	-0,608	0,908
26	LMuy1 (17)	1,478	-0,509
27	LMuy2 (17)	1,549	0,249
28	LMuy3 (17)	1,597	0,051
29	LMuy4 (17)	1,582	-0,173
30	LKero2 (17)	-0,362	-1,004
31	LKero3 (17)	-0,331	-1,273
32	LYana1 (17)	-0,447	0,464

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

Puntuaciones (scores) del Factor, Rotación Varimax Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square)			
N.º	Punto de muestreo	Factor 1	Factor 2
1	LDCol1 (18)	-0,631	0,665
2	LDCol3 (18)	-0,691	0,290
3	LRinc1 (18)	-0,561	-1,110
4	LRinc2 (18)	-0,422	-1,315
5	LRinc3 (18)	-0,538	-0,955
6	LMilp1 (18)	-0,554	0,644
7	LMilp2 (18)	-0,763	0,892
8	LMilp3 (18)	-0,581	0,554
9	LMilp4 (18)	-0,565	0,494
10	LMuy1 (18)	1,916	-0,029
11	LMuy2 (18)	1,848	0,438
12	LMuy3 (18)	1,650	0,042
13	LMuy4 (18)	1,767	0,924
14	LKero2 (18)	-0,433	-1,704
15	LKero3 (18)	-0,499	-1,291
16	LYana1 (18)	-0,178	-0,484
17	LDCol1 (17)	-0,961	1,718
18	LDCol3 (17)	-0,852	0,914
19	LRinc1 (17)	-0,553	-1,151
20	LRinc2 (17)	-0,572	-1,093
21	LRinc3 (17)	-0,527	-1,150
22	LMilp1 (17)	-0,573	1,194
23	LMilp2 (17)	-0,599	1,206
24	LMilp3 (17)	-0,613	1,328
25	LMilp4 (17)	-0,572	1,209
26	LMuy1 (17)	1,573	-0,549
27	LMuy2 (17)	1,532	0,468
28	LMuy3 (17)	1,652	-0,108
29	LMuy4 (17)	1,565	-0,099
30	LKero2 (17)	-0,459	-1,257
31	LKero3 (17)	-0,371	-1,345
32	LYana1 (17)	-0,437	0,661

- **Lagunas Milpo y Dos Colores** estuvieron relacionados con los sulfatos (SO_4^{2-}), aluminio (Al) y cobre (Cu), los cuales tienen mayor influencia en la primera evaluación de octubre de 2017, siendo el punto de muestreo LDCol1 el de mayor variación de concentración principalmente de sulfatos.
- **Laguna Rinconada y Kerosene** en ambas evaluaciones tuvieron puntuaciones de signos opuestos a las cargas de los parámetros establecidos en el Factor 1, para los grupos de sulfatos (SO_4^{2-} y metales) y los bicarbonatos (HCO_3^- , SDT y Cond. Elec y metales), con diferencias variables y mínimas entre las concentraciones de ambas temporadas, excepto para sulfatos en LKero2.
- **Laguna Yanacocha** en LYana1 es el punto de muestreo (ver flecha amarilla) que mayor variación de influencia tuvo, registrando en la primera evaluación en LYana1 (17) mayor influencia con los sulfatos, aluminio (Al) y hierro (Fe).



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

Finalmente, los metales sodio (Na), potasio (K) y bario (Ba) tuvieron mayores influencias en las lagunas Muyoc, Dos Colores, Milpo y Yanacochoa (LYana1 en 2017) y poca influencia en la laguna La Rincocnada, Kerosene y Yanacochoa (LYana1 en 2018).



Vertical handwritten signature in blue ink.

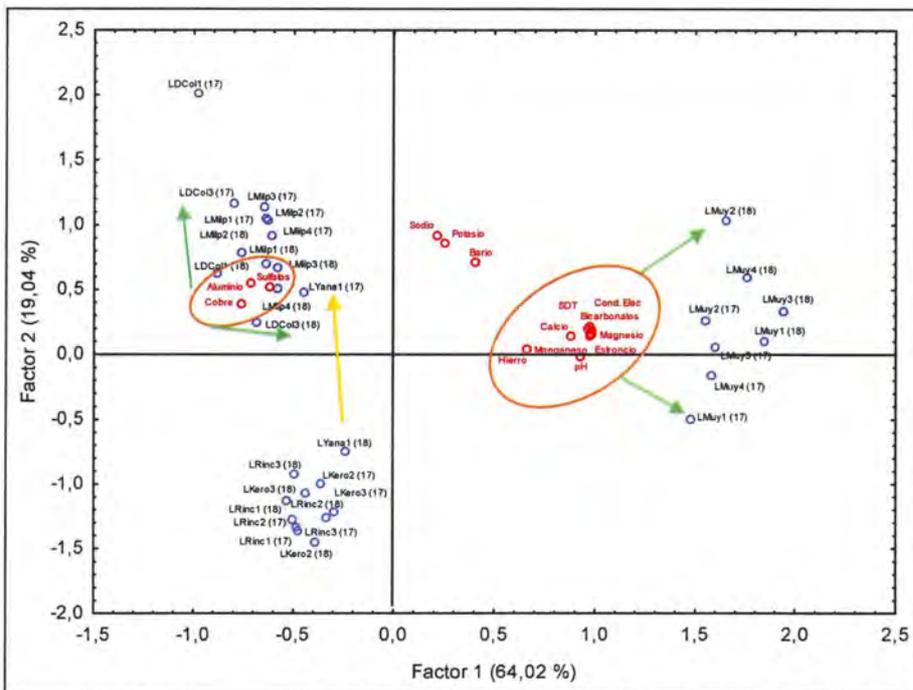


Figura 7-339. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales totales) y las puntuaciones de las lagunas comunes

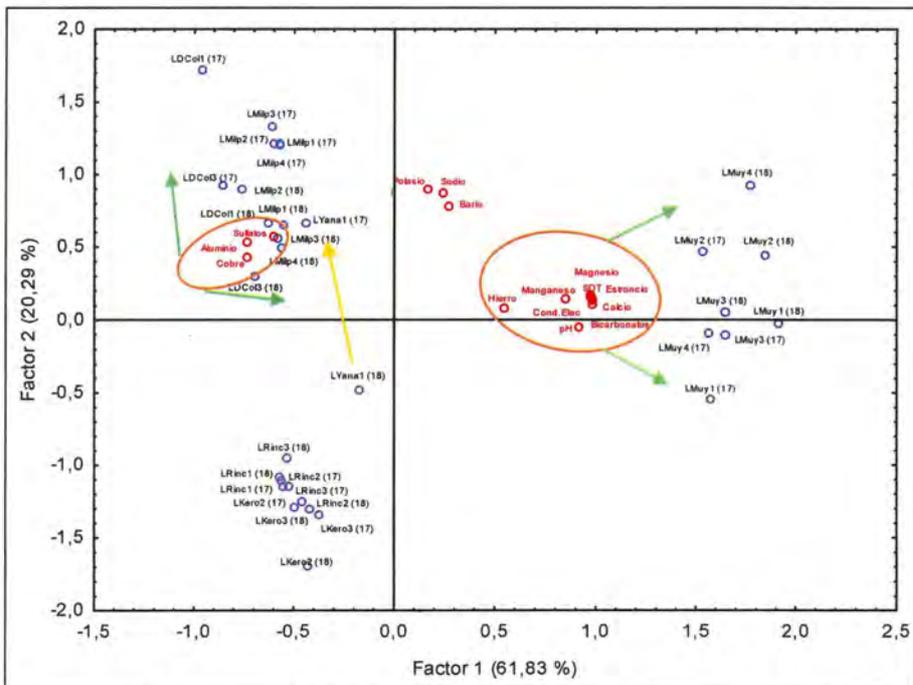


Figura 7-340. Diagrama biplot de los Factores 1 y 2 de las cargas (parámetros que incluyen los metales disueltos) y las puntuaciones de las lagunas comunes



7.5.1.5 Especiación química de metales

En 44 puntos de muestreo de agua (23 afloramientos, 15 quebradas y 6 lagunas) se registraron en campo los valores de ORP (potencial redox). De los citados puntos en ambas evaluaciones, solamente en FNat7 (aluminio, cadmio, hierro, magnesio y plomo) y MANA-75 (cobre) superaron los valores de ECA.

De manera referencial, para la obtención de los potenciales electrónicos (pe) de puntos de muestreo de interés, los cuales no se hicieron lecturas en el trabajo de campo, estos se calcularon a partir de la ecuación potencial obtenida de los resultados de pH y el pe de todos los puntos donde se midió el ORP en campo (Figura 7-341). De esa manera tenemos la siguiente ecuación:

$$\text{Potencial electrónico (pe)} = 28,432 (\text{pH})^{-0,793} \quad (7.6)$$

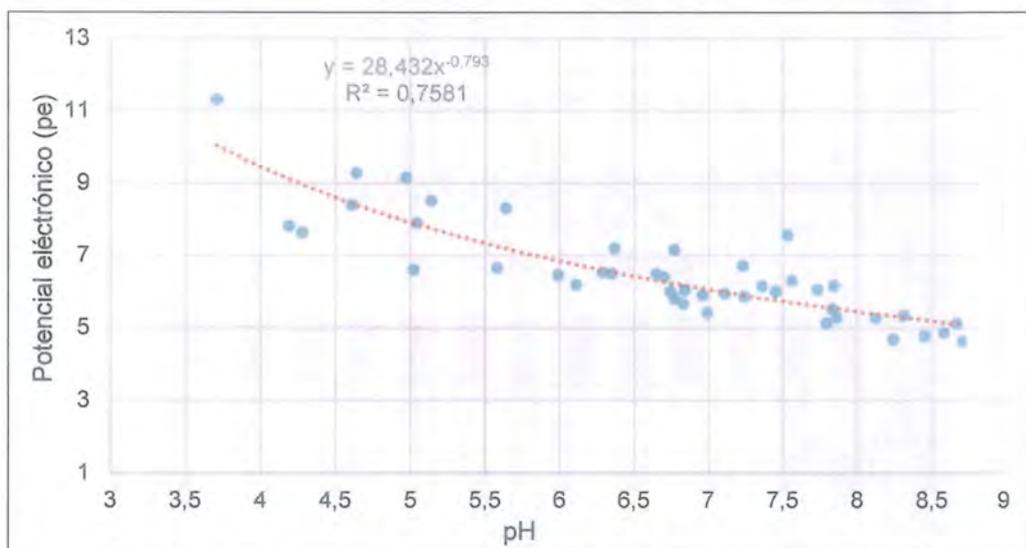


Figura 7-341. Curva potencial obtenida de pH y el potencial electrónico (pe) de los puntos de muestreo evaluados en marzo de 2018

Los resultados de los potenciales electrónicos (pe) obtenidos en todos los puntos de muestreo se registran en el Anexo E.2.5, mientras que cada hoja de los resultados del Phreeqc en los afloramientos y quebradas indicados en la Tabla 7-101 se puede visualizar en el Anexo E.2.6. Con respecto a FNat7, no hay variaciones temporales (octubre de 2017 a marzo de 2018) de las especies químicas de cadmio (Cd²⁺), plomo (Pb²⁺) y manganeso (Mn²⁺) mayor al 90 %; no obstante, hay un aumento de las concentraciones de especies químicas predominantes de aluminio (Al³⁺) y hierro (Fe²⁺). Cabe señalar que el Al³⁺ y los sulfatos (SO₄²⁻) forman especies solubles (AlSO₄⁺) con 28,11 % en 2017 y 22,39 % en 2018 (disminución). En tanto, el Fe³⁺ forma especies solubles (FeOH²⁺ y Fe(OH)²) y el Fe²⁺ (FeSO₄) que disminuyen de octubre de 2017 a marzo de 2018.

En cuanto a los demás puntos de muestreo, la especie química predominante de cobre es Cu²⁺ mayor al 95 %, a excepción de QD1 con 94,89 %. Cabe resaltar que QD1 tiene el mayor porcentaje de la especie soluble CuHCO₃⁺ con 4,17 %, seguido por QKero3 (aguas abajo de la confluencia con QD1 y QD2) con 3,87 %, el cual es mayor a QKero2 (aguas arriba de la confluencia con QD1 y QD2) con 1,81 %. Finalmente, hay un aumento de octubre de 2017 a marzo de 2018 de la especie soluble CuHCO₃⁺, y por ende una disminución de Cu²⁺, en LKero1 y en QKero1.



Handwritten signatures 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»

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

Table with columns for sampling point (Punto de muestreo), concentration (pe), unit (unidad), and various chemical species (Al+3, AlSO4+, AlOH+2, Al(SO4)2-, Cd+2, CdSO4, Pb+2, PbSO4, Cu+2, CuHCO3+, CuSO4, Cu(OH)2, CuOH+, Fe2+, FeOH2+, Fe(OH)2+, FeSO4, Fe3+, FeSO4+, Mn2+, MnSO4). Rows include FNat7 (18), FNat7 (17), MANA-75, LDCol1 (17), LDCol1 (18), QKero1 (17), QKero1 (18), QKero2, QKero3, QD1, QD2, LKero1 (18), and LKero1 (17).

* Valor calculado con el mismo potencial de FNat7-18 mediante la ecuación: Eh*1000/F/2,3*R*T, ver Ecuación 6.5.

** Valor calculado a partir de la ecuación potencial: 28,432*(pH)^-0,792 (R^2=0,7581), ver Ecuación 7-6.

*** Metal calculado cuya concentración total no superó el valor de ECA para agua.

...: Especie del metal no analizado debido a que su concentración total no superó el ECA para agua.

Yellow box: Porcentaje mayor o igual al 90 %.

Blue box: Porcentaje mayor al 50,0 % y menor al 90,0 %.

Green box: Porcentaje menor al 50,0 % y mayor al 10,0 %.



7.5.2 Sedimento

En esta sección se presenta los resultados y análisis de los puntos de sedimentos evaluados en octubre de 2017 y marzo de 2018 por el OEFA. Los puntos evaluados corresponden a las lagunas Muyoc y Kerosene ubicadas en las microcuencas de las quebradas Milpo y Kerosene, respectivamente. En los sedimentos de las lagunas mencionadas, se realizó el análisis temporal de los parámetros aluminio, arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc total.

7.5.2.1 Metales

Aluminio total

En la Figura 7-342 se observa que en la laguna Muyoc, la mayor concentración de aluminio se reportó en la evaluación realizada en octubre de 2017 con una concentración máxima de 19541 mg/kg PS en el punto SED-LMuy2. Mientras tanto, en la evaluación realizada en marzo de 2018 la concentración máxima fue de 13860 mg/Kg PS en el punto SED-LMuy4. Las concentraciones de aluminio total en los 4 puntos evaluados en la laguna Muyoc en marzo de 2018 fueron menores de las concentraciones reportadas en la evaluación realiza en octubre de 2017 por el OEFA.

En cuanto a la laguna Kerosene, la mayor concentración de aluminio total en las 2 evaluaciones realizadas por el OEFA se reportó en el punto SED-LKero2, ubicado en el margen derecho de la laguna; donde, al parecer recibe aguas de escorrentía superficial que se forma aguas arriba donde se encuentra la trocha carrozable de ingreso al proyecto El Galeno.

Sin embargo, en el punto SED-LKero3 la concentración de aluminio total fue menor pues este punto se ubica en el margen izquierdo de la laguna donde no se observó factores que puedan influenciar en las concentraciones de aluminio total. De manera, el margen derecho de la laguna Kerosene puede estar influenciado por la escorrentía superficial que trasporta sedimentos de las partes altas donde se ubica la trocha carrozable a diferencia del margen izquierdo donde no se observó factores antropogénicos.

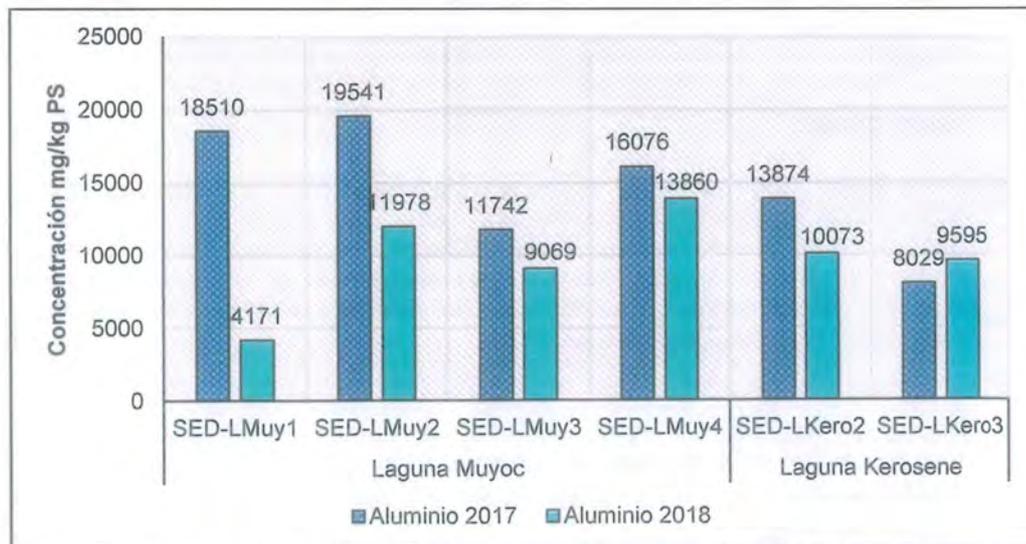


Figura 7-342. Concentración de aluminio total en los sedimentos de las lagunas Muyoc y Kerosene



Handwritten signature and initials in blue ink.



Arsénico total

En la Figura 7-343 se aprecia que en la laguna Muyoc, la mayor concentración de arsénico se reportó en el punto SED-LMuy3 en la evaluación de octubre de 2017 y marzo de 2018 con valores de 43,00 y 95,70 mg/kg PS, respectivamente. La mayor concentración se presentó en la evaluación realiza en marzo de 2018 en los puntos SED-LMuy2 y SED-LMuy4; sin embargo, en el punto SED-LMuy1 la mayor concentración de arsénico se presentó en la evaluación realizada en octubre de 2017.



MAY 2018

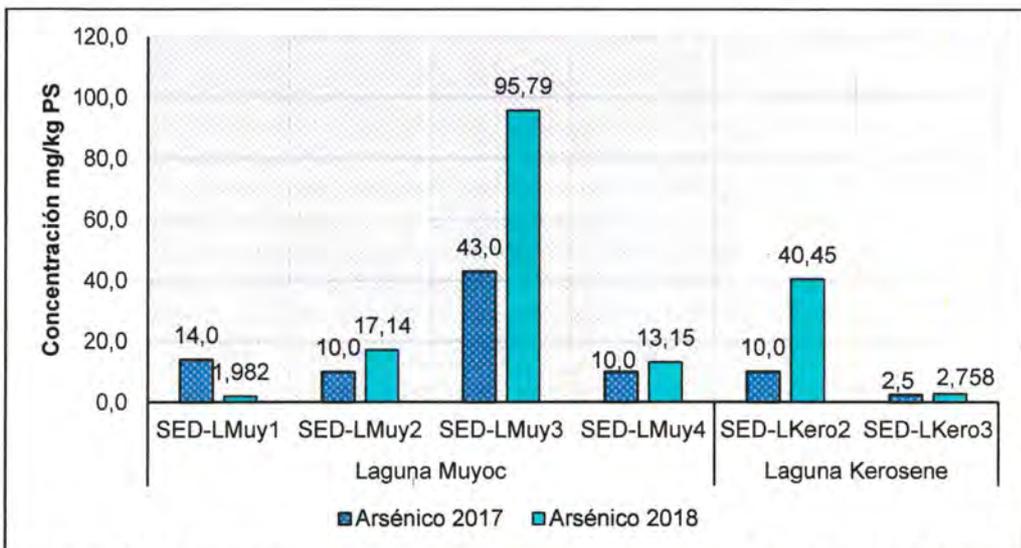


Figura 7-343. Concentración de arsénico total en los sedimentos de las lagunas Muyoc y Kerosene

En cuanto a la laguna Kerosene, la mayor concentración de arsénico total se reportó en la evaluación realizada en marzo de 2018, presentando la mayor concentración en el punto SED-LKero2 ubicado en el margen derecho de la laguna, donde al parecer puede ser influenciado por la escorrentía superficial que trasporta sedimentos de las partes altas donde se ubica la trocha carrozable; sin embargo, en el punto SED-LKero3 las concentraciones de arsénico fueron de 2,5 y 2,758 mg/kg reportado en las 2 evaluaciones, aunque dichas concentraciones no difieren significativamente (Figura 7-343).

Cadmio total

En la Figura 7-344 se observa que en la laguna Muyoc, la mayor concentración de cadmio total se reportó en el punto SED-LMuy3 tanto en la evaluación realizada en octubre de 2017 como en marzo de 2018 con concentraciones de 0,9474 y 2,243 mg/kg PS, respectivamente. Como se puede observar en la Figura mencionada, las mayores concentraciones de cadmio en los 4 puntos evaluados se reportaron en la evaluación realizada en marzo de 2018.

En cuanto a la laguna Kerosene, la mayor concentración de cadmio se reportó en la evaluación realizada en marzo de 2018 con valores de 0,813 y 0,763 mg/kg PS; mientras tanto, en la evaluación realizada en octubre de 2017 las concentraciones fueron de 0,253 y 0,1835 mg/kg PS en los puntos SED-LKero2 y SED-LKero3, respectivamente.



Como se puede observar, las mayores concentraciones de cadmio total en las 2 evaluaciones se presentaron en el punto SED-LKero2, pudiendo deberse a la influencia de la escorrentía superficial que transporta sedimentos de las partes altas donde se ubica la trocha carrozable a diferencia del margen izquierdo donde no se observó factores antropogénicos.



Handwritten signatures and initials in blue ink.

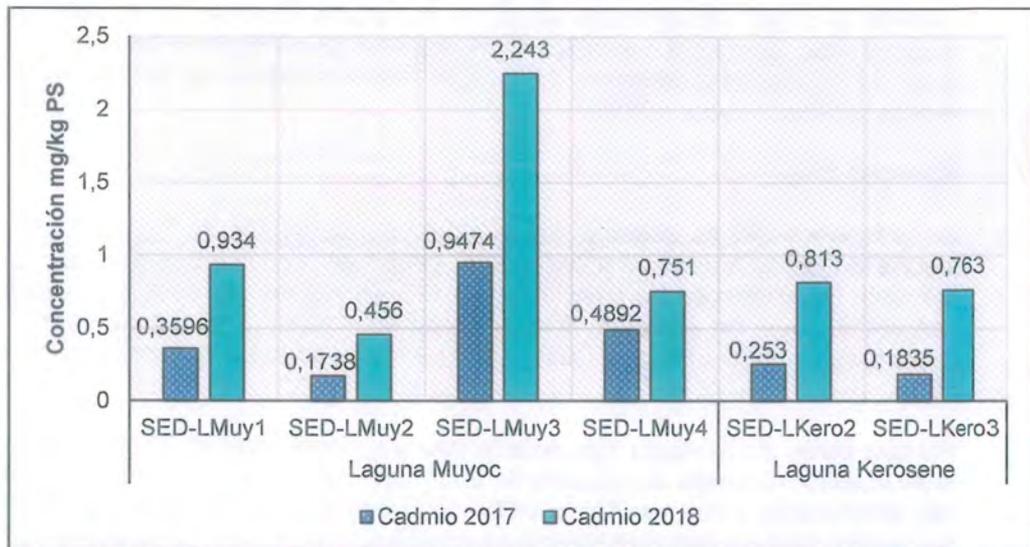


Figura 7-344. Concentración de cadmio total en los sedimentos de las lagunas Muyoc y Kerosene

Cobre total

En la Figura 7-345 se aprecia que en la laguna Muyoc, la mayor concentración de cobre total se reportó en el punto SED-LMuy4 en la evaluación de marzo de 2018 con una concentración de 23,31 mg/kg PS. En los demás puntos evaluados, las concentraciones de cobre fueron menores, reportándose una concentración de 9,6 mg/kg PS en el punto SED-LMuy2.

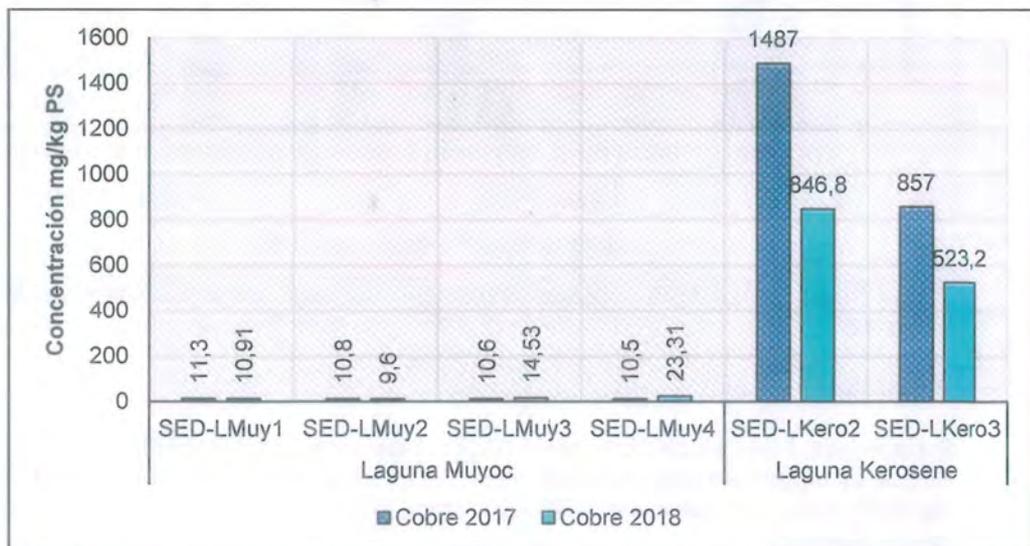


Figura 7-345. Concentración de cobre total en los sedimentos de las lagunas Muyoc y Kerosene



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

Por otra parte, la mayor concentración de cobre en la laguna Kerosene se reportó en la evaluación realizada en octubre con valores de 1487 y 857 mg/kg PS, y en la evaluación de marzo de 2018 las concentraciones fueron de 846,8 y 523,2 mg/kg PS en los puntos SED-LKero2 y SED-LKero3, respectivamente.

Como se puede observar en la Figura, el punto SED-LKero2 en las 2 evaluaciones presentó la mayor concentración de cobre, que puede deberse a la a la influencia de la escorrentía superficial que trasporta sedimentos de las partes altas donde se ubica la trocha carrozable a diferencia del margen izquierdo donde no se observó factores antropogénicos (Figura 7-345).

Mercurio total

En la Figura 7-346 se observa que la mayor concentración de mercurio total en la laguna Muyoc, se reportó en el punto SED-LMuy1 en la evaluación de marzo de 2018 con una concentración de 0,9959 mg/kg PS, en los demás puntos evaluados las concentraciones de mercurio fueron menores incluso por debajo al límite de cuantificación (SED-LMuy2 y SED-LMuy4) en la evaluación realizada en marzo de 2018.

Por otra parte, en la laguna Kerosene la mayor concentración de cobre se reportó en la evaluación realizada en octubre de 2017 con valores de 0,22 y 0,12 mg/kg PS, respectivamente. Cabe resaltar qu en la evaluación realizada en marzo de 2018 todos los puntos de muestreo presentaron concentraciones de mercurio menores al límite de cuantificación del método de ensayo.



Handwritten signature in blue ink

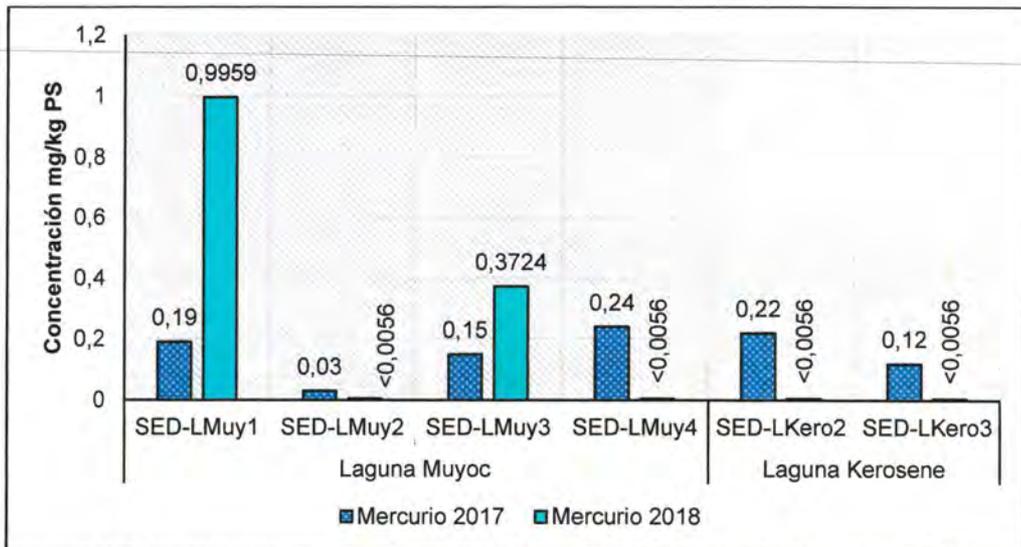


Figura 7-346. Concentración de mercurio total en los sedimentos de las lagunas Muyoc y Kerosene

Plomo total

En la Figura 7-347 se aprecia que la mayor concentración de plomo total en la laguna Muyoc se reportó en el punto SED-LMuy3 tanto en la evaluación realizada en octubre de 2017 como en marzo de 2018 con concentraciones de 84,3 y 375,8 mg/kg PS, respectivamente.



Las concentraciones de plomo total en los sedimentos fueron mayores en la evaluación realizada en marzo de 2018; a excepción, del punto SED-LMuy2 donde se reportó la concentración más baja (13,45 mg/kg PS).

En la laguna Kerosene, la mayor concentración de plomo se reportó en el punto SED -LKero2 tanto en la evaluación realizada en octubre de 2017 como en marzo de 2018 donde se reportaron concentraciones de plomo total de 84,3 y 375,8 mg/kg PS, respectivamente. Se destaca que la mayor concentración de plomo total en los puntos evaluados en la laguna Kerosene se reportaron en la evaluación realizada en marzo de 2018 (Figura 7-347).



Handwritten signature and initials in blue ink.

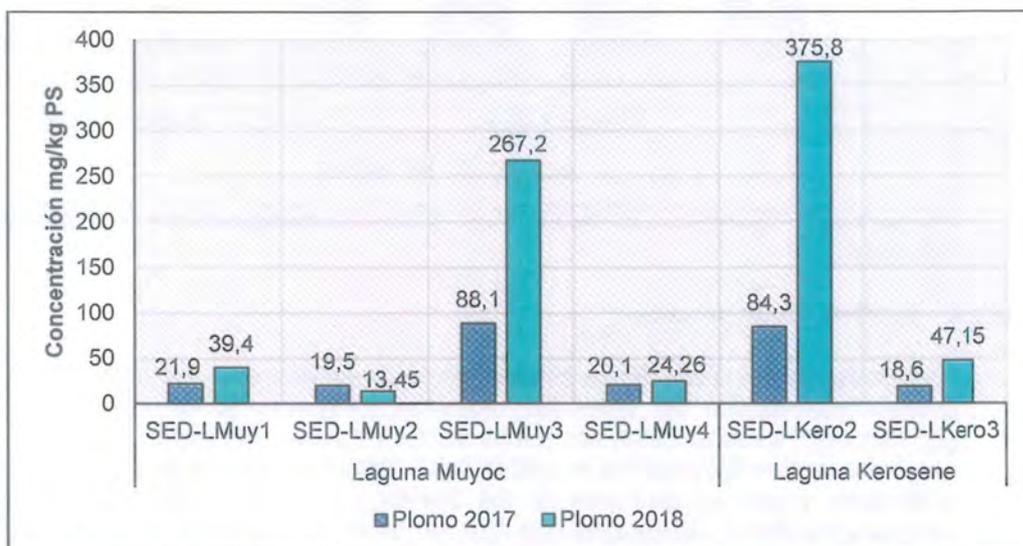


Figura 7-347. Concentración de plomo total en los sedimentos de las lagunas Muyoc y Kerosene

Zinc total

En la Figura 7-348 se registra que la mayor concentración de zinc total en la laguna Muyoc, se reportó en el punto SED-LMuy3 tanto en la evaluación realizada en octubre de 2017 como en marzo de 2018 con concentraciones de 125 y 249,4 mg/kg PS, respectivamente. Las concentraciones de zinc total en los 4 puntos evaluados en la laguna Muyoc fueron mayores en la evaluación realizada en marzo de 2018.

En la laguna Kerosene, la mayor concentración de zinc se reportó en el punto SED -LKero2 en la evaluación realizada en octubre de 2017 donde se reportó una concentración de 23,3 mg/kg PS, a diferencia de la evaluación realizada en marzo de 2018 donde la mayor concentración se presentó en el punto SED-LKero3 con una concentración de 18,26 mg/Kg PS.



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

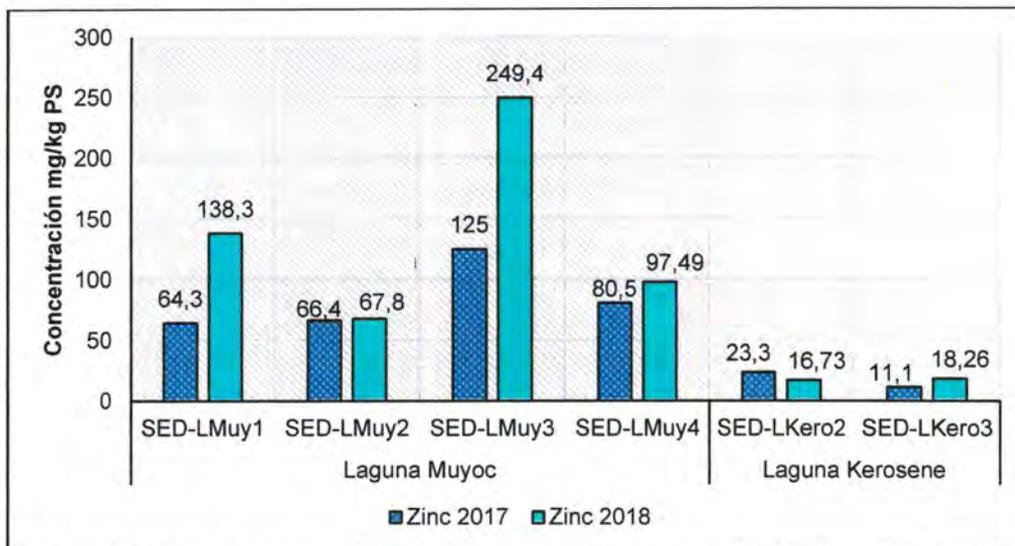


Figura 7-348. Concentración de zinc total en los sedimentos de las lagunas Muyoc y Kerosene

7.5.2.2 Análisis Multivariado

Para el comportamiento de los metales en sedimentos de las lagunas, se realizó el análisis multivariado de todas las muestras evaluadas en ambas evaluaciones (octubre 2017 y marzo 2018), las cuales se diferencian en el diagrama Biplot al añadir luego del nombre del punto de muestreo, los 2 últimos dígitos del año evaluado y entre paréntesis, y sus agrupaciones de los citados puntos de muestreo en relación al comportamiento de los metales que finalmente se considerente en el análisis. Cabe señalar que para esta evaluación, tiene un enfoque especial en donde se enfatiza los resultados mas sobresalientes (atípicos u outliers) en los puntos de muestreo.

Asimismo, se consideró los mismos criterios previsto establecidos en la evaluación de los cuerpos de agua (porcentaje de valor menores al límite de cuantificación, Test de KMO, porcentaje de varianza explicada y criterio de Kaiser) y debido a la gran diferencia de las concentraciones de algunos metales como el cobre, molibdeno y vanadio de la laguna Dos Colores (LDCol1) con respecto a las otras lagunas (Anexo D), las cargas y puntuaciones se estandarizaron para una mejor visualización en el diagrama Biplot.

Con lo considerado en los párrafos anteriores, la evaluación del Análisis de Factor para sedimentos registró un valor de Test de KMO de 0,665 (ordinario) con una varianza de 79,005 % (Tabla 7-102).

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

Factor	Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square)			
	Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO): 0,665			
	Eigenvalor	% Total	Cumulativo	% Cumulativo
1	6,722906	42,02	6,72291	42,01816
2	3,263198	20,39	9,9861	62,41315
3	1,647495	10,3	11,6336	72,71
4	1,007172	6,29	12,64077	79,00482

Con respecto a las cargas (loadings), ver Tabla 7-103, los siguientes parámetros asociados a un Factor registraron valores no estandarizados mayores a 0,7:



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

- Factor 1: berilio, cobalto, cromo, níquel y zinc; Factor 2: arsénico, cadmio y hierro, Factor 3: cobre, molibdeno y vanadio y Factor 4: aluminio con valor de 0,546 y plomo con valor absoluto de 0,642 menores a 0,7.

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

Cargas (loadings) estandarizadas del Factor (Rotación Varimax)					
Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square)					
(Cargas no estandarizadas resaltadas son > 0,7000)					
N.º	Parámetro	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
1	Aluminio	1,448	0,538	0,362	0,546
2	Arsénico	0,367	1,341	0,509	0,454
3	Bario	1,239	-1,123	-0,482	0,072
4	Berilio	2,337	-0,240	-0,341	0,093
5	Cadmio	0,909	1,416	0,054	-0,148
6	Cobalto	2,275	0,451	0,297	-0,033
7	Cobre	0,358	0,332	1,165	0,055
8	Cromo	2,026	0,100	0,560	-0,006
9	Hierro	0,556	1,614	0,107	0,117
10	Manganeso	1,115	-0,795	-0,426	0,139
11	Molibdeno	0,092	0,172	1,177	-0,050
12	Níquel	2,307	0,456	0,346	0,095
13	Plomo	0,789	-0,016	0,178	-0,642
14	Talio	0,878	0,703	0,303	0,405
15	Vanadio	1,160	0,324	1,045	0,138
16	Zinc	2,221	0,371	0,318	-0,098

En relación a las puntuaciones (scores) estandarizados de los puntos de muestreo, ve Tablas 7-104, junto con las cargas de los parámetros estandarizados para cada factor se visualizaron con el diagrama biplot (Figuras 7-349 y 7-350).

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

Puntuaciones (scores) estandarizadas del Factor					
Rotación Varimax					
Extracción: Principal factors (comm.=multiple R-square)					
N.º	Punto de muestreo	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
1	SED-LMuy1 (17)	0,3709	-0,6165	-0,6183	1,2448
2	SED-LMuy2 (17)	0,2019	-0,3345	-0,2113	1,0765
3	SED-LMuy3 (17)	0,0625	-0,1665	-0,2285	-0,0766
4	SED-LMuy4 (17)	0,2560	-0,4708	-0,5415	0,8162
5	SED-LRinc1 (17)	-0,2394	-0,1227	0,2653	-0,0484
6	SED-LRinc2 (17)	1,3376	0,1258	-0,4106	-1,6338
7	SED-LRinc3 (17)	-0,3950	-0,1296	0,4119	-0,4161
8	SED-LDcol1 (17)	0,5084	0,3612	3,2260	0,8443
9	SED-LDcol3 (17)	-0,3351	-0,0567	0,1491	0,4893
10	SED-LMilp1 (17)	-0,3887	-0,1348	0,0689	0,2131
11	SED-LKero2 (17)	-0,2627	-0,1119	0,4536	-0,5714
12	SED-LKero3 (17)	-0,2975	-0,1334	0,1871	-0,0935
13	SED-LMuy1 (18)	-0,1486	-0,0733	-0,3293	-0,4398
14	SED-LMuy2 (18)	0,1092	-0,0366	-0,4260	-0,1388
15	SED-LMuy3 (18)	0,2671	0,0815	-0,4497	-1,5170
16	SED-LMuy4 (18)	0,2605	-0,1789	-0,1679	0,8313
17	SED-LMuy5 (18)	0,0667	0,0206	-0,3001	-0,3549
18	SED-LMuy 6 (18)	-0,2968	-0,1938	-0,0905	0,2819
19	SED-LMuy 7 (18)	-0,1503	-0,0926	-0,3291	-0,6055
20	SED-LYana 5 (18)	0,1653	0,5334	-0,3290	2,7642
21	SED-LYana 6 (18)	-0,0886	1,0872	-0,7569	-0,0267
22	SED-LYana 7 (18)	-0,2820	0,9470	-0,6473	0,0121
23	SED-LKero2 (18)	-0,1486	-0,0289	0,6091	-1,7653
24	SED-LKero3 (18)	-0,2372	-0,1012	0,1137	-0,3996
25	SED-LKero 4 (18)	-0,3355	-0,1736	0,3512	-0,4863



7.5.3 Comunidades hidrobiológicas

En esta sección se presentan y analizan los resultados de las comunidades hidrobiológicas obtenidas durante las 2 evaluaciones ambientales realizadas por el OEFA dentro del área de influencia del proyecto El Galeno. La primera evaluación, realizada en octubre de 2017, abarcó las microcuencas de las quebradas Milpo, Yanacocha, Kerosene y La Chorrera; mientras que, en la segunda evaluación se trabajó en las microcuencas de las quebradas Milpo, Yanacocha y Kerosene en marzo de 2018. Se evaluaron un total de 55 puntos de muestreo donde 28 corresponden a la primera evaluación y 50 a la evaluación realizada en marzo del presente año.

Cabe resaltar que, de las 4 microcuencas evaluadas, sólo las microcuencas de las quebradas Milpo, Yanacocha y Kerosene presentan puntos de muestreo en común en ambas evaluaciones, por lo que se realizará la comparación de los resultados obtenidos en octubre de 2017 y marzo de 2018 sólo para dichos puntos. A continuación, se presenta la Tabla 7-105 donde se detalla los puntos de muestreo comparados y la comunidad hidrobiológica evaluada por tipo de cuerpo de agua (quebrada o laguna).

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

MICROCUENCA DE LA QUEBRADA	UBICACIÓN	PUNTO DE MUESTREO	COMUNIDAD HIDROBIOLÓGICA					
			Plancton		Perifiton		MIB	
			Octubre 2017	Marzo 2018	Octubre 2017	Marzo 2018	Octubre 2017	Marzo 2018
Milpo	Laguna La Rinconada	HIB-LRinc1	x	x	-	x	x	x
		HIB-LRinc2	x	x	-	x	x	x
		HIB-LRinc3	x	x	-	x	x	x
	Laguna Dos Colores	HIB-LDCol1	x	x	-	x	x	x
		HIB-LDCol3	x	x	-	x	x	x
	Laguna Milpo	HIB-LMilp1	x	x	-	x	x	x
		HIB-LMilp2	x	x	-	x	x	x
		HIB-LMilp3	x	x	-	x	x	x
		HIB-LMilp4	x	x	-	x	x	x
	Laguna Muyoc	HIB-LMuy1	x	x	-	x	x	x
		HIB-LMuy2	x	x	-	x	x	x
		HIB-LMuy3	x	x	-	x	x	x
		HIB-LMuy4	x	x	-	x	x	x
	Quebrada Dos Colores	HIB-LDCol2	-	-	x	x	x	x
	Quebrada Milpo	HIB-QMilp1	-	-	x	x	x	x
		HIB-QMilp2	-	-	x	x	x	x
	Quebrada Muyoc	HIB-QMuy1	-	-	x	x	x	x
		HIB-QMuy2	-	-	x	x	x	x
Quebrada Quinuacucho	HIB-QQuin1	-	-	x	x	x	x	
Yanacocha	Laguna Yanacocha	HIB-LYana1	x	x	-	x	x	x
	Quebrada Yanacocha	HIB-QYana1	-	-	x	x	x	x
Kerosene	Laguna Kerosene	HIB-LKero2	x	x	-	x	x	x
		HIB-LKero3	x	x	-	x	x	x
PUNTOS EVALUADOS POR COMUNIDAD HIDROBIOLÓGICA			16	16	7	23	23	23

(-) 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»

Se observa que los 23 puntos de muestreo en común, corresponden a 16 puntos distribuidos en lagunas y 7 en quebradas. Con respecto a ambas evaluaciones, el plancton sólo fue colectado en lagunas y los macroinvertebrados bentónicos en todos los puntos de muestreo. Por otro lado, el perifiton fue colectado en todos los puntos de muestreo en marzo de 2018 a diferencia de la primera evaluación donde esta comunidad sólo fue evaluada en las quebradas (Tabla 7-105).

En toda el área de estudio, el OEFA registró un total de 219 taxa de biota acuática. De los que en la primera evaluación (octubre de 2017) se registraron 173; mientras que, en la segunda evaluación (marzo de 2018) fueron registrados 190 taxa. Sin embargo, en cuanto a los puntos de muestreo en común, en la primera evaluación se registraron 168 taxa; en tanto que, en la segunda evaluación se registraron 156 (Tabla 7-106). Respecto a la abundancia total en la primera y segunda evaluación se registraron 323 907 y 1 371 899 organismos, respectivamente (Tabla 7-107).

La microcuenca de la quebrada Milpo presentó el mayor número de taxa registrados en ambas evaluaciones, seguidos de las microcuencas de las quebradas Kerosene y Yanacocha (Tabla 7-106). En la primera evaluación, la comunidad hidrobiológica con mayor riqueza fue el plancton (fitoplancton y zooplancton) con 115 taxa, seguido del perifiton (61) y de los macroinvertebrados bentónicos (49); en tanto que, en la segunda evaluación se destacó el perifiton con 92 taxa, seguido del plancton (73) y de los macroinvertebrados bentónicos con 41 taxa (Tabla 7-106 y Figura 7-351).

En cuanto a la abundancia de organismos, la microcuenca de la quebrada Milpo destacó de igual manera que en el número de taxa seguido por la microcuenca Yanacocha y Kerosene en la evaluación de octubre de 2017, y por la microcuenca de la quebrada Kerosene y Yanacocha, en la evaluación de marzo de 2018 (Tabla 7-107). En ambas evaluaciones, la comunidad hidrobiológica del perifiton fue la más abundante, a diferencia de los macroinvertebrados bentónicos y del plancton que fueron los que presentaron menor número de organismos en la primera y segunda evaluación, respectivamente (Tabla 7-107 y Figura 7-352).



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»

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

Microcuenca de la quebrada	OCTUBRE 2017					MARZO 2018				
	Fitoplancton	Zooplancton	Perifiton	MIB	Total	Fitoplancton	Zooplancton	Perifiton	MIB	Total
Milpo	84	18	47	43	154	31	23	92	41	144
Yanacocha	19	2	23	6	45	9	8	30	14	55
Kerosene	36	9	NE	8	53	20	6	40	10	61
Total	96	19	61	49	168	51	22	92	41	156

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

Microcuenca de la quebrada	OCTUBRE 2017					MARZO 2018				
	Fitoplancton	Zooplancton	Perifiton	MIB	Total	Fitoplancton	Zooplancton	Perifiton	MIB	Total
Milpo	55 662	3294	224 978	19 632	303 566	2360	649	1 111 205	11 345	1 125 559
Yanacocha	8824	105	2030	507	11 466	69	34	56 520	274	56 897
Kerosene	5867	333	NE	2675	8875	1317	147	187 224	755	189 443
Total	70 353	3732	227 008	22 814	323 907	3746	830	1 354 949	12 374	1 371 899



Handwritten signature and vertical text on the left margin



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

Se puede observar que en la primera evaluación (octubre de 2017), el fitoplancton presentó un mayor número de especies a diferencia de la segunda evaluación (marzo de 2018) donde registró una disminución; asimismo, se observa un incremento de la riqueza en el perifiton. Por otro lado, tanto el zooplancton como los macroinvertebrados bentónicos presentaron ligeras variaciones entre ambas evaluaciones (Figura 7-351).



Handwritten signature and initials in blue ink.

Handwritten signature and initials in blue ink.

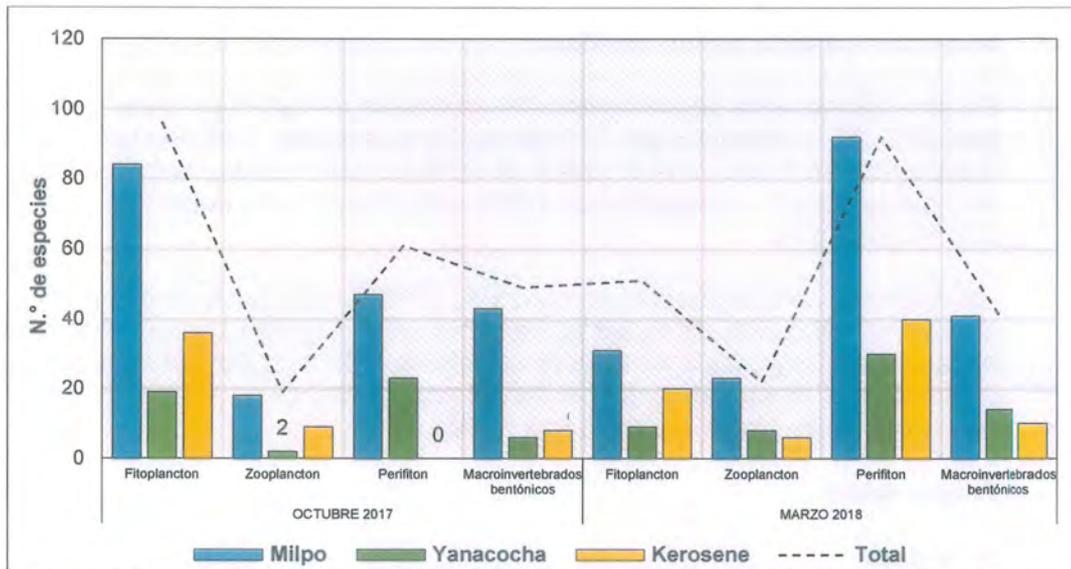


Figura 7-351. Riqueza de especies por comunidad hidrobiológica evaluada en octubre de 2017 y marzo de 218 en las microcuencas Milpo, Yanacocha y Kerosene

En cuanto a la abundancia, se observa que el perifiton fue la comunidad con mayor dominancia en los cuerpos de agua en ambas evaluaciones, destacando su abundancia en la evaluación de marzo de 2018. Por otro lado, el plancton y los macroinvertebrados bentónicos disminuyeron en abundancia en la segunda evaluación respecto a la primera (Figura 7-352).

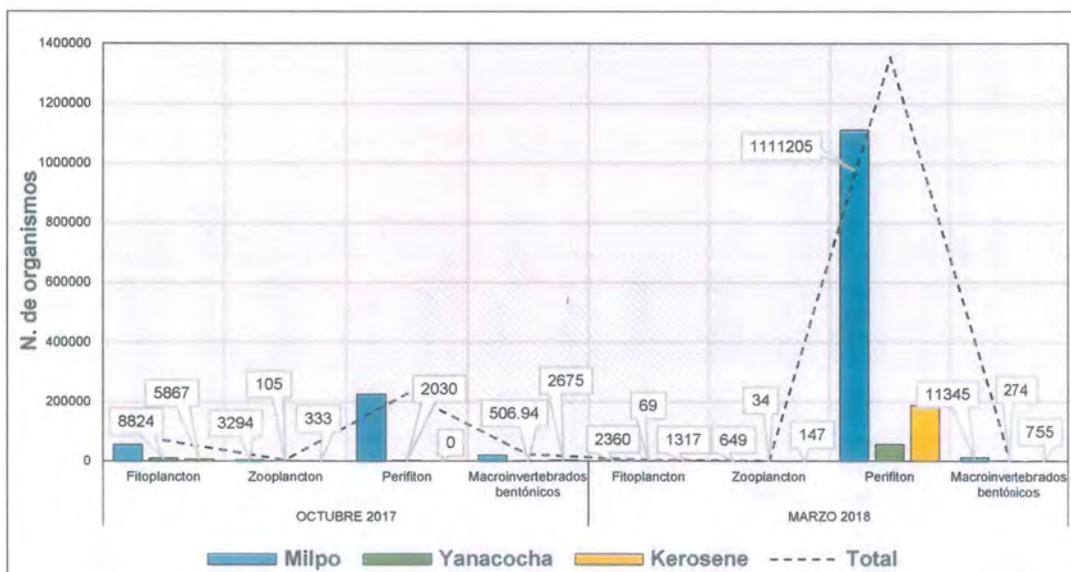


Figura 7-352. Abundancia de especies por comunidad hidrobiológica evaluada en octubre de 2017 y marzo de 218 en las microcuencas Milpo, Yanacocha y Kerosene



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

7.5.3.1 Análisis descriptivo

A continuación, se presenta los resultados de la riqueza y la abundancia de cada comunidad hidrobiológica registrados en cada microcuenca durante ambas evaluaciones. Cabe resaltar que los resultados del plancton se presentan por separado para cada uno (1) de sus 2 componentes: fitoplancton y zooplancton para mejorar su entendimiento.

a.1 Microcuenca de la quebrada Milpo

En esta microcuenca se encuentran 19 puntos de muestreo en común para ambas evaluaciones, constituidos por 13 lagunas y 6 quebradas. Tanto en la evaluación de octubre de 2017 como en la de marzo de 2018 se evaluó el fitoplancton y zooplancton en lagunas, los macroinvertebrados bentónicos en lagunas y quebradas, y el perifiton sólo en quebradas.

Sin embargo, en la evaluación de marzo de 2018 se colectaron muestras de perifiton también en los puntos de muestreo ubicados en las lagunas (Tabla 7-104). Además, en la primera evaluación se registró un total de 154 taxa de biota acuática y en la segunda, 144, mostrando una abundancia total de 303 566 y 1 125 559 organismos, respectivamente (Tabla 7-105 y Tabla 7-106).

a.1.1 Fitoplancton

❖ Riqueza

Se observa que todos los puntos de muestreo evaluados en octubre de 2017 presentaron un mayor número de taxa de fitoplancton a diferencia de la evaluación realizada en marzo de 2018. Además, se aprecia ligeras variaciones en la riqueza de especies en la laguna Dos Colores en ambas evaluaciones a diferencia del resto de las lagunas evaluadas. Cabe resaltar que la laguna Muyoc presentó mayor número de especies en ambas evaluaciones; así como, algunos puntos de las lagunas La Rinconada y Milpo en la primera evaluación (Figura 7-353).

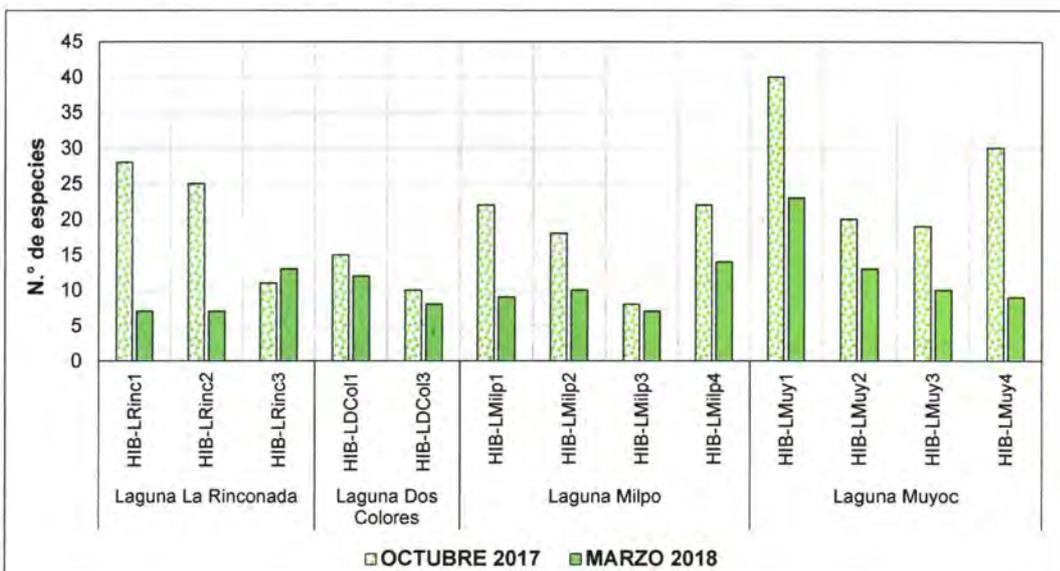


Figura 7-353. Riqueza del fitoplancton en los puntos de muestreo comunes ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo



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



Handwritten signature and initials in blue ink.

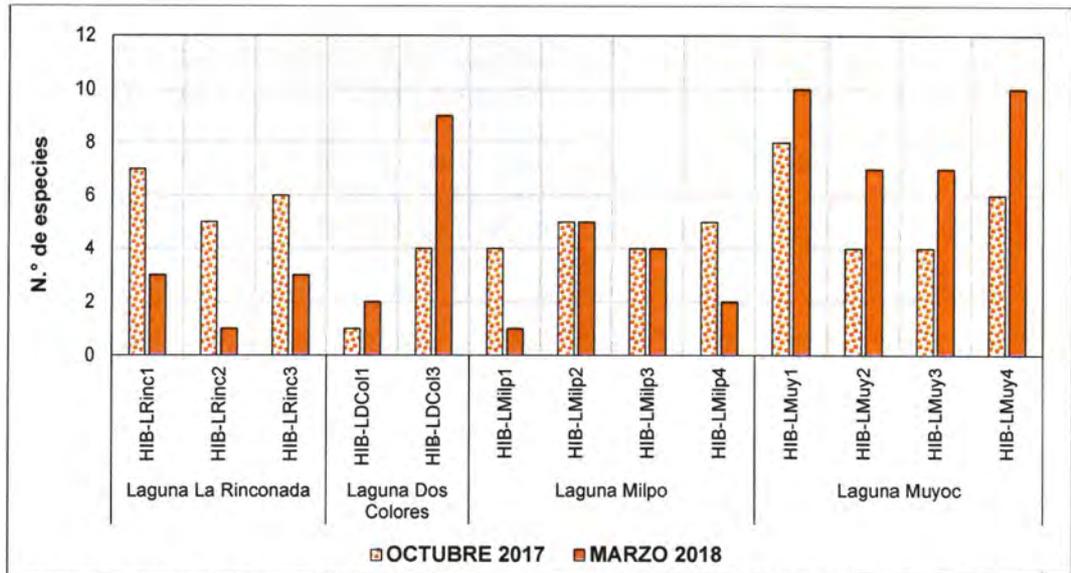


Figura 7-355. Riqueza del zooplancton en los puntos de muestreo comunes ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Abundancia

En cuanto a la abundancia, se observa un mayor número de organismos en la primera evaluación en todos los puntos de muestreo a diferencia de la laguna Dos Colores y el punto HIB-LMuy2 (laguna Muyoc) donde el zooplancton fue ligeramente mayor en la segunda evaluación. Cabe resaltar la amplia diferencia de la abundancia de la laguna Muyoc con respecto al resto de las lagunas evaluadas, particularmente en el punto HIB-LMuy4 (Figura 7-356).

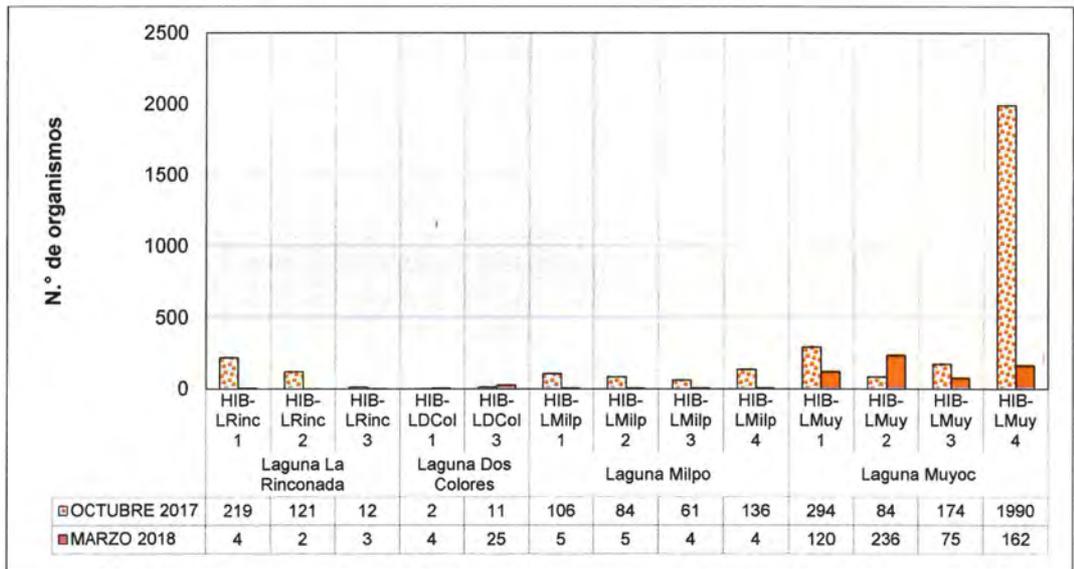


Figura 7-356. Abundancia del zooplancton en los puntos de muestreo comunes ubicados en las lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo



a.1.3 Perifiton

Se observan ligeras variaciones en el número de especies en los puntos de muestreo entre ambas evaluaciones; sin embargo, se resalta el mayor número de especies en las quebradas Muyoc (HIB-QMuy2) y Quinuacucho (HIB-QQuin1) en ambas evaluaciones (Figura 7-357).



Handwritten signature and date: 10/03/2018

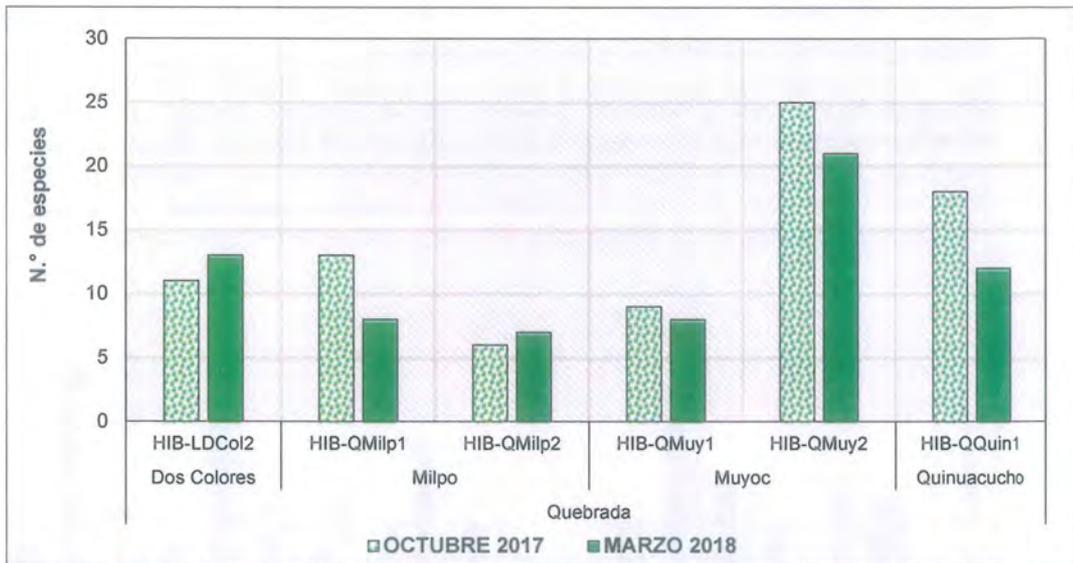


Figura 7-357. Riqueza del perifiton en los puntos de muestreo comunes ubicados en las lagunas y quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Abundancia

Se aprecia una mayor abundancia en la segunda evaluación en todos los puntos de muestreo, con excepción de la quebrada Quinuacucho donde la primera evaluación presentó una gran cantidad de organismos. Cabe resaltar la amplia diferencia en términos de abundancia del punto HIB-QMilp1 (quebrada Milpo) en la evaluación de marzo de 2018 con respecto al resto de puntos evaluados (Figura 7-358).

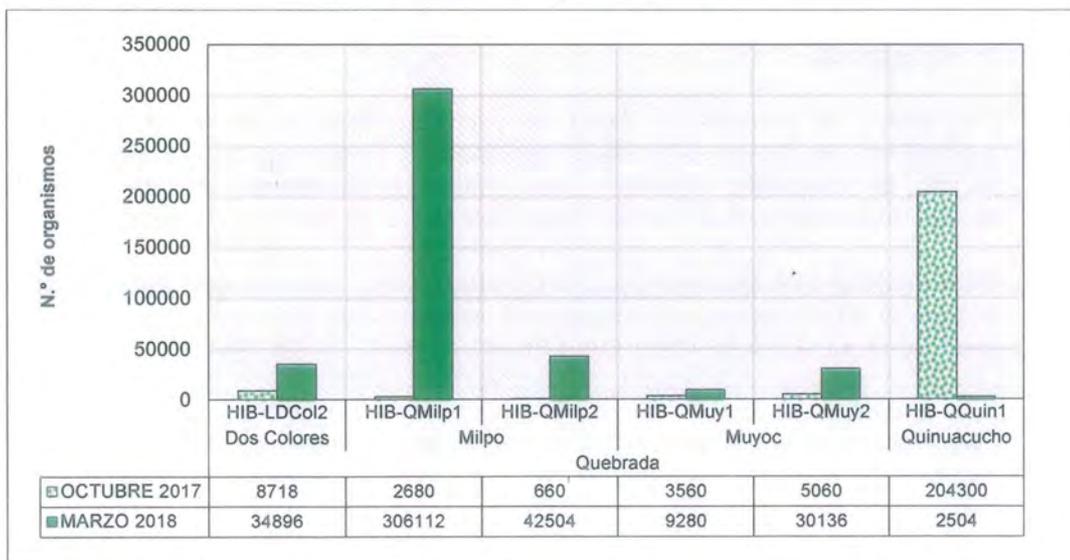


Figura 7-358. Abundancia del perifiton en los puntos de muestreo comunes ubicados en las lagunas y quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo



a.1.4 Macroinvertebrados bentónicos

❖ Riqueza

En las lagunas, se observa ligeras diferencias en el número de especies en los puntos de muestreo entre ambas evaluaciones, a excepción del punto HIB-LRinc2 (laguna La Rinconada) que presentó mayor riqueza en la evaluación de octubre de 2017; y de los puntos HIB-LMilp3 (laguna Milpo) y HIB-LMuy1 (laguna Muyoc) que presentaron mayor riqueza en la evaluación de marzo de 2018.

De igual forma, las quebradas presentaron variaciones ligeras en la riqueza de especies en los puntos de muestreo entre ambas evaluaciones; sin embargo, el punto HIB-QMilp2 (quebrada Milpo) registró mayor riqueza en la evaluación de octubre de 2017, en tanto que, el punto HIB-QQuin1 (quebrada Quinuacucho) presentó mayor número de especies en la evaluación de marzo de 2018 (Figura 7-359).



Vertical handwritten signature or notes in blue ink.

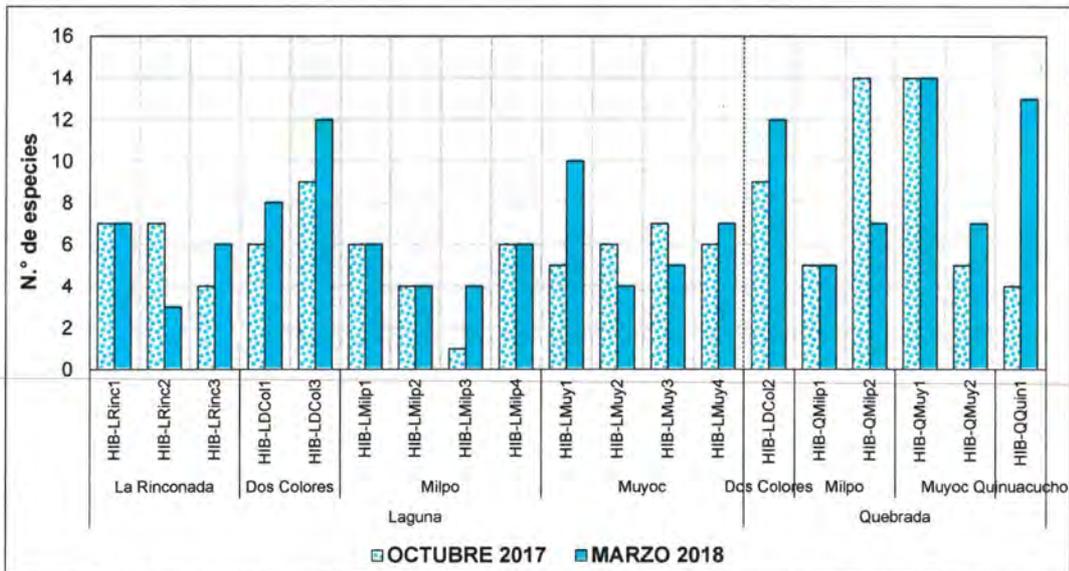


Figura 7-359. Riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo comunes ubicados en las lagunas y quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo

❖ Abundancia

Respecto a la abundancia, tanto los puntos evaluados en lagunas como en las quebradas presentaron amplias variaciones en el número de organismos entre los puntos de muestreo comunes para ambas evaluaciones, donde la evaluación realizada en marzo de 2018 fue la que destacó en la mayoría de puntos.

Cabe resaltar que las lagunas Dos Colores y Milpo son las que presentaron mayor diferencia en el número de organismos entre ambas evaluaciones. Respecto a las quebradas, el curso de agua que une los sectores de la laguna Dos Colores (HIB-LDCol2) y el punto HIB-QMilp1, ubicado en la quebrada Milpo, son los que destacaron en la diferencia en la abundancia de organismos entre ambas evaluaciones, donde la mayor abundancia correspondió a la evaluación de marzo de 2018 (Figura 7-360).



«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.

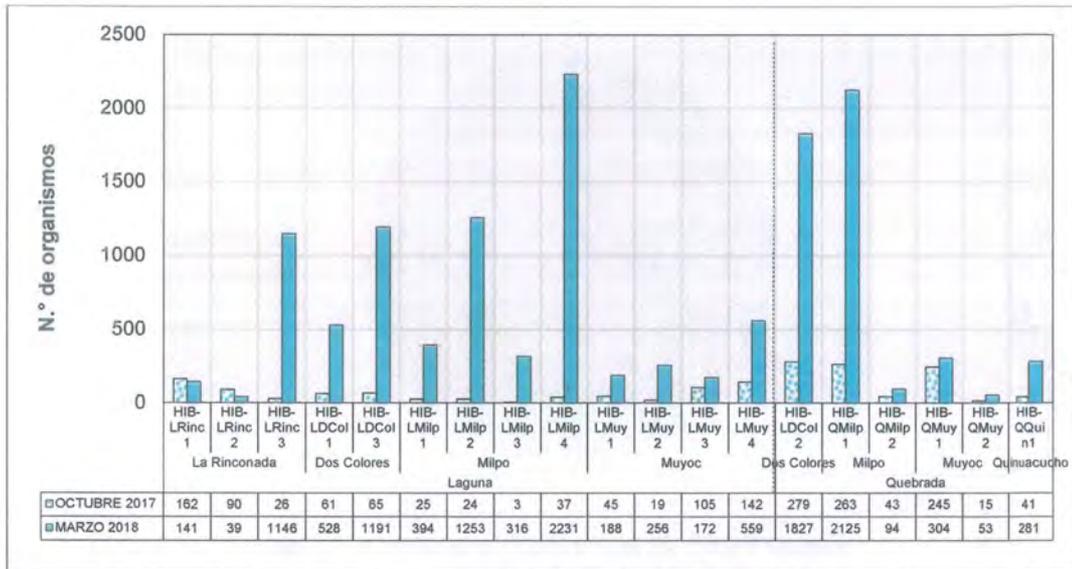


Figura 7-360. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo comunes ubicados en las lagunas y quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo

a.2 Microcuenca de la quebrada Yanacochoa

En esta microcuenca se encuentran 2 puntos de muestreo en común para ambas evaluaciones, constituidos por una laguna y una quebrada. Tanto en la evaluación de octubre de 2017 como en la de marzo de 2018 se evaluó el fitoplancton y el zooplancton en la laguna Yanacochoa, los macroinvertebrados bentónicos en la laguna y quebrada Yanacochoa, y el perifiton sólo en dicha quebrada.

Sin embargo, en la evaluación de marzo de 2018 se colectó perifiton también en la laguna Yanacochoa (Tabla 7-104). Además, en la primera evaluación se registró un total de 154 taxa de biota acuática y en la segunda, 144, mostrando una abundancia total de 303 566 y 1 125 559 organismos, respectivamente (Tabla 7-105 y Tabla 7-106).

a.2.1 Fitoplancton

❖ Riqueza y abundancia

Se observa que, en la evaluación realizada en octubre de 2017, la laguna Yanacochoa presentó un mayor número de taxa de fitoplancton respecto a la evaluación realizada en el año 2018 (Figura 7-361). En cuanto al número de organismos, se observa una gran diferencia entre ambas evaluaciones donde en octubre de 2017 se registró la mayor abundancia (Figura 7-362).



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



Handwritten signature and vertical text in blue ink.

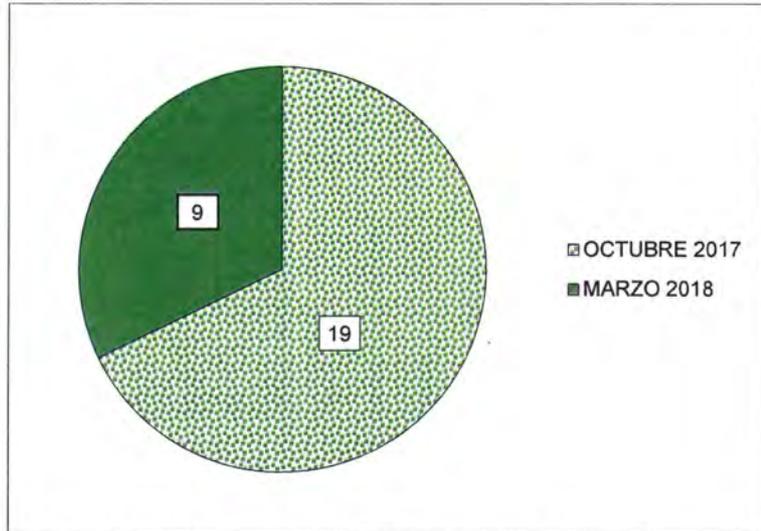


Figura 7-361. Riqueza del fitoplancton en la laguna Yanacocha en la evaluación de 2017 y 2018

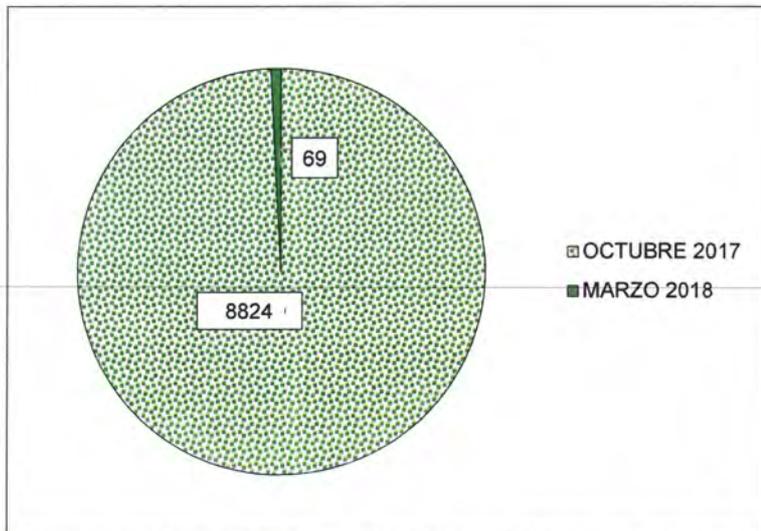


Figura 7-362. Abundancia del fitoplancton en la laguna Yanacocha en la evaluación de 2017 y 2018

a.2.2 Zooplancton

❖ Riqueza y abundancia

A diferencia del fitoplancton, se observa que en el zooplancton presentó mayor número de taxa en la evaluación realizada en marzo de 2018 (Figura 7-363). En cuanto al número de organismos, se observó que en la evaluación realizada en octubre de 2017 se registró la mayor abundancia (Figura 7-364).



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



Handwritten signature and initials in blue ink.

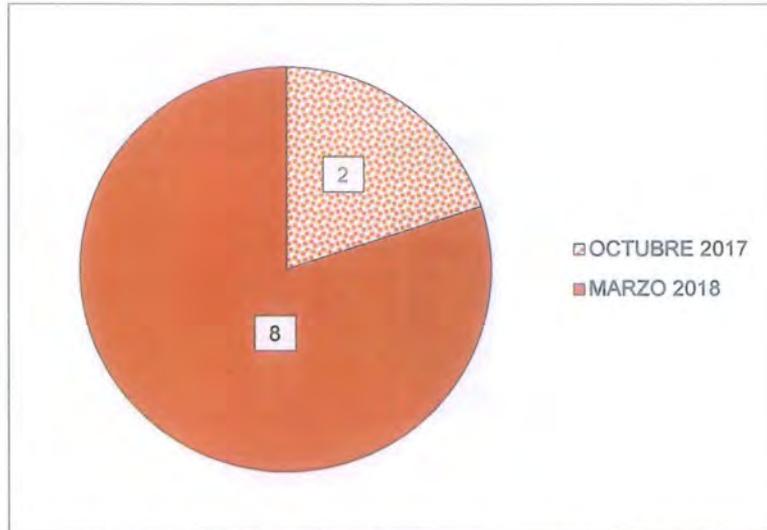


Figura 7-363. Riqueza del zooplancton en la laguna Yanacocha en la evaluación de 2017 y 2018

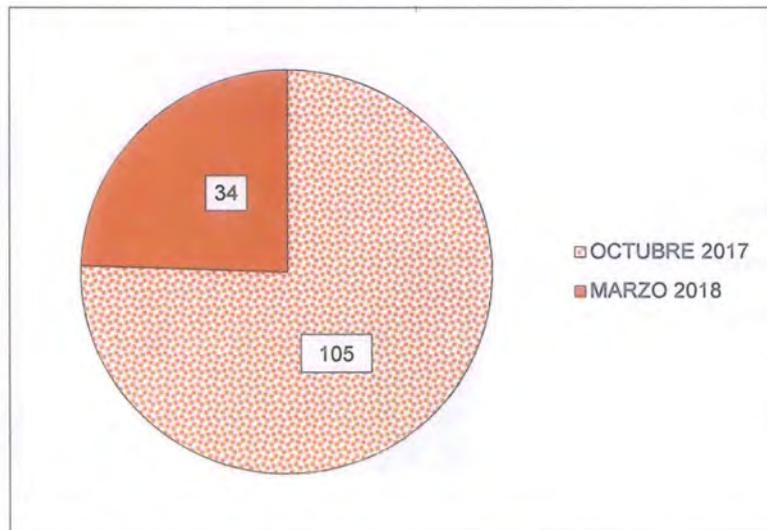


Figura 7-364. Abundancia del zooplancton en la laguna Yanacocha en la evaluación de 2017 y 2018

a.2.3 Perifiton

En cuanto a esta comunidad, cabe señalar que no se colectó en la laguna Yanacocha en la evaluación de octubre de 2017 por lo que sólo se pudo hacer una comparación entre evaluaciones para el punto HIB-QYana1 ubicado en la quebrada Yanacocha.

❖ Riqueza y abundancia

Se observa una ligera diferencia en el número de taxa entre ambas evaluaciones en la quebrada Yanacocha (Figura 7-365). Respecto a la abundancia, se observa que en el perifiton presentó mayor número de organismos en la evaluación realizada en marzo de 2018 (Figura 7-366).



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



Handwritten signature and date: 2018

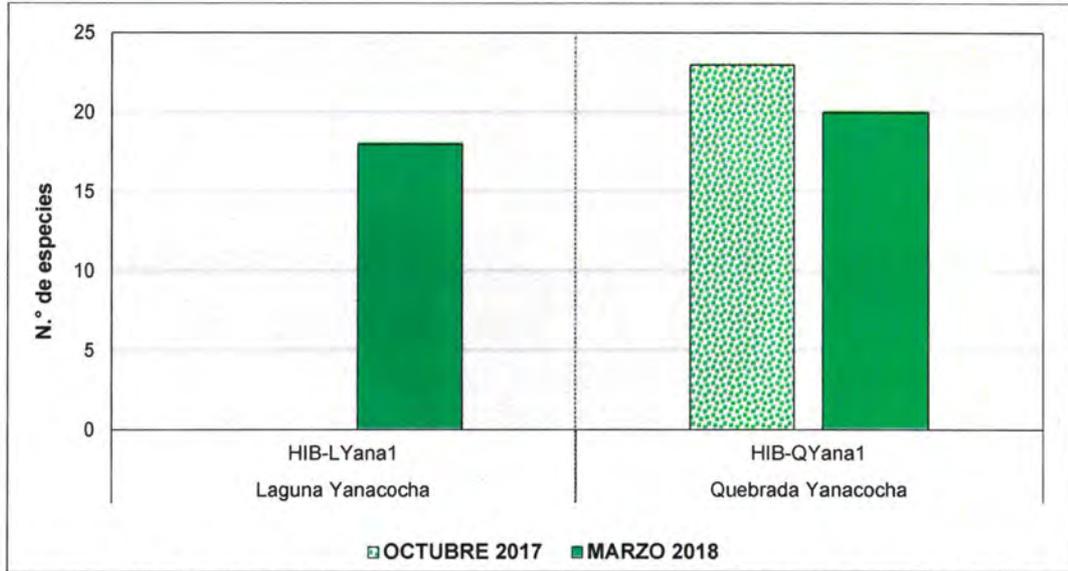


Figura 7-365. Riqueza del perifiton en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna y quebrada de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

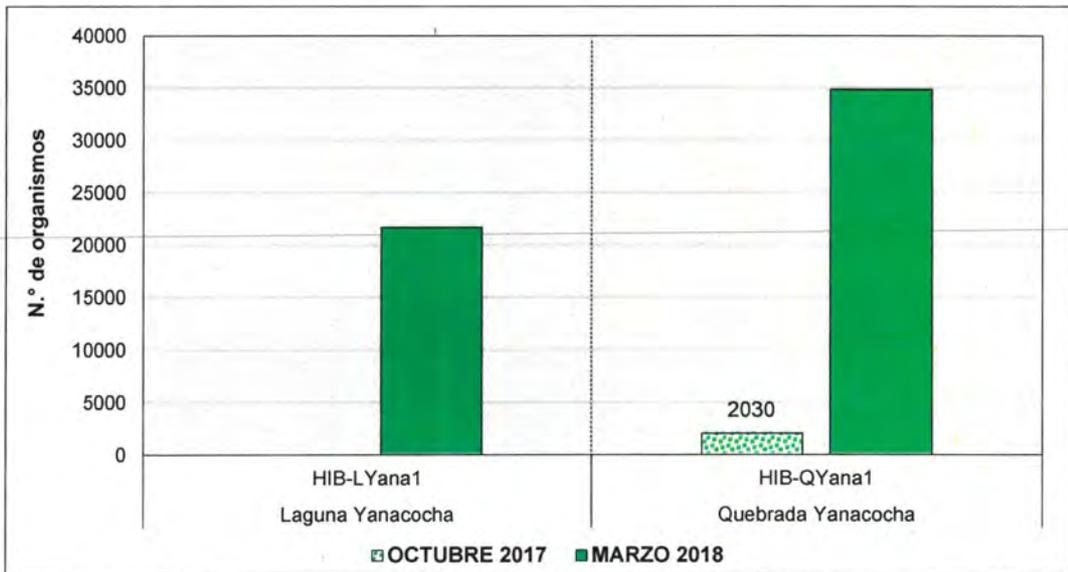


Figura 7-366. Abundancia del perifiton en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna y quebrada de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

a.2.4 Macroinvertebrados bentónicos

❖ Riqueza

En la laguna Yanacocha se observa una ligera diferencia en el número de taxa registrados en ambas evaluaciones a diferencia de la quebrada Yanacocha, donde la evaluación realizada en marzo de 2018 presentó mayor riqueza (Figura 7-367).



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



Handwritten signature and initials in blue ink.

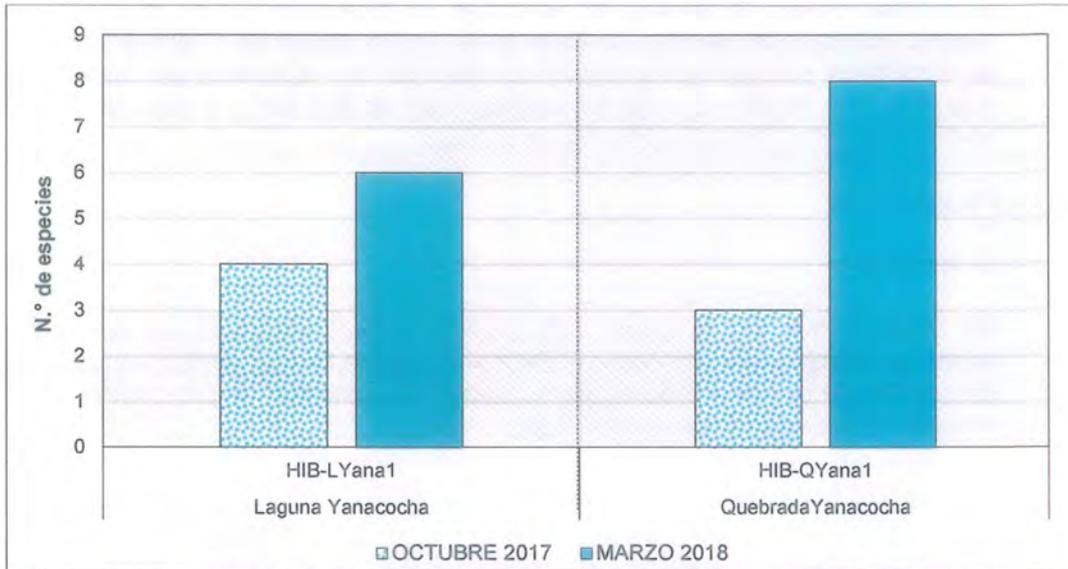


Figura 7-367. Riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna y quebrada de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

❖ Abundancia

Respecto a la abundancia, se observa grandes variaciones en el número de organismos entre ambas evaluaciones tanto en la laguna como en la quebrada Yanacocha, donde la evaluación realizada en marzo de 2018 registró mayor abundancia en ambos cuerpos de agua (Figura 7-368).

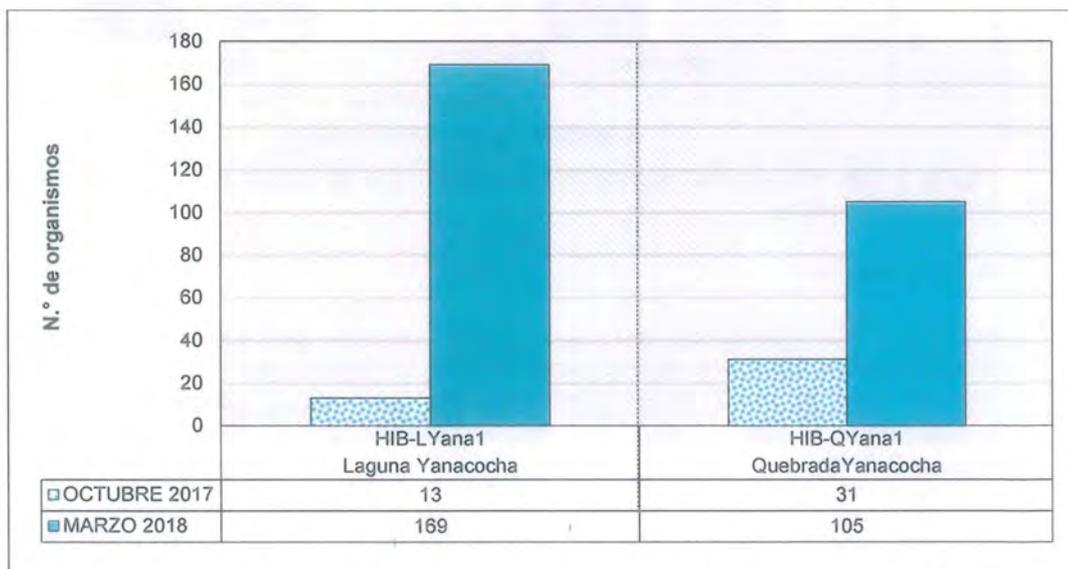


Figura 7-368. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna y quebrada de la microcuenca de la quebrada Yanacocha

a.3 Microcuenca de la quebrada Kerosene

En esta microcuenca se encuentran 2 puntos de muestreo en la laguna Kerosene, comunes para ambas evaluaciones. Tanto en la evaluación de octubre de 2017 como en la de marzo de 2018, se evaluó el fitoplancton, zooplancton y macroinvertebrados



benfónicos en dichos puntos; sin embargo, en la evaluación de marzo de 2018 se colectó muestras de perifiton también en la laguna Kerosene (Tabla 7-104). Además, en la primera evaluación se registró un total de 154 taxa de biota acuática y en la segunda, 144, mostrando una abundancia total de 303 566 y 1 125 559 organismos, respectivamente (Tabla 7-105 y Tabla 7-106).

a.3.1 Fitoplancton

❖ Riqueza

Se observa que en el punto HIB-LKero2 ambas evaluaciones presentaron 13 especies, a diferencia del punto HIB-LKero3 donde dichas evaluaciones registraron diferencias en el número de especies siendo la evaluación de octubre de 2017 quien presentó mayor riqueza (Figura 7-369).



Handwritten notes and signatures in blue ink, including checkmarks and arrows, located on the left margin of the page.

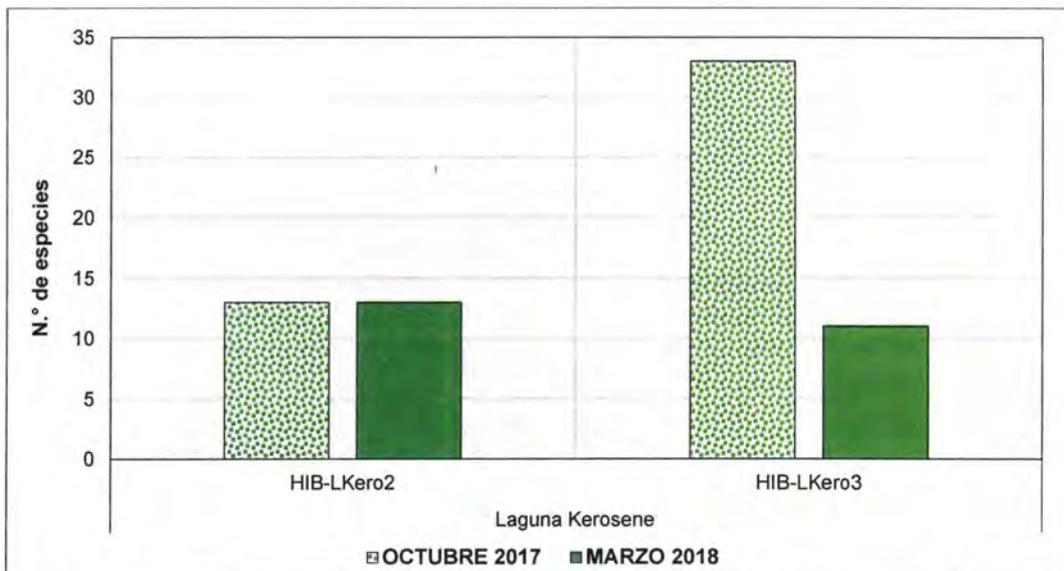


Figura 7-369. Riqueza del fitoplancton en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna Kerosene

❖ Abundancia

En cuanto a la abundancia, ambos puntos presentaron una disminución en el número de organismos en la segunda evaluación respecto en a la primera; sin embargo, cabe resaltar que el punto HIB-LKero3 registró una mayor diferencia entre ambas evaluaciones y que registró una mayor abundancia que en el punto HIB-LKero2 (Figura 7-370).



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

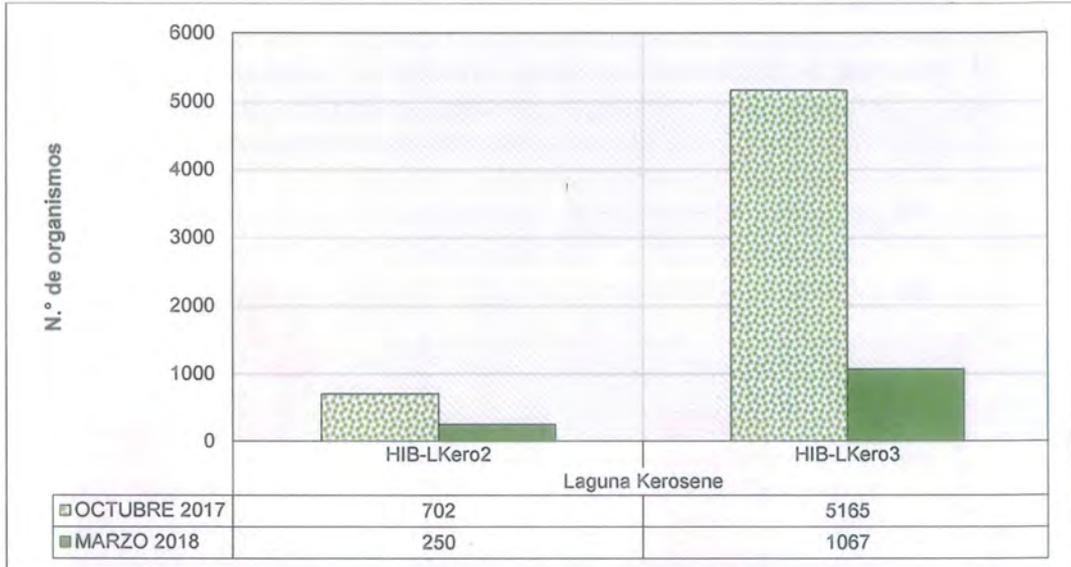


Figura 7-370. Abundancia del fitoplancton en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna Kerosene

a.3.2 Zooplancton

❖ Riqueza

Se observa que ambos puntos presentaron una disminución en el número de especies en la segunda evaluación respecto a la primera; sin embargo, cabe resaltar que el punto HIB-LKero2 registró una mayor diferencia entre ambas evaluaciones y que registró una mayor abundancia que en el punto HIB-LKero3 en la evaluación de octubre de 2017 (Figura 7-371).

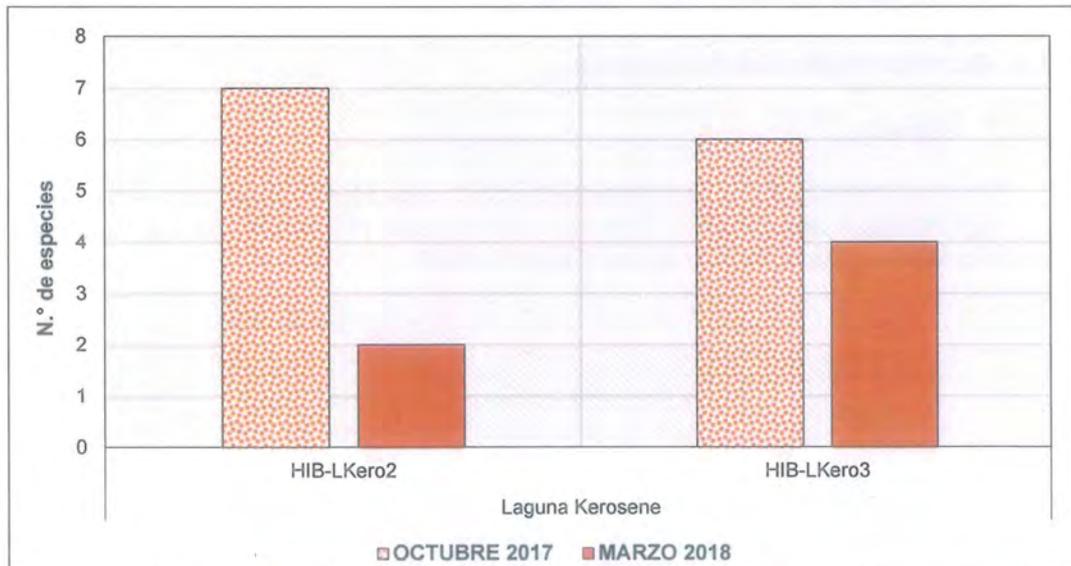


Figura 7-371. Riqueza del zooplancton en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna Kerosene



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

❖ Abundancia

Al igual que el fitoplancton, el punto HIB-LKero3 presentó mayor abundancia en ambas temporadas; sin embargo, también se destaca la amplia variación de la abundancia en el punto HIB-LKero2 entre ambas evaluaciones (Figura 7-372).

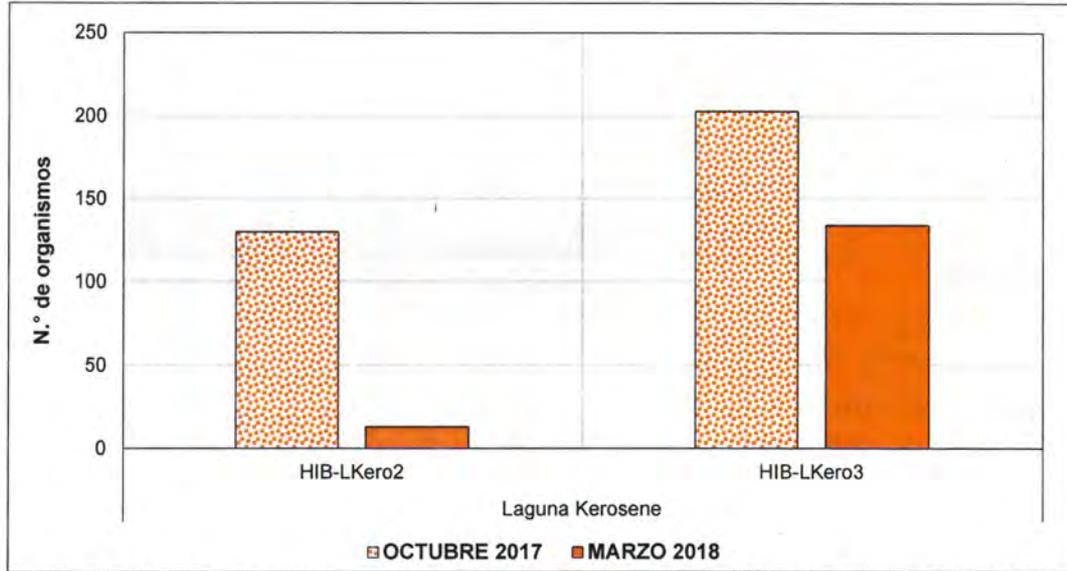


Figura 7-372. Abundancia del zooplancton en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna Kerosene

[Handwritten signature and date in blue ink]

a.3.3 Perifiton

En cuanto a esta comunidad, cabe señalar que la evaluación de octubre de 2017 no evaluó esta comunidad por lo que no se puede realizar ninguna comparación entre los resultados las evaluaciones realizadas por el OEFA.

a.3.4 Macroinvertebrados bentónicos

❖ Riqueza

En la laguna Kerosene se observa una moderada diferencia en el número de especies registradas en el punto HIB-LKero2 a diferencia de HIB-LKero3 que presentó la misma riqueza en ambas evaluaciones (Figura 7-373).

[Handwritten notes in blue ink: 'M', 'A', 'T', 'S', 'H']



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



Handwritten signature and initials in blue ink.

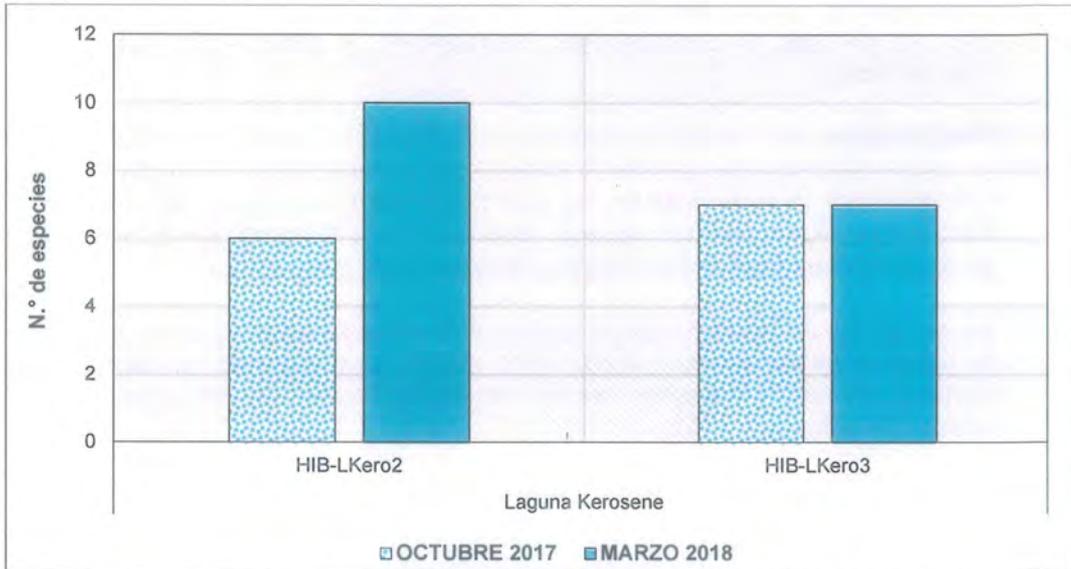


Figura 7-373. Riqueza de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna Kerosene

❖ Abundancia

Respecto a la abundancia, se observa una ligera variación en el número de organismos en el punto HIB-LKero2 entre ambas evaluaciones a diferencia de HIB-LKero3 que fue muy abundante en la evaluación de marzo de 2108 (Figura 7-374).

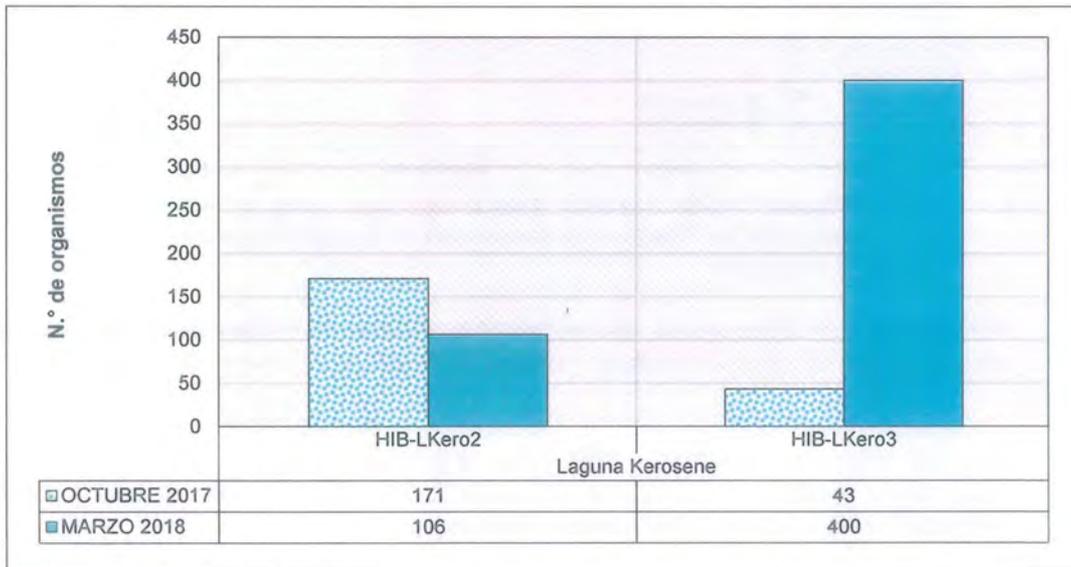


Figura 7-374. Abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo comunes ubicados en la laguna Kerosene

7.5.3.2 Análisis estadístico

A continuación, se presenta los resultados del análisis Anova two way que corroboró la existencia de diferencias significativas entre las diferentes microcuencas evaluadas y/o entre las evaluaciones realizadas en base a la riqueza y la abundancia de organismos registrados en cada comunidad hidrobiológica.



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

Cabe resaltar que los resultados del plancton se presentan por separado para cada uno (1) de sus 2 componentes: fitoplancton y zooplancton para mejorar su entendimiento.

a.1 Fitoplancton

El fitoplancton, colectado en las lagunas de las microcuencas de las quebradas Milpo, Yanacocha y Kerosene, no presentó diferencias significativas ($p = 0,986$) en la riqueza de especies entre las microcuencas y entre ambas evaluaciones.

Sin embargo, en las lagunas pertenecientes a la microcuenca de la quebrada Milpo se observa diferencia ($p < 0,03$) entre ambas evaluaciones, en donde la primera (octubre de 2017) presenta mayor número de especies respecto a la segunda evaluación (Figura 7-375).



G. B. T. N.

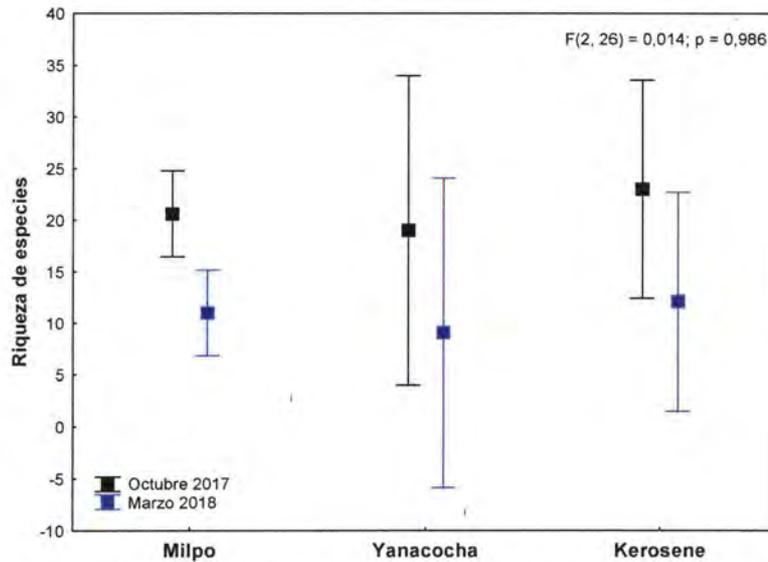


Figura 7-375. Análisis Anova two way para la riqueza de especies del fitoplancton en las microcuencas Milpo, Yanacocha y Kerosene

En cuanto a la abundancia, se realizó el test Kruskal-Wallis para cada evaluación debido a que las abundancias no presentaron varianzas homogéneas.

Se observó en en octubre de 2017; así como; en marzo de 2018, que este componente del plancton no presentó diferencias significativas ($p = 0,49$ y $p = 0,157$, respectivamente) en la abundancia de organismos entre las microcuencas evaluadas (Figura 7-376 y Figura 7-377, respectivamente).



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



Handwritten signature and initials in blue ink.

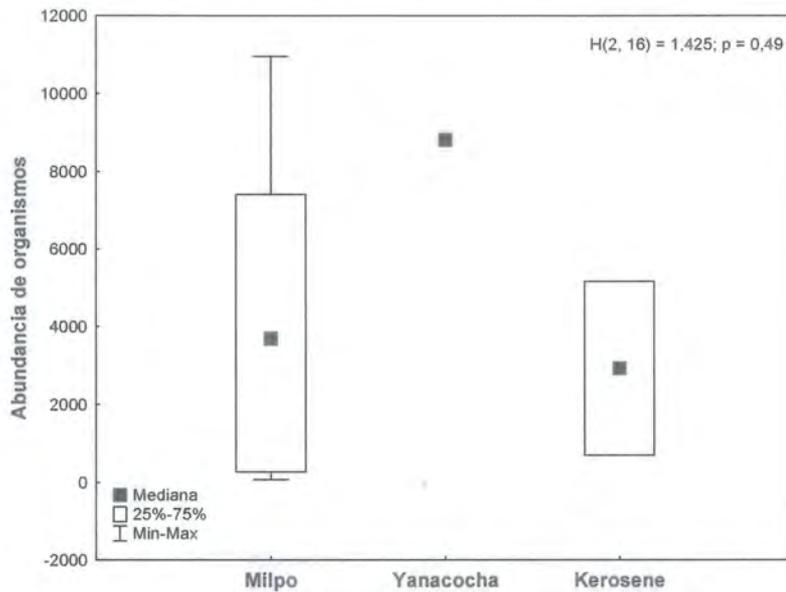


Figura 7-376. Análisis Kruskal-Wallis para la abundancia de organismos del fitoplancton en las microcuencas Milpo, Yanacocha y Kerosene (octubre de 2017)

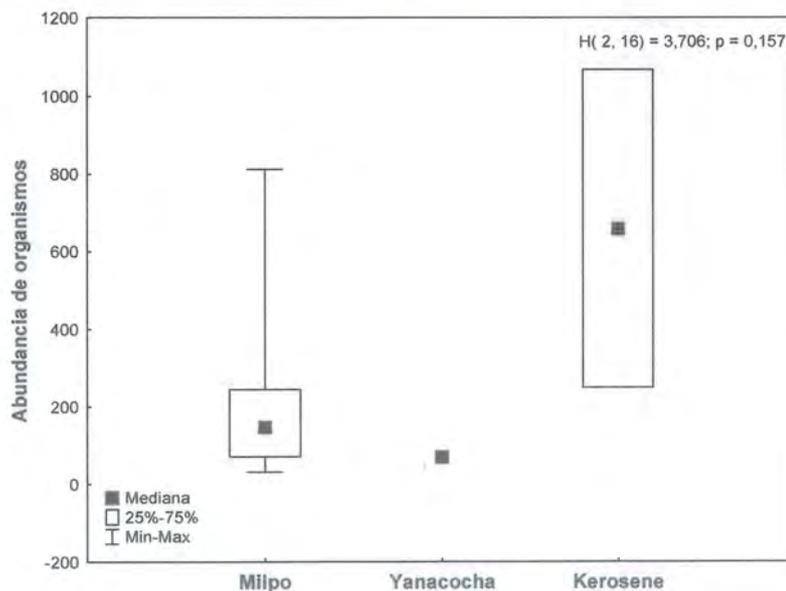


Figura 7-377. Análisis Kruskal-Wallis para la abundancia de organismos del fitoplancton en las microcuencas Milpo, Yanacocha y Kerosene (marzo de 2018)

a.2 Zooplancton

En cuanto al zooplancton colectado en las lagunas pertenecientes a las microcuencas de las quebradas Milpo, Yanacocha y Kerosene, no presentó diferencias significativas ($p = 0,17$) en la riqueza de especies como en la abundancia del zooplancton ($p = 0,943$) entre las microcuencas (Figura 7-378) y ambas evaluaciones (Figura 7-379).



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



Handwritten signature and initials in blue ink.

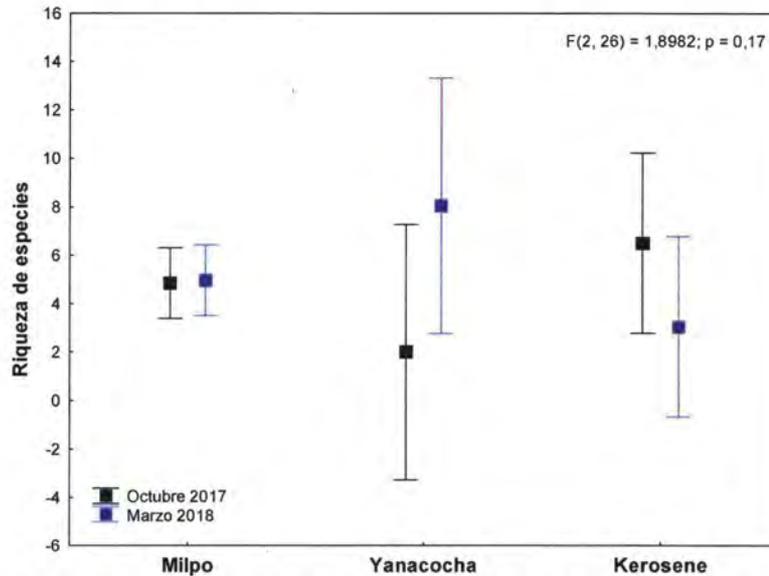


Figura 7-378. Análisis Anova two way para la riqueza de especies del zooplancton en las microcuencas Milpo, Yanacocha y Kerosene

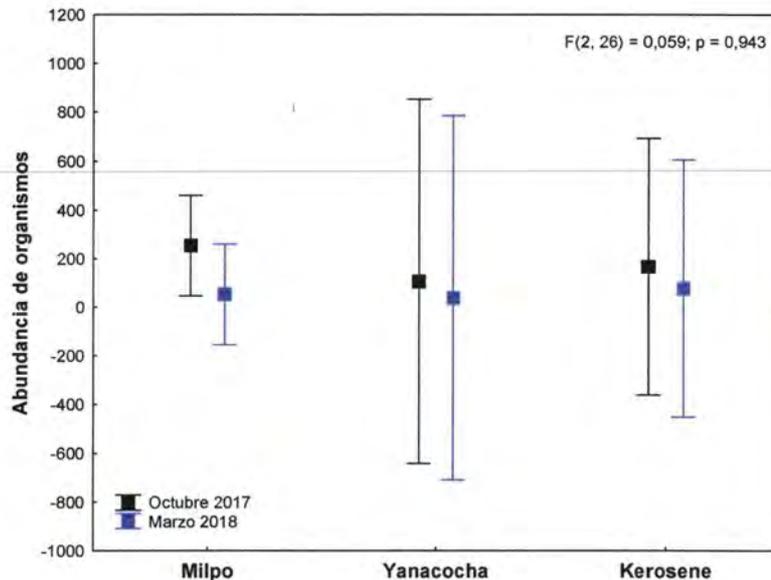


Figura 7-379. Análisis Anova two way para la abundancia de organismos del zooplancton en las microcuencas Milpo, Yanacocha y Kerosene

a.3 Perifiton

Al respecto de esta comunidad, como ya fue mencionado anteriormente, sólo fueron comparados puntos de muestreo en común evaluados en quebradas pertenecientes a las microcuencas de las quebradas Milpo y Yanacocha.

El presente análisis, mostró que no existe diferencias significativas ($p = 0,931$) entre estas microcuencas y entre ambas evaluaciones en término de número de especies;



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

así como, en término de las abundancias registradas ($p = 0,615$) para esta comunidad (Figura 7-380 y Figura 7-381, respectivamente).



Handwritten signature in blue ink

Handwritten signature in blue ink

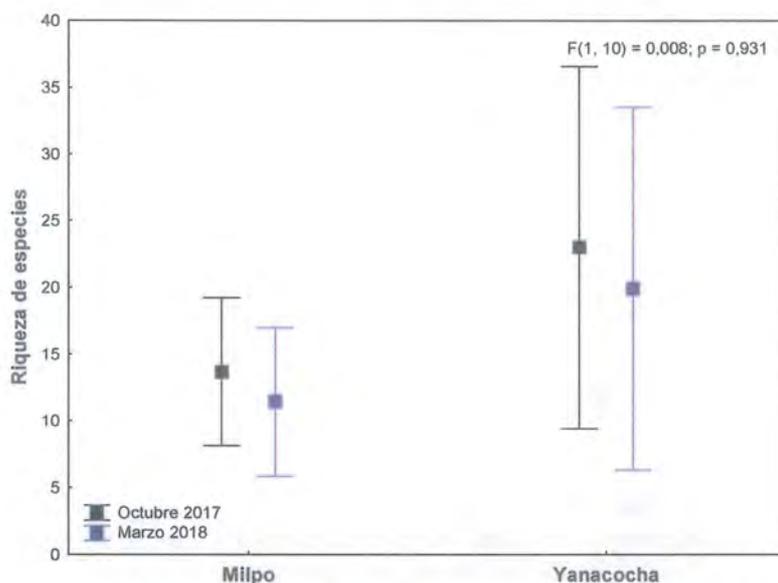


Figura 7-380. Análisis Anova two way para la riqueza de especies del perifiton en las microcuencas Milpo y Yanacocha

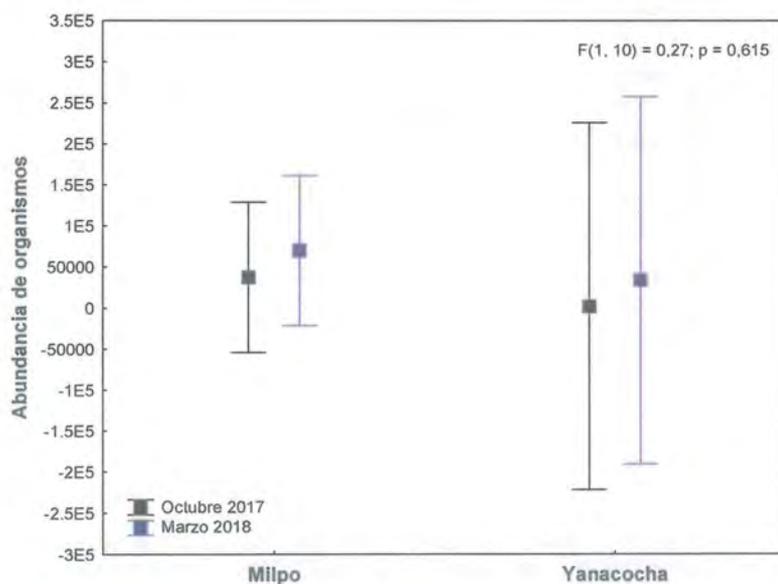


Figura 7-381. Análisis Anova two way para la abundancia de organismos del perifiton en las microcuencas Milpo y Yanacocha

a.4 Macroinvertebrados bentónicos

En las quebradas evaluadas, se observó la ausencia de diferencias significativas respecto a la riqueza de especies ($p = 0,564$) y a la abundancia de organismos ($p = 0,949$) entre las microcuencas de quebradas Milpo y Yanacocha, y entre ambas evaluaciones (Figura 7-382 y Figura 383, respectivamente).



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



Handwritten signature and date: 15/04/2018

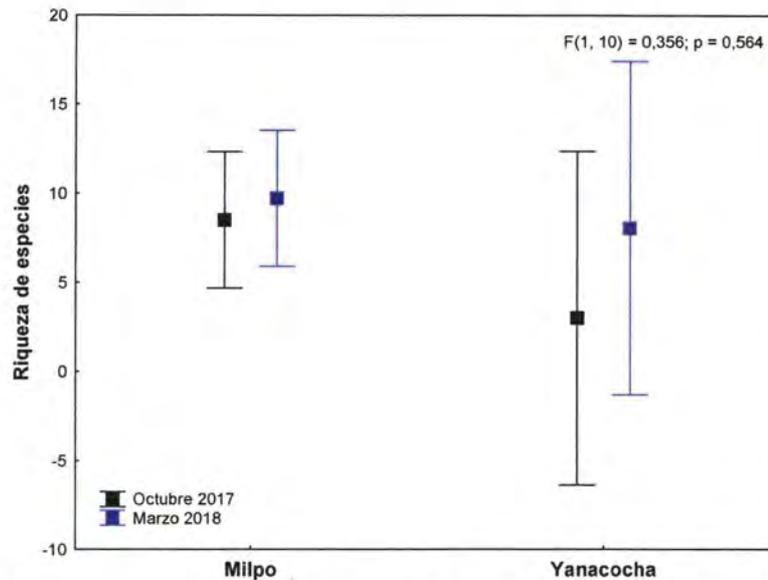


Figura 7-382. Análisis Anova two way para la riqueza de especies de los macroinvertebrados bentónicos en las quebradas de las microcuencas Milpo y Yanacocha

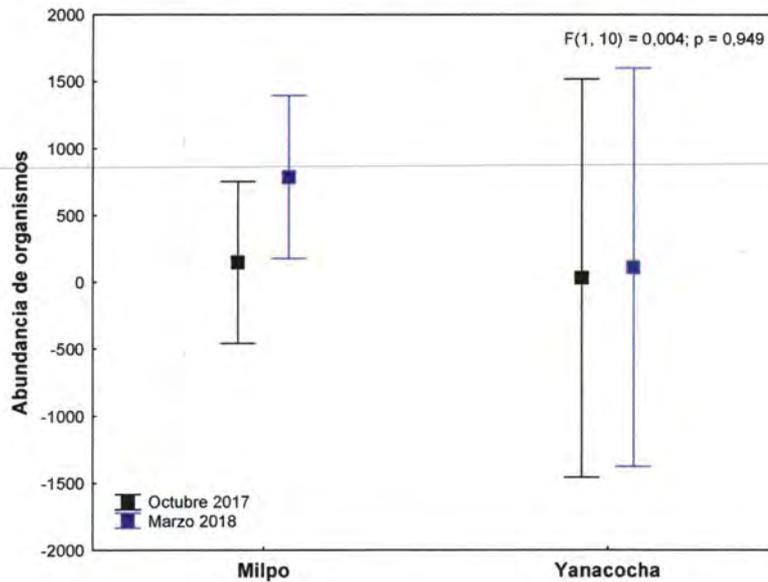


Figura 7-383. Análisis Anova two way para la abundancia de organismos de los macroinvertebrados bentónicos en las quebradas de las microcuencas Milpo y Yanacocha

En cuanto a las lagunas evaluadas, no se observó diferencias significativas ($p = 0,791$) en la riqueza de especies de los macroinvertebrados bentónicos registradas entre las microcuencas de quebradas Milpo, Yanacocha y Kerosene, y entre ambas evaluaciones (Figura 7-384).



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

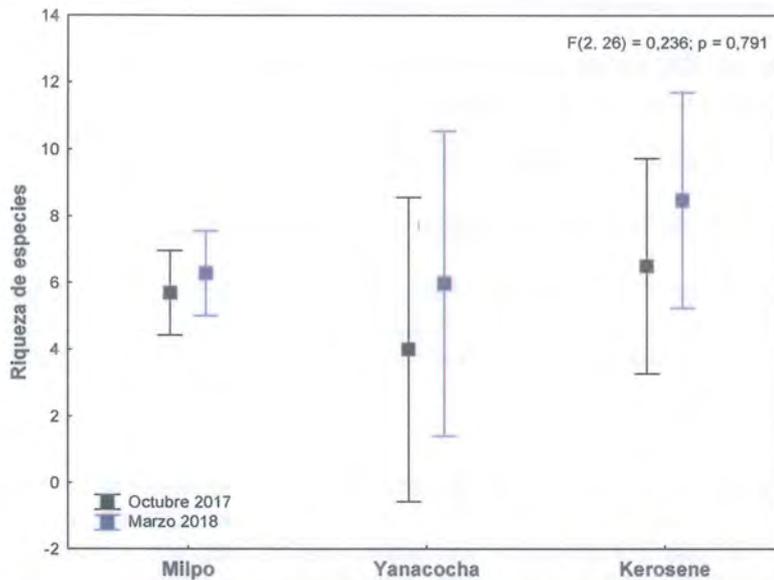


Figura 7-384. Análisis Anova two way para la riqueza de especies de los macroinvertebrados bentónicos en las lagunas de las microcuencas Milpo, Yanacocha y Kerosene

Por otro lado, la abundancia registrada de los macroinvertebrados bentónicos no presentó diferencias significativas ($p = 0,48$) entre las microcuencas y entre ambas evaluaciones (Figura 7-385).

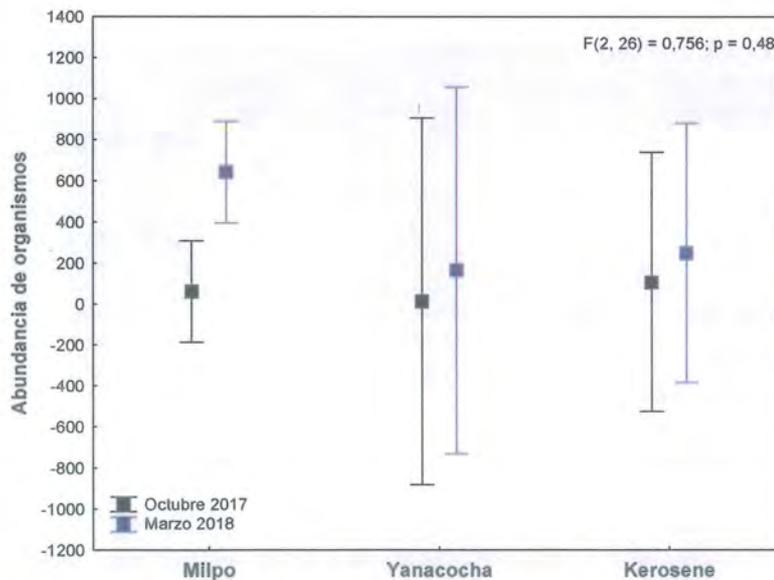


Figura 7-385. Análisis Anova two way para la abundancia de organismos de los macroinvertebrados bentónicos en las lagunas de las microcuencas Milpo, Yanacocha y Kerosene

Sin embargo, en las lagunas pertenecientes a la microcuenca de la quebrada Milpo se observa diferencia ($p = 0,006$) entre ambas evaluaciones, en donde la segunda (marzo de 2018) presenta mayor número de organismos respecto a la primera evaluación (Figura 7-385).



7.5.3.3 Análisis del estado trófico y la calidad ecológica

A continuación, se presenta los resultados de la calidad ecológica de las quebradas y el estado trófico de las lagunas, considerando los puntos en común entre las evaluaciones realizadas; sin embargo, para estos análisis también se incluyeron los puntos evaluados en la microcuenca de la quebrada La Chorrera durante el 2017.

A. Evaluación de la calidad ecológica en las quebradas

En seguida se presenta los resultados de la calidad ecológica en base a la calidad hidromorfológica y la calidad biológica en base a la presencia de especies de macroinvertebrados bentónicos en las microcuencas Milpo, Yanacocha y La Chorrera.

a.1. Calidad hidromorfológica

En la Tabla 7-108 se presenta la calidad hidromorfológica de las quebradas, estimada a partir de la observación de 8 características hidromorfológicas: 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, y elementos de heterogeneidad.

Se observa que la mayoría de puntos de muestreo presentaron una calidad hidromorfológica **moderada a buena** en octubre de 2017; sin embargo, en marzo de 2018 también se identificaron puntos con calidad **mala y excelente** en las microcuencas de la quebrada Milpo (HIB-LDCol2) y Yanacocha (HIB-QYana1), respectivamente.

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

Microcuenca de la quebrada	Quebrada	Punto de muestreo	Octubre de 2017		Marzo de 2018	
			Valor	CH	Valor	CH
Milpo	Dos Colores	HIB-LDCol2	31	Buena	19	Mala
	Milpo	HIB-QMilp1	28	Moderada	28	Moderada
		HIB-QMilp2	23	Moderada	21	Moderada
	Muyoc	HIB-QMuy1	31	Buena	33	Buena
		HIB-QMuy2	31	Buena	23	Moderada
Quinuacucho	HIB-QQuin1	24	Moderada	31	Buena	
Yanacocha	Yanacocha	HIB-QYana1	26	Moderada	39	Excelente
La Chorrera	Lipiac	HIB-QLipi1	23	Moderada	-	-
		HIB-QLipi2	23	Moderada	-	-

(CH) Calidad hidromorfológica

a.2. Calidad biológica

En En la Tabla 7-109 se presenta la calidad biológica de las quebradas usando el índice ABI. Se observa que la mayoría de puntos de muestreo presentaron una calidad biológica **pésima a mala** en octubre de 2017; sin embargo, también se identificaron puntos con calidad **buena** (HIB-QMuy1). Por otro lado, se identificaron puntos con calidad **mala a buena** en en las microcuencas de la quebrada Milpo y Yanacocha en la evaluación de marzo de 2018.

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

Microcuenca de la quebrada	Quebrada	Punto de muestreo	Octubre de 2017		Marzo de 2018	
			Valor	CB	Valor	CB
Milpo	Dos Colores	HIB-LDCol2	23	Mala	34	Moderada
	Milpo	HIB-QMilp1	20	Mala	23	Mala



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

Microcuenca de la quebrada	Quebrada	Punto de muestreo	Octubre de 2017		Marzo de 2018	
			Valor	CB	Valor	CB
	Muyoc	HIB-QMilp2	38	Moderada	19	Mala
		HIB-QMuy1	73	Buena	72	Buena
		HIB-QMuy2	8	Pésima	20	Mala
	Quinuacucho	HIB-QQuin1	12	Mala	48	Buena
Yanacocha	Yanacocha	HIB-QYana1	8	Pésima	28	Mala
La Chorrera	Lipiac	HIB-QLipi1	21	Mala	-	-
		HIB-QLipi2	16	Mala	-	-

(CB) Calidad biológica

a.3. Calidad ecológica

En la Tabla 7-110 se presenta la calidad ecológica de las quebradas usando el Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA-S), desarrollado sobre la base del índice de calidad hidromorfológica y el índice biótico de la calidad biológica antes descritos.

Se observa que la mayoría de puntos de muestreo presentaron una calidad ecológica **pésima a mala** en octubre de 2017; sin embargo, también se identificaron puntos con calidad **moderada** (quebrada Milpo). En cuanto a la evaluación de marzo de 2018, se encontraron puntos con calidad ecológica **mala a moderada**; sin embargo, también se registraron puntos con calidad buena (HIB-QMuy1 y HIB-QQuin1).

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

Punto de muestreo	Octubre de 2017			Marzo de 2018		
	CH	CB	CE	CH	CB	CE
HIB-LDCol2	Buena	Mala	Mala	Mala	Moderada	Moderada
HIB-QMilp1	Moderada	Mala	Moderada	Moderada	Mala	Mala
HIB-QMilp2	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Mala	Mala
HIB-QMuy1	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
HIB-QMuy2	Buena	Pésima	Pésima	Moderada	Mala	Mala
HIB-QQuin1	Moderada	Mala	Mala	Buena	Buena	Buena
HIB-QYana1	Moderada	Pésima	Pésima	Excelente	Mala	Mala
HIB-QLipi1	Moderada	Mala	Mala	-	-	-
HIB-QLipi2	Moderada	Mala	Mala	-	-	-

(CH) Calidad hidromorfológica

(CB) Calidad biológica

(CE) Calidad ecológica

B. Evaluación del estado trófico de las lagunas

Se determinó el estado trófico de las lagunas a partir de la concentración del fósforo total, usándose el índice de estado trófico (IET), el cual varía entre 0 (oligotrófico) y 100 (hipereutrófico). Se observa que todos los puntos de muestreo evaluados en 2017 en las lagunas La Rinconada, Dos Colores, Milpo, Yanacocha, Kerosene y Lipiac presentaron un estado trófico del tipo mesotrófico a diferencia de la laguna Muyoc que fue determinada como eutrófica (Figura 7-221 y Tabla 7-111).

Sin embargo, cabe resaltar que los puntos de muestreo evaluados en las lagunas determinadas como mesotróficas presentaron valores del índice de estado trófico cercanos a 30 lo cual clasificaría a estas lagunas como oligotróficas (Tabla 7-111).

Por otro lado, en 2018 todas las lagunas evaluadas (Muyoc, Yanacocha y Kerosene) presentaron un estado del tipo mesotrófico; sin embargo, las lagunas Yanacocha y Kerosene presentaron valores del índice de estado trófico cercanos a 30 lo cual



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

clasificaría a estas lagunas como oligotróficas al igual que en la evaluación de 2017. Mientras que, los puntos evaluados en la laguna Muyoc presentan valores del índice entre 50 y 60 lo cual los ubica próximos a lagunas clasificadas en estado eutrófico tal como fueron determinadas en la evaluación de 2017 (Figura 7-221).

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

Microcuenca de la quebrada	Laguna	Punto de muestreo	Octubre de 2017		Marzo de 2018	
			Valor	ET	Valor	ET
Milpo	Dos Colores	HIB-LDCol1*	32	Mesotrófico	-	-
		HIB-LDCol2*	32	Mesotrófico	-	-
	La Rinconada	HIB-LRinc1*	32	Mesotrófico	-	-
		HIB-LRinc2*	32	Mesotrófico	-	-
		HIB-LRinc3*	32	Mesotrófico	-	-
	Milpo	HIB-LMilp1*	32	Mesotrófico	-	-
		HIB-LMilp2*	32	Mesotrófico	-	-
		HIB-LMilp3*	32	Mesotrófico	-	-
		HIB-LMilp4*	32	Mesotrófico	-	-
	Muyoc	HIB-LMuy1**	64	Eutrófico	58	Mesotrófico
		HIB-LMuy2**	71	Eutrófico	57	Mesotrófico
		HIB-LMuy3**	69	Eutrófico	53	Mesotrófico
HIB-LMuy4**		68	Eutrófico	59	Mesotrófico	
Yanacocha	Yanacocha	HIB-LYana1**	32	Mesotrófico	32	Mesotrófico
Kerosene	Kerosene	HIB-LKero2**	36	Mesotrófico	32	Mesotrófico
		HIB-LKero3**	32	Mesotrófico	32	Mesotrófico
La Chorrera	Lipiac	HIB-LLipi1*	32	Mesotrófico	-	-
		HIB-LLipi2*	32	Mesotrófico	-	-
		HIB-LLipi3*	32	Mesotrófico	-	-

(ET) Estado trófico

(*) Evaluado sólo en octubre de 2017

(**) Evaluado en octubre de 2017 y marzo de 2018

(-) No aplica

8. DISCUSIÓN

En esta sección se presenta la discusión relevante por cada componente analizado (agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas). Luego, se muestra la discusión por cada microcuenca evaluada (Milpo, Yanacocha, Kerosene y La Chorrera) en base a los componentes mencionados anteriormente. Finalmente, se encuentra la discusión de la flora y fauna silvestre registrada en toda el área de estudio.

8.1 Por componente

8.1.1 Agua

En relación a los resultados obtenidos en las 4 microcuencas de la EAT El Galeno, la mayoría de los afloramientos, quebradas y lagunas presentaron una suma de aniones menor a 5,4 meq/L por lo que se caracterizaron por ser aguas poco mineralizadas de acuerdo a los límites considerados para la mayor parte de las aguas continentales (Margalef, 1983).

En estos cuerpos de agua, los bicarbonatos estuvieron más relacionados al calcio y magnesio (Figuras 7-335, 7-337, 7-338, 7-339 y 7-340), lo que indica la procedencia a partir del drenaje de minerales del grupo de la calcita de baja solubilidad como la caliza⁵⁴ y dolomita (CaMg(CO₃)₂). El proceso de formación de bicarbonatos llamado

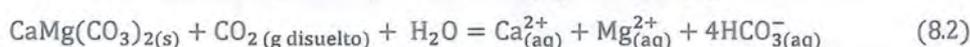
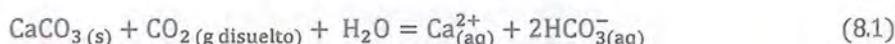
⁵⁴ Roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio o calcita (CaCO₃) con trazas de magnesita (MgCO₃) entre otros carbonatos.



carbonatación puede incrementarse gracias a la disolución del CO₂ atmosférico en el agua, favoreciendo el aumento de la acidez (Domenech & Peral, 2006).

La presencia del CO₂ en el agua⁵⁶ permite que el pH de la lluvia sea levemente ácido con valores de 5,7 unidades de pH (Alonso, 1998). Esta agua percola a través del suelo con materiales deriva² de rocas calizas, cuarcíticas, ferruginosas y rocas volcánicas oxidadas (ITS, 2017); se combina con el aire e incorpora más CO₂ formado por la respiración de raíces y microorganismos en la capa de humus que pueda contener el suelo (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008), por lo que el agua infiltrada puede ser más ácida.

Al llegar a los estratos más profun², entra en contacto con el material calcáreo de baja solubilidad, liberando principalmente los iones calcio (Ca²⁺), magnesio (Mg²⁺) y bicarbonatos (HCO₃⁻) mediante las reacciones 8.1 y 8.2 que pudieron ocurrir principalmente en los afloramientos distribuidos en unidades litoestratigráficas: Formación Chulec (Km-ch) en la microcuenca de la quebrada La Chorrera y, Grupo Pullucana (Km-p) y Fluvio Glaciares (Qpl-fg) en la microcuenca de la quebrada Milpo (ITS, 2017).

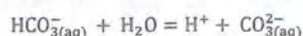
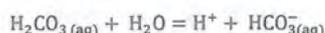
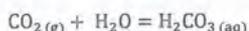


Cabe mencionar que la mineralización está relacionada a los sólidos disueltos totales y se debe a la presencia de 7 iones: 2 metales alcalinos térreos (Ca²⁺, Mg²⁺), 2 metales alcalinos (Na⁺ y K⁺), 2 aniones de ácido fuerte (Cl⁻ y SO₄²⁻) y el anión de ácido débil HCO₃⁻ o algunas veces CO₃²⁻⁵⁷ (Alonso, 1998). Dichos iones dependen fundamentalmente de factores abióticos como la geología, climatología del área, procesos químicos del agua, entre otros. Las variaciones que puedan tener los iones en el espacio y tiempo pueden ser interpretados independientemente de la actividad de los organismos vivos, por lo tanto son utilizados para caracterizar los distintos tipos de habitats acuáticos (Alonso, 1998).

En las quebradas y lagunas, los iones que entran a formar parte de la mineralización son variables puesto que primero adquieren similar concentración al de los afloramientos que los cargan para luego incrementar la mineralización debido al arrastre de una variedad de iones por la erosión de las lluvias (pluvial). Cabe resaltar que el incremento de la mineralización está en función de la solubilidad de las sales, que van desde un mínimo de solubilidad del carbonato de calcio hasta el cloruro de calcio (Alonso, 1998).

Por otro lado, las lagunas y quebradas que tuvieron baja concentración de bicarbonatos se sitúan sobre la Formación Carhuaz (Ki-ca) y estuvieron asociadas a

⁵⁶ El dióxido de carbono del agua proviene de la atmósfera, las actividades metabólicas de los organismos (respiración) y la oxidación de la materia orgánica, el cual origina un cambio en el pH, manteniendo la capacidad buffer (resistente al cambio de pH), lo que implica reacciones irreversibles en un medio estable (Roldan, 2012). Una pequeña parte del CO₂ reacciona con el agua; el resto permanece como gas disuelto, siguiendo las siguientes reacciones:



⁵⁷ Otros iones como el fosfato (PO₄³⁻), nitrato (NO₃⁻), silicato (SiO₄⁴⁻) entre otros puede influir ligeramente en la mineralización total en un porcentaje menor al 2 %.



sustratos de 0 a 40 cm constituidos por areniscas cuarcíticas y ferruginosas, que presentan toxicidad por aluminio que están en un rango de 2,42 a 7,6 meq/100g (ITS, 2017). Mientras que, las más alcalinas tuvieron relación con depósitos de material detrítico grueso derivado de rocas calizas y se encontraron asentadas sobre las unidades litoestratigráficas Fluvio Glaciares (Qpl-fg) y Grupo Pulluicana (Km-p) (ITS, 2017).

Además de la baja mineralización, los cuerpos de agua evaluados también presentaron bajo volumen por lo que pudieron ser influenciados por factores externos que se manifiestan en el tiempo y espacio con acción combinada del clima, litología y orografía⁵⁸, y de los impactos esporádicos como el patoreo de ganado (Alonso, 1998).

Por otro lado, los sulfatos son considerablemente solubles en agua que proviene de la disolución de rocas sedimentarias y evaporíticas como ocurre en los cuerpos de agua sulfatados identificados en la presente evaluación (Alonso, 1998). En el proyecto El Galeno, la mineralización está asociada a un pórfido dacítico de cobre, oro y molibdeno con alteraciones hidrotermales (potásica, fílica y propilítica), donde la alteración potásica presenta varias áreas con silificación intensa y desarrollo de vetas con sulfuros como la calcopirita (CuFeS_2) y molibdenita (MoS_2) (Ingemet, 2007). Asimismo, el pórfido dacítico está asociado a minerales de silicatos de aluminio como los feldespatos (KAISi_3O_8) en la alteración potásica (Ingemet, 2007).

8.1.2 Sedimentos

Los sedimentos son partículas heterogéneas en su forma, tamaño y naturaleza cuyo origen proviene de contextos geológicos y pedológicos (Campanhola et al., 2010), se acumulan en el fondo de un cuerpo de agua y son de gran valor para el estudio de los ecosistemas acuáticos debido a que acumulan compuestos orgánicos persistentes, nutrientes, patógenos y metales pesados, entre otros, siendo los metales pesados considerados en la gestión de los ecosistemas acuáticos (Tang, 2014).

En las lagunas evaluadas, el mecanismo de acumulación se produjo a través de la absorción de dichos metales por los sólidos suspendidos de la columna del agua bajo el cambio de las condiciones ambientales (por ejemplo, pH, potencial Redox – Eh y temperatura). De este modo, los sedimentos actúan como portadores y posibles fuentes de liberación de metales pesados a la columna del agua por el citado cambio de las condiciones ambientales u otras alteraciones físicas o biológicas (Agarwal, Singh, Mishra, & Bhunya, 2005)

Por otro lado, las quebradas en el área de estudio se caracterizaron por presentar sustratos sólidos como piedras y poco sedimento debido a la baja erosión por la suave pendiente y estar cercano a las lagunas de la cabecera de cuenca por lo que no presentaron este componente.

8.1.3 Comunidades hidrobiológicas

Las comunidades hidrobiológicas son ampliamente utilizadas como indicadores biológicos en actividades de monitoreo, resaltándose el uso de las comunidades del perifiton y macroinvertebrados bentónicos en quebradas y ríos (Li *et al.*, 2010) y del plancton en lagunas (Marmorek y Korman, 1993). Actualmente, estas comunidades constituyen un componente clave en la evaluación ambiental de los ecosistemas acuáticos andinos debido a su capacidad de responder a las perturbaciones

⁵⁸

Parte de la geografía física que se encarga del estudio, descripción y representación del relieve terrestre.



ambientales. Siendo la degradación de estos ecosistemas un peligro para el suministro de agua a los centros urbanos y rurales a causa del aumento de la explotación del recurso, contaminación de los cuerpos de agua y expansión de la frontera agrícola (UNEP, 2002; Pringle *et al.*, 2000).

En tal sentido, respecto al estado del hábitat acuático en el área evaluada, todos los puntos de muestreo se encontraron cerca de actividades humanas relacionadas al proyecto minero y a la población local. Se observó la presencia de pastoreo y/o carreteras cerca de la mayoría de lagunas evaluadas. En cuanto a las quebradas, todas se encontraron en áreas con actividades de pastoreo en diferente grado, o estuvieron cerca a carreteras o caseríos aguas arriba y/o abajo del sector evaluado. Cabe resaltar, que también se observó la cercanía del punto HIB-LDCol1 (laguna Dos Colores) al área de vertimiento de agua residual del campamento del proyecto El Galeno.

En los cuerpos de agua fueron evaluadas las comunidades hidrobiológicas del plancton (fitoplancton y zooplancton), perifiton (ficoperifiton y zooperifiton) y macroinvertebrados bentónicos. La primera comunidad está constituida por organismos microscópicos de naturaleza vegetal (fitoplancton) responsables de la mayor parte de la productividad primaria en los lagos, y por organismos de naturaleza animal (zooplancton) responsables de iniciar la cadena alimenticia (Roldán y Ramírez, 2008). Debido a la gran relevancia ecológica de estos componentes en los ambientes lénticos, el plancton es ampliamente utilizado como bioindicador en los monitoreos de estos cuerpos de agua.

En cuanto al perifiton, está formada por una compleja comunidad de organismos acuáticos que se adhieren a los sustratos bajo el agua (Betancur, 2016). Esta comunidad es considerada un componente fundamental de las comunidades hidrobiológicas debido a su importancia en los procesos de transferencia de energía a través de la cadena trófica en los ecosistemas acuáticos (UNMSM-MHN y Minam, 2014; Betancur, 2016) y está compuesta por un gran número de especies con diversas preferencias ecológicas (Van Dam *et al.*, 1994). El estudio de esta comunidad fue importante para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos porque es utilizada como indicadora de la calidad del agua (Montoya y Aguirre, 2013; Betancur, 2016), debido a que mide y cuantifica la magnitud del estrés y respuesta ecológica al daño producido en el cuerpo de agua (De la Lanza *et al.*, 2000; Roldán y Restrepo, 2008).

Por otro lado, los macroinvertebrados bentónicos son todos los invertebrados acuáticos que tienen tamaños superiores a 500 µ de largo y agrupan principalmente a moluscos, larvas de insectos, oligoquetos, anélidos, nemátodos, hirudíneos y crustáceos (UNMSM-MHN y Minam). Se caracterizan por ser uno de los grupos más abundantes (Rivera-Usme *et al.*, 2008) e importantes en el funcionamiento de los cuerpos de agua (Muñoz *et al.*, 2001; Molina *et al.*, 2008) debido a que contribuyen a la circulación de nutrientes que luego son incorporados a la red trófica para el consumo de predadores acuáticos y terrestres de niveles superiores (Zuñiga, 2010; Roldán *et al.*, 2014). Además, se caracterizan por ser ubicuos y generalmente tienen una gran riqueza de especies lo que implica diferentes respuestas frente a las perturbaciones. Asimismo, muchos de ellos tienen baja capacidad de dispersión, lo que permite una delimitación segura del área de estudio (Mandaville, 2002; Martins, 2017).

Estos organismos tienen un amplio uso como indicadores de calidad de agua en la evaluación de la influencia antrópica (Norris y Hawkins, 2000; Roldán, 2003; Giacometti y Bersosa, 2006; Gamboa *et al.*, 2008; Moya *et al.*, 2009; Zuñiga y



Handwritten signature and initials in blue ink



Cardona, 2009; Barragán, 2017; Buenaño *et al.*, 2018) debido a que presentan adaptaciones particulares al hábitat que ocupan por lo que cambios en las condiciones ambientales reflejará modificaciones en la estructura de esta comunidad (Roldán y Ramírez, 2008) y consecuentemente permitirá determinar los niveles de calidad de los cuerpos de agua (Buenaño *et al.*, 2018; Norris y Hawkins, 2000). En seguida, se presenta la discusión relevante para la evaluación de las quebradas y lagunas en toda el área de estudio, respectivamente.

A. Quebradas

En las quebradas fueron evaluadas las comunidades del perifiton (ficoperifiton y zooperifiton) y de los macroinvertebrados bentónicos. De acuerdo a los resultados, los phylum con mayor número de taxa en el ficoperifiton fueron: Bacillariophyta, Cyanobacteria y Charophyta, donde Bacillariophyta fue dominante en la mayoría de las quebradas evaluadas, lo cual confirma una condición muy común en los ambientes lóticos tal como lo describe Jorgensen (2009). Por otro lado, el phylum Chlorophyta fue el más abundante en HIB-QYana2 (quebrada Yanacocha, Figura 7-164) al igual que Cyanobacteria en los puntos HIB-QYana1 (quebrada Yanacocha, Figura 7-164), HIB-QD1 (quebrada D, Figura 7-172) y HIB-QCham2 (quebrada Chamcas, Figura 7-172). En particular, la dominancia de Cyanobacteria sugiere la asociación de las quebradas con actividades ganaderas o de pastoreo como también fue reportado por Vichez *et al.* (2016). Asimismo, la baja abundancia de perifiton en HIB-QYana2 y HIB-QD1 puede ser debido a la falta de complejidad y estabilidad en el sustrato (Roldán y Ramírez, 2008).

En cuanto a la diversidad alfa, la serie de los números de Hill fue mayor en HIB-Qsn3 (quebrada sin nombre, Figura 7-173), seguido por HIB-QMuy2 (quebrada Muyoc, Figura 7-153) y HIB-QYana1 (quebrada Yanacocha, Figura 7-165), mostrando que estas quebradas tienen una mayor riqueza y diversidad del ficoperifiton en comparación al resto de puntos en sus respectivas microcuencas de acuerdo a los criterios propuestos por Moreno *et al.* (2011). Los valores de equidad de Pielou registrados evidenciaron que todos los taxa no son igualmente abundantes, demostrando una distribución más homogénea de la abundancia en los puntos mencionados anteriormente (Figuras 7-173, 7-153, 7-165). Además, la diversidad beta para el ficoperifiton no presentó agrupaciones claras entre los cuerpos de agua evaluados en cada microcuenca debido a la baja cantidad de taxa compartidos (Figuras 7-154, 7-166, 7-174).

Con respecto al zooperifiton, el phylum Cercozoa fue el que presentó mayor riqueza de especies además de ser el más abundante en la mayoría de las quebradas evaluadas al igual que el phylum Rotifera. Otro aspecto resaltante es la gran abundancia de organismos del género *Trinema* en HIB-QQuin2 (quebrada Quinuacucho), *Cephalodella* sp. en HIB-LDCol2 (curso de agua entre los sectores este y oeste de la laguna Dos Colores) y de *Lecane* sp. en HIB-LKero1 (descarga de la laguna Kerosene), pertenecientes al phylum Cercozoa (Figura 7-156), Rotifera (Figura 7-156) y Rotifera (Figura 7-176), respectivamente. La dominancia de estos géneros podría sugerir que la presencia de carreteras, modificaciones en el hábitat y/o el pastoreo en la zona evaluada estarían afectando el estado trófico de los cuerpos acuáticos debido a que géneros como *Lecane* son comúnmente encontrados en ambientes eutrofizados por lo que son considerados indicadores de eutrofización y contaminación orgánica (Perereira *et al.*, 2011; Vichez *et al.*, 2016).

Según la diversidad alfa, los números de Hill fueron mayores en HIB-QKero2 (quebrada Kerosene, Figura 7-177) seguido por HIB-LDCol2 (curso de agua que une



los sectores este y oeste de la laguna Dos Colores, Figura 7-157), mostrando que estos puntos presentan una mayor riqueza y diversidad del zooperifiton en comparación al resto de puntos en sus respectivas microcuencas, de acuerdo a los criterios propuestos por Moreno *et al.* (2011). Los valores de equidad de Pielou registrados evidenciaron que todos los taxa no presentan abundancias similares, demostrando una distribución más homogénea de la abundancia en los puntos HIB-QMilp2 y HIB-QMilp3, en la microcuena de la quebrada Milpo (Figura 7-157); y HIB-QCham1, en la microcuena de la quebrada Kerosene (Figura 7-177). Además, al igual que el ficoperifiton, la diversidad beta para el zooperifiton no presentó agrupaciones claras entre los cuerpos de agua evaluados en cada microcuena (Figuras 7-158 y 7-178).

Por otro lado, el orden con mayor número de especies en los macroinvertebrados bentónicos fue Diptera seguido de Coleoptera y en algunos puntos de la microcuena de la quebrada Milpo, por órdenes de clases no Insecta (Figura 7-160). Asimismo, la mayor abundancia de los puntos de muestreo estuvo representada generalmente por los órdenes Diptera y Coleoptera, seguida por órdenes de clases no Insecta. De acuerdo a la diversidad alfa, los números de Hill fueron mayores en HIB-QQuin1 (quebrada Quinuacucho, Figura 7-161), seguido por HIB-Qsn2 (quebrada sin nombre, Figura 7-181) y HIB-QLipi1A (quebrada Lipiac, Figura 7-169), mostrando que estos puntos presentan una mayor riqueza y diversidad de macroinvertebrados bentónicos en comparación al resto de puntos en sus respectivas microcuencas, de acuerdo a los criterios propuestos por Moreno *et al.* (2011). Los valores de equidad de Pielou registrados evidenciaron que todos los taxa no son igualmente abundantes, demostrando una distribución más homogénea de la abundancia en los puntos mencionados anteriormente (Figura 7-161, 7-181, 7-169). Además, la diversidad beta para los macroinvertebrados bentónicos no presentó agrupaciones claras entre los cuerpos de agua evaluados en cada microcuena (Figuras 7-162, 7-170, 7-182).

B. Lagunas

En las lagunas fueron evaluadas las comunidades del plancton (fitoplancton y zooplancton) y de los macroinvertebrados bentónicos tanto en la orilla como en el interior de la laguna; y del perifiton (ficoperifiton y zooperifiton) sólo en la orilla. De acuerdo a los resultados del fitoplancton, el phylum con mayor riqueza en la mayoría de puntos fue Bacillariophyta; sin embargo, los phylum Charophyta, Chlorophyta y Cyanobacteria también destacaron en algunos puntos de muestreo. Respecto a la abundancia, Bacillariophyta fue el más dominante en la mayoría de los puntos, confirmándose su amplia diversificación en el fitoplancton de aguas continentales. Sin embargo, se observó mayor abundancia del phylum Charophyta en los puntos evaluados en la laguna Muyoc (Figura 7-184), Seca (Figura 7-224) y Kerosene (excepto en HIB-LKero2, Figura 7-224).

Además, se destaca la abundancia del phylum Cyanobacteria en los puntos ubicados en la laguna Muyoc (Figura 7-184), el cual se presenta fundamentalmente cuando las condiciones ambientales varían notablemente respecto a las condicionales habituales (Roldán y Ramírez, 2008). Debido a ello, la relación entre la mayor abundancia de Cyanobacteria con la cercanía a áreas de pastoreo y presencia de carreteras en algunos puntos podría sugerir un cambio en las condiciones químicas del agua a causa de estas actividades. Por otro lado, la presencia del phylum Chlorophyta, específicamente del taxa *Volvox* sp. en la laguna Muyoc (Anexo D) sugiere un estado trófico de alta productividad (Harper, 1992).



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

Según la diversidad alfa, la serie de los números de Hill fue mayor y constante en todos los puntos evaluados en las lagunas pertenecientes a la microcuenca de la quebrada Milpo (Figura 7-185) excepto por el punto HIB-LRinc2 (laguna La Rinconada) que presentó bajos valores de diversidad alfa. Tanto en la microcuenca de la quebrada Yanacocha como Kerosene, todos los puntos evaluados en las lagunas presentaron variaciones en los índices de diversidad, destacándose los puntos HIB-LYana2 (laguna Yanacocha, Figura 7-205) y HIB-LKero3 (laguna Kerosene, Figura 7-225) por presentar una mayor riqueza y diversidad del fitoplancton en comparación al resto de puntos en sus respectivas microcuencas, de acuerdo a los criterios propuestos por Moreno *et al.* (2011). Los valores de equidad de Pielou registrados evidenciaron que todos los taxa no son igualmente abundantes, demostrando una distribución homogénea de la abundancia en los puntos HIB-LMilp3 (laguna Milpo, Figura 7-185), HIB-LYana2 (laguna Yanacocha, Figura 7-205) y HIB-LKero3 (laguna Kerosene, Figura 7-225).

Además, la diversidad beta para el fitoplancton presentó agrupaciones resaltantes en cada microcuenca; observándose la reunión de todos los puntos evaluados en la laguna Muyoc (Figura 7-186); así como, la agrupación de los puntos ubicados en el interior de la laguna Yanacocha (Figura 7-206), lo que sugiere una diferencia entre el fitoplancton ubicado en la columna de agua en la orilla y el ubicado en el interior de la laguna. En cuanto a la microcuenca de la quebrada Kerosene, se observó una ligera separación entre los puntos evaluados en la laguna Seca y Kerosene (Figura 7-226).

Con respecto al zooplancton, se corroboró su menor riqueza y abundancia en los ambientes acuáticos a diferencia del fitoplancton. En relación a los resultados, el phylum Rotifera presentó la mayor riqueza y dominancia en la laguna Yanacocha (Figuras 7-207 y 7-208), donde se registraron actividades cercanas de pastoreo, lo que sugiere una condición productiva en estas lagunas debido a que los rotíferos dominan bajo condiciones eutróficas (Roldán y Ramírez, 2008). Por otro lado, las lagunas Kerosene (Figuras 7-227 y 7-228), Milpo, Dos Colores y La Rinconada (Figuras 7-187 y 7-188) presentaron mayor riqueza y dominancia del phylum Amoebozoa, a diferencia de la laguna Muyoc donde hubo una mayor dominancia de los phylum Ciliophora, Rotifera y Arthropoda (Figuras 7-187 y 7-188). La dominancia de estos phylum continúa sugiriendo el estado eutrófico de la laguna Muyoc porque el phylum Ciliophora se caracteriza por tolerar bajas concentraciones de oxígeno por lo que pueden habitar aguas con alto contenido de materia orgánica (Roldán y Ramírez, 2008). Además, algunos taxa del phylum Arthropoda como *Moina* sp., al igual que los rotíferos, son organismos filtradores abundantes en lagunas eutróficas debido a la presencia de fitoplancton más pequeño que facilita la filtración (Margalef, 1983).

Según la diversidad alfa, la serie de los números de Hill fue mayor en los puntos HIB-LMuyoc6 (laguna Muyoc, Figura 7-189), HIB-LYana4 (laguna Yanacocha, Figura 7-209) y HIB-LSeca2 (laguna Seca, Figura 7-229), mostrando una mayor riqueza y diversidad del zooplancton en comparación al resto de puntos en sus respectivas microcuencas, de acuerdo a los criterios propuestos por Moreno *et al.* (2011). Los valores de equidad de Pielou registrados, evidenciaron que todos los taxa no son igualmente abundantes, demostrando una distribución homogénea de la abundancia en los puntos HIB-LRinc3 (laguna La Rinconada, Figura 7-189), HIB-LMilp2 (laguna Milpo, Figura 7-189), HIB-LMilp3 (laguna Milpo, Figura 7-189) y HIB-LKero4 (laguna Kerosene, Figura 7-229). Además, la diversidad beta para el zooplancton presentó sólo una agrupación resaltante en la microcuenca de la quebrada Milpo; observándose la reunión de todos los puntos evaluados en la laguna Muyoc (Figura 7-190); por otro lado, a diferencia de lo observado en el fitoplancton, no hubo agrupación de los puntos ubicados en el



Vertical handwritten text in blue ink, possibly a signature or initials.



interior de la laguna Yanacocha (Figura 7-210) ni separación entre los puntos evaluados en la laguna Seca y Kerosene (Figura 7-230).

En cuanto al ficoperifiton, el phylum con mayor riqueza en la mayoría de puntos fue Bacillariophyta; sin embargo, los phylum Cyanobacteria y Charophyta destacaron en las lagunas Kerosene (Figura 7-231) y Seca (Figura 7-231), respectivamente. En relación a la abundancia, Bacillariophyta también fue el phylum más abundante en la mayoría de las lagunas (Dos Colores, Milpo, Yanacocha, Kerosene y Seca), confirmándose su amplia diversificación en el ficoperifiton de aguas continentales. Sin embargo, se observó mayor abundancia de los phylum Cyanobacteria en los puntos HIB-LRinc2 y HIB-LRinc3 (laguna La Rinconada) y HIB-LMuy2 (laguna Muyoc); Charophyta en el punto HIB-LMuy4 (laguna Muyoc); y Chlorophyta en el punto HIB-LMuy1 (laguna Muyoc). Resaltándose la gran abundancia del phylum Cyanobacteria en HIB-LRinc2 (Figura 7-192), el cual se presenta principalmente cuando las condiciones ambientales varían respecto a las condiciones habituales (Roldán y Ramírez, 2008), sugiriendo un cambio en las condiciones químicas del agua a causa de actividades como el pastoreo. Por otro lado, la dominancia del phylum Chlorophyta en HIB-LMuy1 sugiere un estado trófico de alta productividad (Harper, 1992).

Según la diversidad alfa, la serie de los números de Hill fue mayor en HIB-LYana4 (laguna Yanacocha, Figura 7-213), seguido por HIB-LMuy3 (laguna Muyoc, Figura 7-193) y HIB-LSeca2 (laguna Seca, Figura 7-233), mostrando que estos puntos presentan una mayor riqueza y diversidad del ficoperifiton en comparación al resto de puntos en sus respectivas microcuencas, de acuerdo a los criterios propuestos por Moreno *et al.* (2011). Los valores de equidad de Pielou registrados evidenciaron que todos los taxa no son igualmente abundantes, demostrando una distribución más homogénea de la abundancia en los puntos anteriormente descritos (Figuras 7-213, 7-193, 7-233). Además, la diversidad beta para el ficoperifiton presentó agrupaciones resaltantes en las microcuencas evaluadas; observándose la reunión de todos los puntos evaluados en la laguna Muyoc (Figura 7-194); así como, la moderada asociación de todos los puntos ubicados en la laguna Yanacocha (Figura 7-214). En cuanto a la microcuenca de la quebrada Kerosene, se observó la formación de 2 grupos constituidos por las lagunas Seca y Kerosene, lo que sugiere la diferencias entre los taxa encontrados en dichas lagunas (Figura 7-234).

Con respecto al zooperifiton, se corroboró su menor riqueza y abundancia en los ambientes acuáticos a diferencia del ficoperifiton. En relación a los resultados, los phylum Amoebozoa y Cercozoa fueron los que presentaron mayor riqueza de especies además de ser los más abundantes en la mayoría de los puntos evaluados. Cabe resaltar que Rotifera fue el phylum con mayor número de taxa en la laguna Muyoc (Figura 7-195); así como, el más abundante junto a Ciliophora y Amoebozoa (Figura 7-196). Además, tanto en la laguna Seca como Kerosene no se registró algún patrón en la distribución de los phylum; sin embargo, se destaca la mayor riqueza y sobre todo abundancia del phylum Rotifera en el punto HIB-LSeca2 (laguna Seca, Figuras 7-235 y 7-236).

Otro aspecto resaltante es la gran abundancia de *Trinema* sp. en HIB-LDCol1 (laguna Dos Colores), HIB-LMilp4 (laguna Milpo) y en todos los puntos evaluados en la laguna Yanacocha; *Arcella* sp. en HIB-LMuy1 (laguna Muyoc); *Cephalodella* sp. en HIB-LMuy3 (laguna Muyoc) y de *Lecane* sp. en HIB-LSeca2 (laguna Seca), pertenecientes al phylum Cercozoa, Amoebozoa, Rotifera y Rotifera, respectivamente (Anexo D). La dominancia de dichos taxa podría sugerir que las modificaciones en el hábitat y/o el pastoreo en el área estarían afectando el estado trófico de las lagunas debido a que géneros como *Lecane* son comúnmente encontrados en ambientes eutrofizados por



lo que son considerados indicadores de eutrofización y contaminación orgánica (Perreira *et al.*, 2011; Vichez *et al.*, 2016).

Según la diversidad alfa, la serie de los números de Hill fue mayor en HIB-LMuy3 (laguna Muyoc, Figura 7-197), seguido por HIB-LKero2 (laguna Kerosene, Figura 7-237) y HIB-LYana4 (laguna Yanacocha, Figura 7-217), mostrando que estos puntos presentan una mayor riqueza y diversidad del zooperifiton en comparación al resto de puntos en sus respectivas microcuencas, de acuerdo a los criterios propuestos por Moreno *et al.* (2011). Los valores de equidad de Pielou registrados evidenciaron que todos los taxa no son igualmente abundantes, demostrando una distribución más homogénea de la abundancia en los puntos HIB-LDCol3 (laguna Dos Colores, Figura 7-197), HIB-LYana4 (laguna Yanacocha, Figura 7-217), y HIB-LKero4 (laguna Kerosene, Figura 7-237). Además, la diversidad beta para el zooperifiton presentó algunas agrupaciones importantes entre las lagunas evaluadas en cada microcuena, destacándose la formación de un grupo conformado por todos los puntos evaluados en la laguna Muyoc (Figura 7-198), reunión de los puntos de la laguna Yanacocha (Figura 7-218) y en la microcuena de la quebrada Kerosene, no se evidenció diferencias entre la laguna Seca y Kerosene (Figura 7-238).

Por otro lado, los macroinvertebrados bentónicos estuvieron representados por diferentes órdenes entre las microcuencas; sin embargo, se destaca la mayor riqueza de taxa de órdenes de clases no Insecta en la mayoría de puntos de la microcuena de la quebrada Milpo y en la laguna Yanacocha. Asimismo, la mayor abundancia de los puntos de muestreo estuvo representada generalmente por órdenes de clases no Insecta, seguidas por los órdenes Hemiptera, Tricoptera y Coleoptera. Cabe resaltar, que en las lagunas se encontró menor riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos que en las quebradas debido a que los ambientes lénticos poseen en general menos diversidad de microhábitats que los ambientes lóticos (Hanson, 2010). Asimismo, se registró menor número de taxa y abundancia de organismos en los puntos evaluados en el interior de las lagunas Muyoc (Figura 7-200) y Yanacocha (Figura 7-220) a diferencia de los puntos ubicados en la orilla de dichas lagunas debido a que la orilla de una laguna presenta características que dan mayor heterogeneidad al hábitat como la presencia de plantas creciendo en el fondo (Hanson, 2010).

De acuerdo a la diversidad alfa, la serie de los números de Hill fue mayor en HIB-LMuy1 (laguna Muyoc, Figura 7-201), seguido por HIB-LYana6 (laguna Yanacocha, Figura 7-221) y HIB-LKero2 (laguna Kerosene, Figura 241), mostrando que estos puntos presentan una mayor riqueza y diversidad de macroinvertebrados bentónicos en comparación al resto de puntos en sus respectivas microcuencas de acuerdo a los criterios propuestos por Moreno *et al.* (2011). Los valores de equidad de Pielou registrados evidenciaron que todos los taxa no son igualmente abundantes, demostrando una distribución más homogénea de la abundancia en los puntos mencionados anteriormente (Figuras 7-201, 7-221, 7-241), excepto por el punto ubicado en la microcuena de la quebrada Milpo donde HIB-LMuy6 fue quien presentó una distribución más homogénea de la abundancia (Figura 7-201).

Además, la diversidad beta para los macroinvertebrados bentónicos presentó algunas agrupaciones entre los cuerpos de agua evaluados en cada microcuena. Destacándose la unión de todos los puntos evaluados en la laguna Muyoc y el punto HIB-LMilp3 (laguna Milpo) debido a varias especies compartidas principalmente de órdenes de clases no Insecta (Figura 7-202). Además, se observó la reunión de los puntos en el interior de la laguna Yanacocha (Figura 7-222) y los evaluados en la laguna Kerosene (Figura 7-242).



8.2 Por microcuenca

En esta sección se presenta la discusión relevante por cada microcuenca (Milpo, Yanacocha, Kerosene y La Chorrera) en base a los componentes agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas evaluados en el 2017 y 2018 por el OEFA.

8.2.1 Microcuenca de la quebrada Milpo

La microcuenca de la quebrada Milpo tiene una extensión aproximada de 1 213,26 ha desde los límites con la quebrada La Chorrera hasta la confluencia con la quebrada Punre. Se ubica entre los caseríos Santa Rosa de Milpo y El Punre, y se caracteriza por presentar afloramientos permanentes y temporales; además de lagunas como La Rinconada, Dos Colores, Milpo y Muyoc, también conocida como Chanche o embalse Muyoc (Figura 8-1).

El cuerpo de agua principal en esta microcuenca es la quebrada Milpo, la cual nace con los aportes de la laguna Milpo la misma que recibe la descarga de la laguna Dos Colores y esta de la laguna La Rinconada. La quebrada Milpo tiene como principales tributarios a la quebrada Quinuacucho por el margen derecho y a la quebrada Muyoc por el margen izquierdo, quien recibe aporte de la laguna Muyoc (Figura 8-1). Es importante indicar, que a través del recorrido de la quebrada se observó la presencia de actividades de exploración minera, agricultura y pastoreo en el entorno de los cuerpos de agua.

Cabe resaltar, que las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo se ubican cerca al campamento minero del proyecto El Galeno y se caracterizaron por presentar escasa vegetación en las riberas a excepción de la laguna Dos Colores quien estuvo asociada a un bofedal de gran cobertura. Por otro lado, la laguna Muyoc se ubica en un área con gran aporte de afloramientos y se caracterizó por ser un embalse el cual representa una fuente de agua para el ganado distribuido en la zona y presenta alta producción de algas en las orillas.

En relación a las quebradas presentes en esta microcuenca, se caracterizaron en su mayoría por presentar hábitats más heterogéneos y vegetación de ribera más conservada aguas arriba a diferencia de los tramos ubicados aguas abajo que presentaron actividades antropogénicas como carreteras, agricultura y pastoreo.



Vertical handwritten signature or 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»



Handwritten signature and scribbles in blue ink.



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



Las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo se caracterizaron por ser ácidas con mayor concentración de sulfatos y aluminio en la evaluación de octubre de 2017, lo cual fue corroborado con el análisis hidroquímico que clasificó a estas lagunas como sulfatadas aluminicas/ aluminicas-sódicas/ aluminicas-cálcicas; sin embargo, en marzo de 2018 se registró un incremento en la concentración del calcio por lo que la mayoría de los puntos de las lagunas La Rinconada y Milpo presentaron facie hidroquímica sulfatada cálcica y cálcica-alumínica e predominancia de calcio (sulfatada aluminica-cálcica) sobre el sodio (sulfatada aluminica-sódica) en la laguna Dos Colores (Figura 8-3).

Asimismo, se registró un incremento en la concentración del calcio en la laguna Dos Colores y el curso de agua que une los sectores de dicha laguna (LDCol2); sin embargo, fueron determinadas como sulfatadas aluminicas sódicas en octubre de 2017 y sulfatadas aluminicas cálcicas en marzo de 2018 debido al mayor aporte de calcio y aluminio a causa del incremento de las precipitaciones que generaron mayor interacción entre el agua y el suelo.

Por otro lado, en la información histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. para el punto M44 (LDCol2) entre el 2010 y el 2011, se observó diferentes cambios en las facies hidroquímicas debido a la predominancia de otros cationes como el sodio (SO4-Na-Al-Ca), calcio (SO4-Ca-Na y SO4-Ca-Al), y aluminio (SO4-Al-Ca, SO4-Al y SO4-Al-Na) (Figura 8-2). Cabe resaltar que las concentraciones de los iones fueron menores a 0,3 meq/L, lo que indica baja mineralización de la formación Carhuaz (Kica) que contienen areniscas con lutitas grises; así como, cuarcitas blancas de baja solubilidad (ITS, 2017).



Vertical handwritten signature in blue ink.

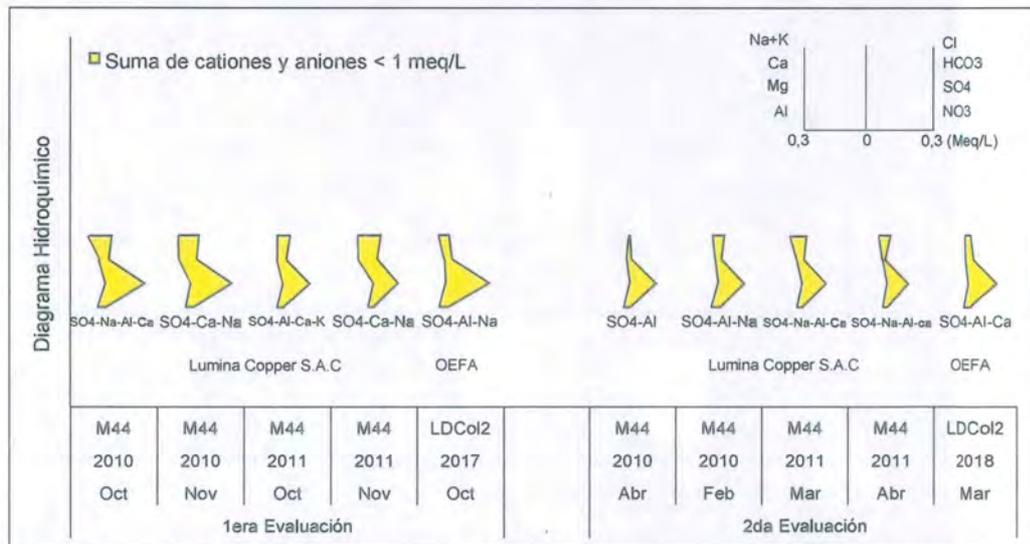


Figura 8-2. Diagramas hidroquímicos del curso de agua de la laguna Dos Colores (LDCol2) de meses relacionados a la primera y segunda evaluación en base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA



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

Asimismo, se registró un cambio de facie hidroquímica en el punto LRinc3 ubicado en la laguna La Rinconada de Sulfatada lumínica a bicarbonatada-sulfatada cálcica en marzo de 2018 (Figura 8-3). Esto difiere de lo encontrado en el resto de puntos en dicha laguna (LRinc1 y LRinc2) pues ambos presentaron concentraciones de bicarbonatos por debajo del límite de cuantificación (Anexo D).

El incremento de bicarbonatos en este punto se debería a la erosión pluvial (efecto de las lluvias) y posterior disolución de los compuestos bicarbonatados presentes en la ribera sin cobertura vegetal, tal como indica la Figura 8-4.



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

Esta erosión pluvial no sucedió en los otros puntos evaluados en la laguna La Rinconada (LRinc1 y LRinc2) al tener suelos más compactos con vegetación ribereña (Figura 8-5a) y restos de rocas silicatadas (Figura 8-5b).

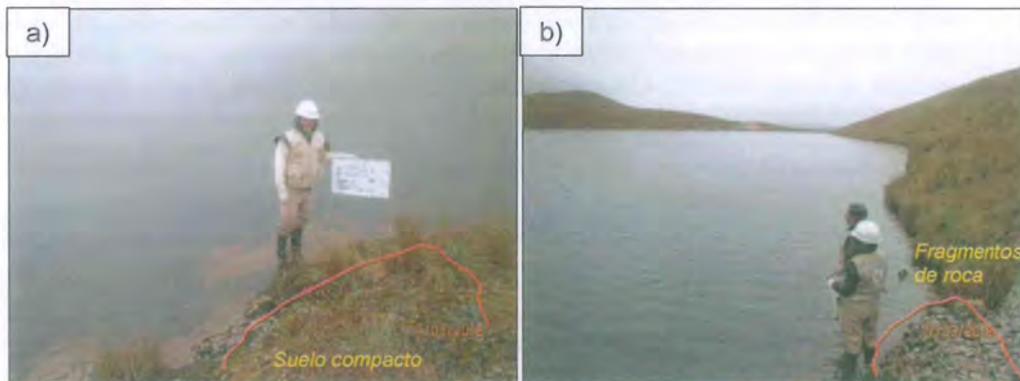


Figura 8-5. Puntos de muestreo de la laguna La Rinconada. (a) LRinc1 y (b) LRinc2

Por otro lado, aunque LRinc3 cambió de facie hidroquímica entre octubre de 2017 y marzo de 2018, pH ácido al igual que el resto de puntos evaluados debido a que la concentración de los bicarbonatos fue muy baja comparada con la laguna Muyoc que se determinó como bicarbonatada cálcica (Figura 7-331 y Tabla 7-81) lo que indicaría la poca influencia de los bicarbonatos sobre la acidez del agua en marzo de 2018.

Handwritten notes and stamps on the left margin, including a circular stamp from OEFA and a vertical signature.



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

Asimismo, la información histórica reportada por Lumina Copper S.A.C. desde el 2008 hasta el 2013 confirma las características sulfatadas de la laguna La Rinconada (Figura 8-6) y que el incremento de bicarbonatos en LRinc3 para ser bicarbonatada-sulfatada cálcica (HCO3-SO4-Ca) se debió a un evento esporádico debido a las lluvias, como se mencionó anteriormente. Cabe resaltar el cambio de la fase hidroquímica en LRinc3 de sulfatada cálcica a sulfatada aluminica partir de marzo de 2013.

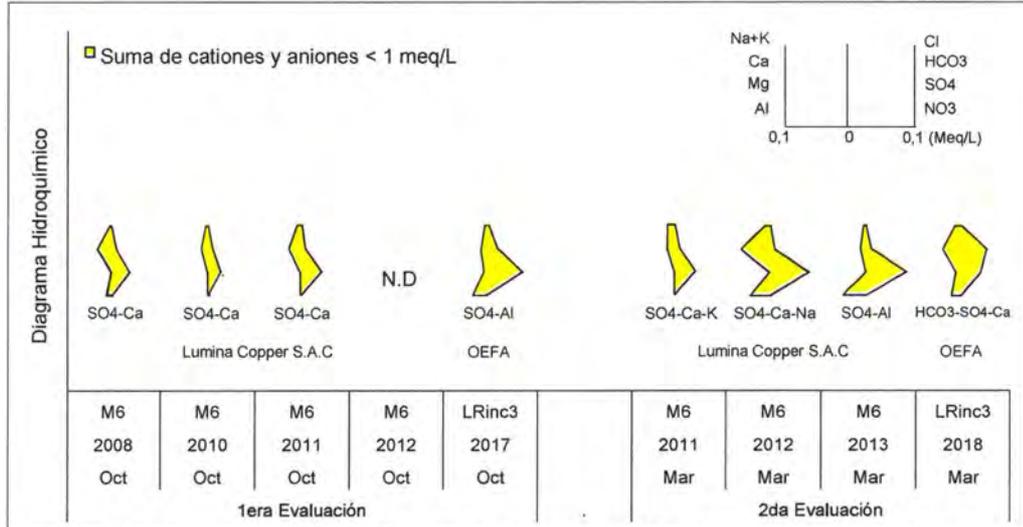


Figura 8-6. Diagramas hidroquímicos de laguna La Rinconada (LRinc3) de meses relacionados a la primera y segunda evaluación en base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA

Por otro lado, en el punto LDCol1 ubicado en la laguna Dos Colores (Figura 8-7a) se registró una concentración de cobre total que excedió el ECA para agua Cat4E1 (Figura 7-28), a diferencia del resto de puntos evaluados en las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo que no superaron el estándar en ambas evaluaciones. De igual forma, el curso de agua que une los sectores este y oeste de la laguna Dos Colores (LDCol2) (Figura 8-7b) registró una concentración de cobre total (Anexo D) que superó este estándar en ambas evaluaciones; sin embargo, en dicho punto el cobre total no superó el ECA Cat3D1. Cabe resaltar que Lumina Copper S.A.C. reportó mayores concentraciones de cobre en octubre de 2016 y marzo de 2015 y 2016 (Figura 7-64).

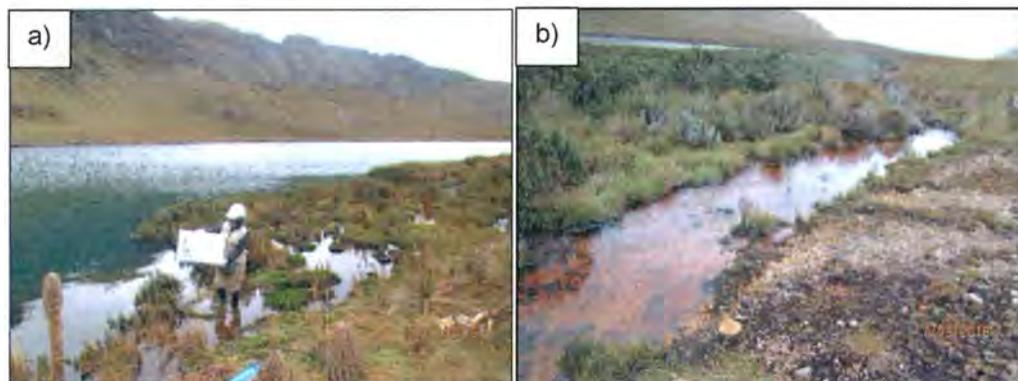


Figura 8-7. Puntos de muestreo de la laguna Dos Colores. (a) LDCol1 y (b) LDCol2



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

De acuerdo a la relación entre los metales disueltos y totales, se encontró que más de un 93 % correspondió al cobre en su forma disuelta en todos los puntos de la laguna Dos Colores para ambas evaluaciones (LDCol2 en Tablas 7-9 y 7-10 y LDCol1 y LDCol3 en Tablas 7-11 y 7-12), lo cual evidencia su movilidad en el ambiente acuático. Cabe resaltar que de este porcentaje, más del 98 % representó a la especie divalente de cobre (Cu^{+2}) en el punto LDCol1 en ambas evaluaciones (Tabla 7-101), la cual se caracteriza por formar enlaces químicos por reacciones de complejación mediados por ácidos presentes en la materia orgánica, donde los complejos formados aumentan en masa molecular y consecuentemente precipitan generando una mayor concentración de cobre total en los sedimentos (Doménech, 2006).

Lo descrito anteriormente fue observado en el punto LDCol1, pues además de presentar la mayor concentración de Cu^{+2} en el agua, fue el único en superar el valor PEL de la normativa canadiense (CEQG-SQG) para cobre en sedimentos con 4 415 mg/kg PS (Figura 7-37); sin embargo, este valor no sería producto de una fuente antropogénica sino natural debido a la predominancia de cobre y molibdeno en el área de estudio, tal como se menciona en la evaluación ambiental del proyecto El Galeno (Lumina, 2004).

Asimismo, el punto LDCol1 ubicado en la laguna Dos Colores presentó una gran cantidad de vegetación sumergida y emergente; así como, un sustrato con mayor capacidad de retención de metales por complejación, diferente a lo observado en las lagunas La Rinconada y Milpo. Este ambiente de altas concentraciones de metales se comprobó mediante el análisis multivariado de Análisis de Factor donde el cobre estuvo asociado al molibdeno y al vanadio, registrando una alta influencia sobre LDCol1 (Figura 7-350). Asimismo, la alta concentración de cobre y molibdeno en el sedimento se debería a la cercanía de la laguna Dos Colores al afloramiento de la roca ígnea (Ti – ma) con predominancia de un pórfido dacítico (Figura 8-8).



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



Figura 8-8. Afloramiento de rocas ígneas (Ti – ma) con predominancia de pórfido dacítico cercanos a las lagunas La Rinconada, Dos Colores y 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 date: 11/04/2019

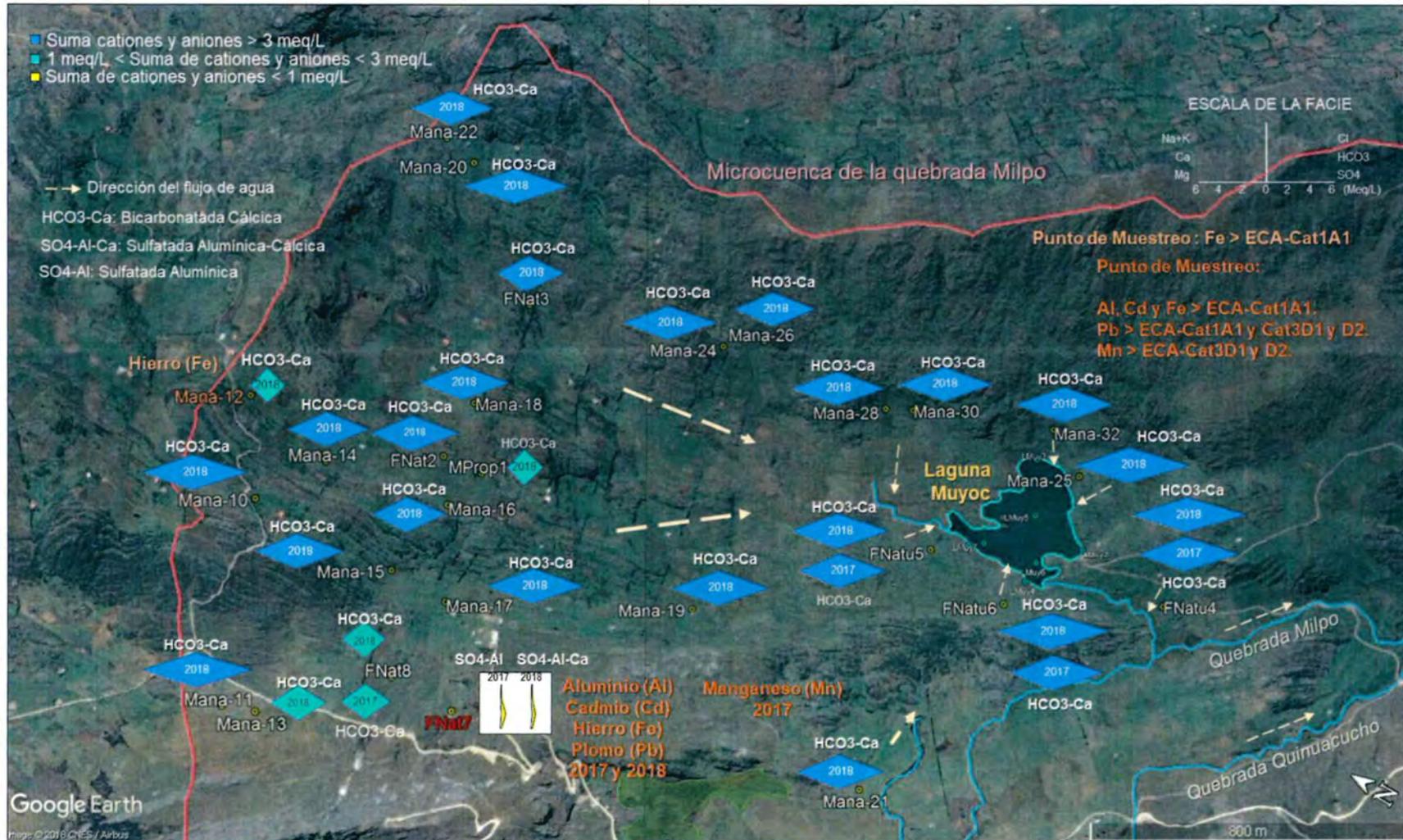


Figura 8-9. Facies hidroquímicas y parámetros que excedieron el ECA (en naranja) de los afloramientos en el ámbito de la laguna Muyoc



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

A diferencia del entorno de las lagunas cercanas al campamento minero: La Rinconada, Dos Colores y Milpo, en el ámbito de la laguna Muyoc se registraron 27 afloramientos que se caracterizaron por tener facie bicarbonatada cálcica (Figura 8-9). Sin embargo, el punto FNat7 presentó facie sulfatada aluminica en octubre de 2017 y sulfatada aluminica cálcica en marzo de 2018 y fue ácido (promedio de 3,72) debido a la posible influencia de las filtraciones que se forman por los drenajes de los socavones ubicados en la parte superior del afloramiento⁵⁸ (Figura 8-10). Lo antes mencionado se corroboró a través de la mayor concentración de sulfatos y metales como aluminio, hierro, cobre, manganeso y bario en ambas evaluaciones, tal como indica el análisis multivariado (Figuras 7-334 y 7-335).



En la Figura 8-10 se observa que el FNat7 presentó mayor concentración de metales totales que FNat8, donde más del 88 % de los metales estuvieron en su forma disuelta (Tablas 7-7 y 7-8). Asimismo, las concentraciones de metales totales e incluso disueltos del aluminio (Figura 7-4b), hierro (Figura 7-5b), (Figura 7-7b) y cadmio (Figura 7-5b) superaron los valores establecidos en los ECA para agua Cat1A1, manganeso superó las categorías Cat3D1 y Cat3D2 y el plomo (Figura 7-8b) superó las categorías Cat1A1, Cat3D1 y Cat3D2.

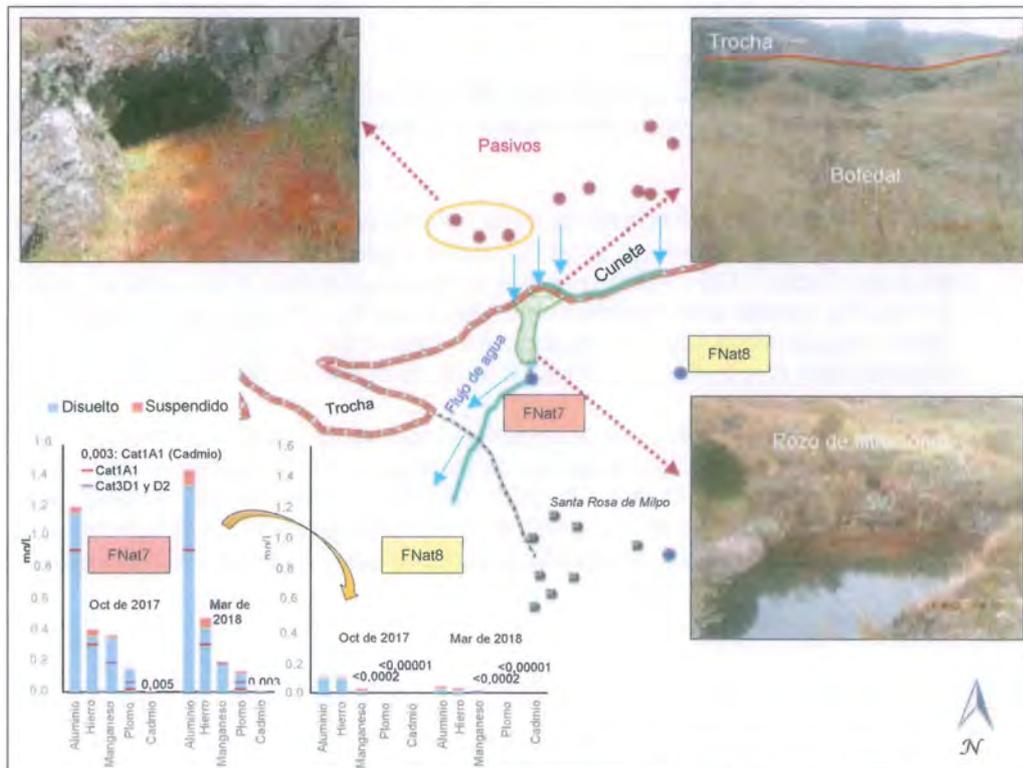


Figura 8-10. Ubicación de los afloramientos FNat7 y FNat8, y socavones del sector Hilórico

Asimismo, el afloramiento FNat8 mantiene la misma facie hidroquímica (bicarbonatada cálcica) conforme a la información reportada por Lumina Copper

58

Dichos pasivos mineros fueron declarados por Lumina Copper S.A.C en el 2009 en la 2do Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración minera El Galeno, los cuales no se encuentran en la actualización del Inventario de Pasivos Ambientales Mineros del MINEM mediante Resolución Ministerial N°. 224-2018-MEM/DM



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

S.A.C. desde el 2010 hasta el 2013⁵⁹ (Figura 8-11), lo que indica que la influencia de los pasivos mineros sólo influenciaron en la composición química del FNat7 (Figura 8-10).

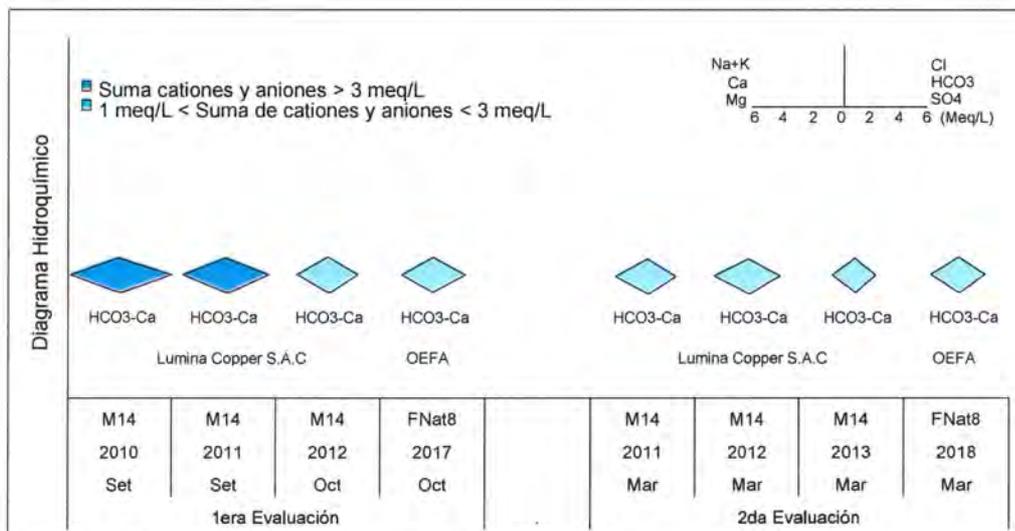


Figura 8-11. Diagramas hidroquímicos del afloramiento FNat8 de meses relacionados a la primera y segunda evaluación en base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA

Con respecto a la especiación química, el porcentaje de las especies divalentes de Cd^{+2} , Pb^{+2} y Mn^{+2} fue mayor al 91 %, lo que sugiere su alta movilidad en el ambiente acuático (Tabla 7-101). Asimismo, el aluminio disuelto estuvo presente en las especies Al^{+3} (70 %) y unido al ión sulfato como $AlSO_4^{+}$ (22 %) y finalmente el hierro (78 – 81 %) estuvo representado por la especie divalente Fe^{+2} y menos del 2 % en $FeSO_4$, mientras las otras formas fueron de la especie trivalente Fe^{+3} (Tabla 7-101).

La concentración de hierro en el MANA-12, que superó el ECA para agua Cat1A1, fue superior al FNat7; sin embargo, se diferenciaron por la menor concentración de la forma disuelta en el MANA-12 (28,7 %) (Tabla 7-8), lo que sugiere una mayor interacción entre el agua y el suelo sólo en la temporada lluviosa (marzo de 2018) debido a que este afloramiento es producto de una infiltración subsuperficial (Figura 8-12).

59

Los datos de los metales disueltos y aniones reportados por Lumina Copper S.A.C. se procesaron para comparar las facies hidroquímicas determinadas por el OEFA.



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



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

Por otro lado, los flujos de afloramientos FNatu5, FNatu6, MANA-25, MANA-32 aportantes cercanos de la quebrada Muyoc (QMuy1) y la laguna Muyoc presentaron la misma facie (bicarbonatada cálcica) en ambas evaluaciones (Figura 8-13). Cabe precisar que en marzo de 2018 se evidenció mayores concentraciones de bicarbonatos y calcio en los puntos ubicados en la orilla de la laguna Muyoc que fueron similares a la descarga de esta laguna (QMuy2), debido a la mayor interacción entre el agua y el suelo a causa del incremento de las precipitaciones.



Handwritten signature and vertical text: MANA-12



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 text: *W420*

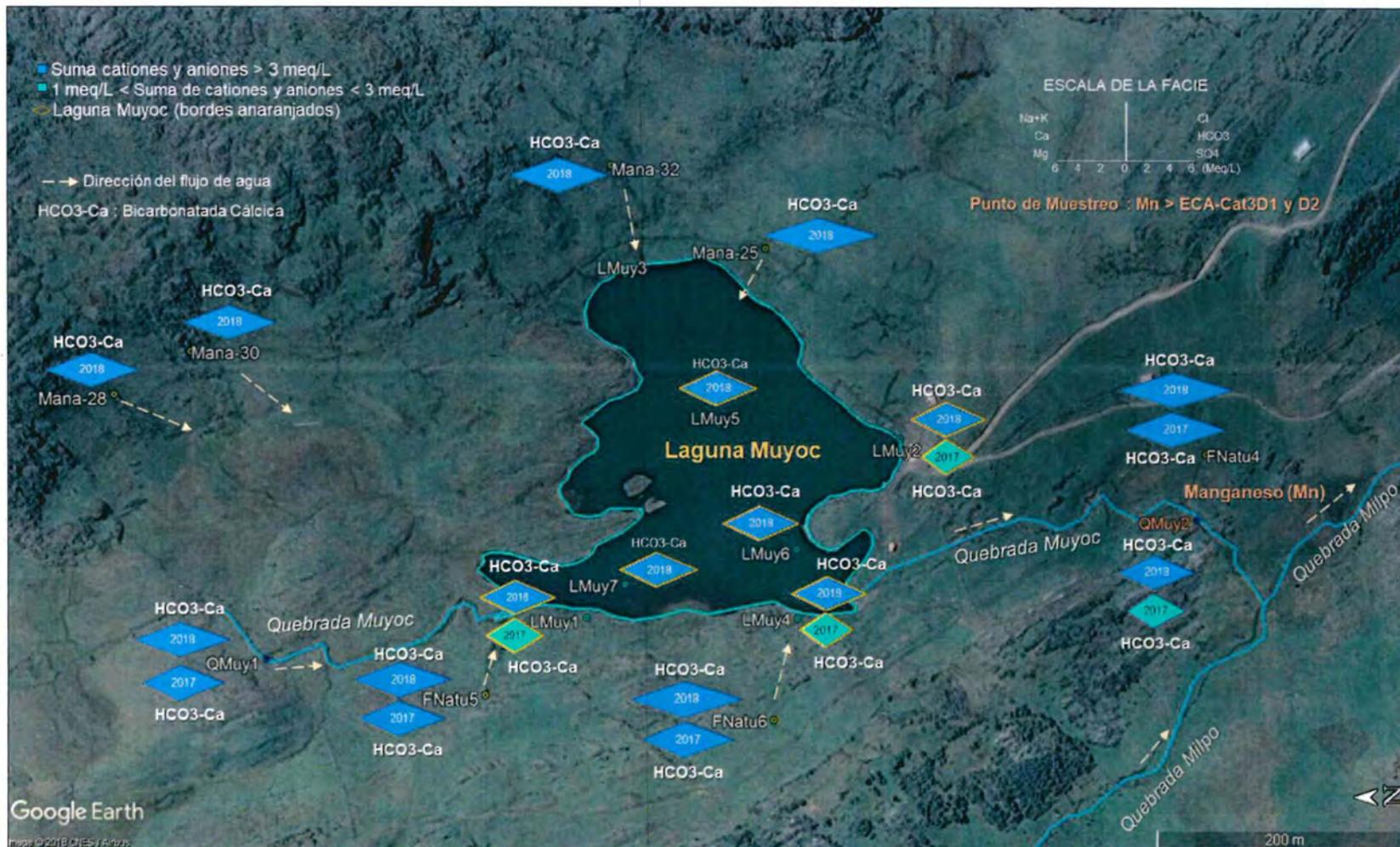


Figura 8-13. Facies hidroquímicas de los afloramientos, la quebrada y laguna Muyoque, y el parámetro que excedió el ECA para agua (en rojo)



No obstante, en este punto de la quebrada Muyoc (QMuy2) de acuerdo a la relación entre los metales disueltos y totales, se encontró que 27 metales tuvieron más del 68 % de forma suspendida en marzo de 2018 (Tabla 7-10), lo cual difiere de lo registrado en octubre de 2017 con solo 4 metales en mayor porcentaje en forma suspendida (Tabla 7-9).

Esta diferencia se observa en el análisis multivariado (Figuras 7-336, 7-337 y 7-338), en donde la quebrada QMuy2 estuvo asociada a metales en mayor porcentaje suspendido como aluminio, hierro, manganeso, calcio, magnesio, entre otros, a causa de la remoción del suelo ribereño por actividades como el pastoreo realizado en la zona (Figura 8-14), el cual ocasionó que el manganeso exceda el ECA para agua en Cat3D1 y Cat3D2 (Figura 7-21).



Handwritten signature and date '10/03/18' in blue ink.

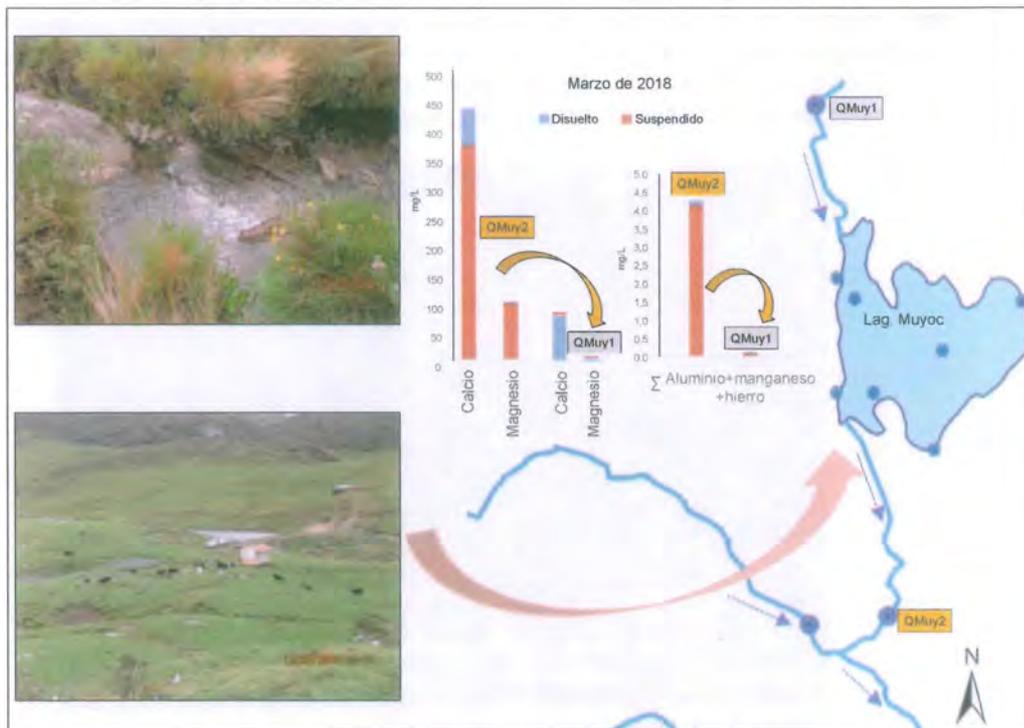


Figura 8-14. Descarga de la laguna Muyoc y concentraciones de metales en sus formas disuelta/suspendida con relación a la actividad ganadera

En resumen, en esta microcuenca se registró que las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo se caracterizaron por ser ácidas y sulfatadas aluminicas a diferencia de la laguna Muyoc que fue básica y bicarbonatada cálcica al igual que la quebrada Muyoc y los afloramientos que aportan a dicha laguna.

Esta diferencia podría deberse a que las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo yacen sobre la formación Carhuaz (Ki-ca), donde predominan areniscas con lutitas grises influenciadas por rocas ígneas (Ti-ma), en el que destaca el pórfido dacítico considerado la fuente de mineralización del proyecto (ITS, 2017). En cuanto a la laguna Muyoc yace sobre la formación Pullucana (Km-p), donde predominan las margas, lutitas y principalmente las calizas (ITS, 2017), siendo uno de los factores que contribuye a la basicidad de dicha laguna y a la de los cuerpos de agua en su entorno.



Por otro lado, los cuerpos de agua presentaron diferentes perturbaciones como la remoción de la vegetación de ribera por carreteras, agricultura o pastoreo de ganado que pudo ocasionar cambios en el flujo natural de la materia y en el ciclo de nutrientes (Jorcin y Nogueira, 2008; Buenaño, 2018). En tal sentido, se calculó el índice de estado trófico y se determinó que la laguna Muyoc fue eutrófica en octubre de 2017 (Tabla 7-110 y Figura 8-17), debido a que presentó mayor concentración de fósforo total en los puntos evaluados en la orilla a diferencia de marzo de 2018 donde las lluvias pudieron influir en la dilución de los nutrientes, por lo que en este mes la laguna Muyoc se determinó como mesotrófica con tendencia a la eutrofia (Figura 7-244 y Figura 8-17).

Este resultado fue corroborado con la gran abundancia de algas y el alto crecimiento de plantas acuáticas observadas en la orilla de la laguna Muyoc (Figura 8-15), lo que está relacionado a las altas concentraciones de nutrientes como el fósforo total registrado en esta laguna, incluso superando el ECA para agua Cat4E1, debido a que la tasa de crecimiento de las algas y plantas acuáticas es proporcional a la tasa de suministro de nutrientes (Lorenzen, 1967; Martins, 2017).



B
R
S
H



Figura 8-15. Orilla de la laguna Muyoc

Cabe resaltar que en la orilla de la laguna Muyoc se registró mayores valores del índice de estado trófico que en su interior (Figura 7-244 y Figura 8-17) debido a que en la orilla la luz puede extenderse y llegar a todas partes de la columna de agua promoviendo el crecimiento de algas y plantas (Mann, 1991). De esta manera, los nutrientes se fijan fotosintéticamente a poca profundidad, aumentando así la materia orgánica presente y la abundancia de los organismos (Schindler, 1991; Martins, 2017), tal como fue registrado para el fitoplancton en la orilla de esta laguna (Figura 7-184).

Además del fósforo total, se analizó el comportamiento del nitrógeno, debido a que ambos representan los elementos más importantes para la productividad primaria en los cuerpos de agua dulce (Roldán, 1992). Al provenir de la atmósfera, el nitrógeno es el elemento más abundante en comparación del fósforo que proviene principalmente de la mineralización de la materia orgánica, por lo que se le considera como el factor más limitante de la productividad primaria, siendo la proporción de fósforo a nitrógeno en el agua generalmente de 1:10 (Roldán, 1992).



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

En ese sentido, se observó que el fósforo presentó mayor concentración que el nitrógeno total en la laguna Muyoc en octubre de 2017 (Figura 8-16) lo que se debería a un mayor aporte de fósforo por descomposición orgánica, característico de ambientes eutrofizados (Roldán, 1992). Por otro lado, aunque el nitrógeno total fue mayor que el fósforo en marzo de 2018 no fue en la proporción en la que usualmente se deben encontrar (Figura 8-16), lo cual sugiere el ingreso de nutrientes provenientes del pastoreo de ganado realizado en la zona en los 2 meses evaluados, siendo menor en marzo debido a que las precipitaciones pueden diluir la concentración de los nutrientes en la orilla.



Handwritten signature and vertical text in blue ink.

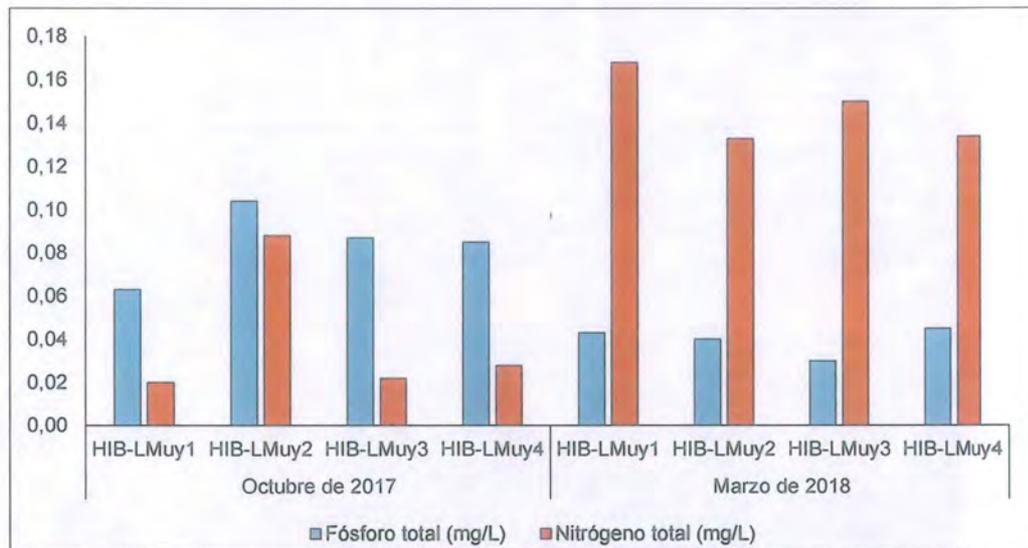


Figura 8-16. Concentraciones de fósforo y nitrógeno total en la orilla de la laguna Muyoc



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

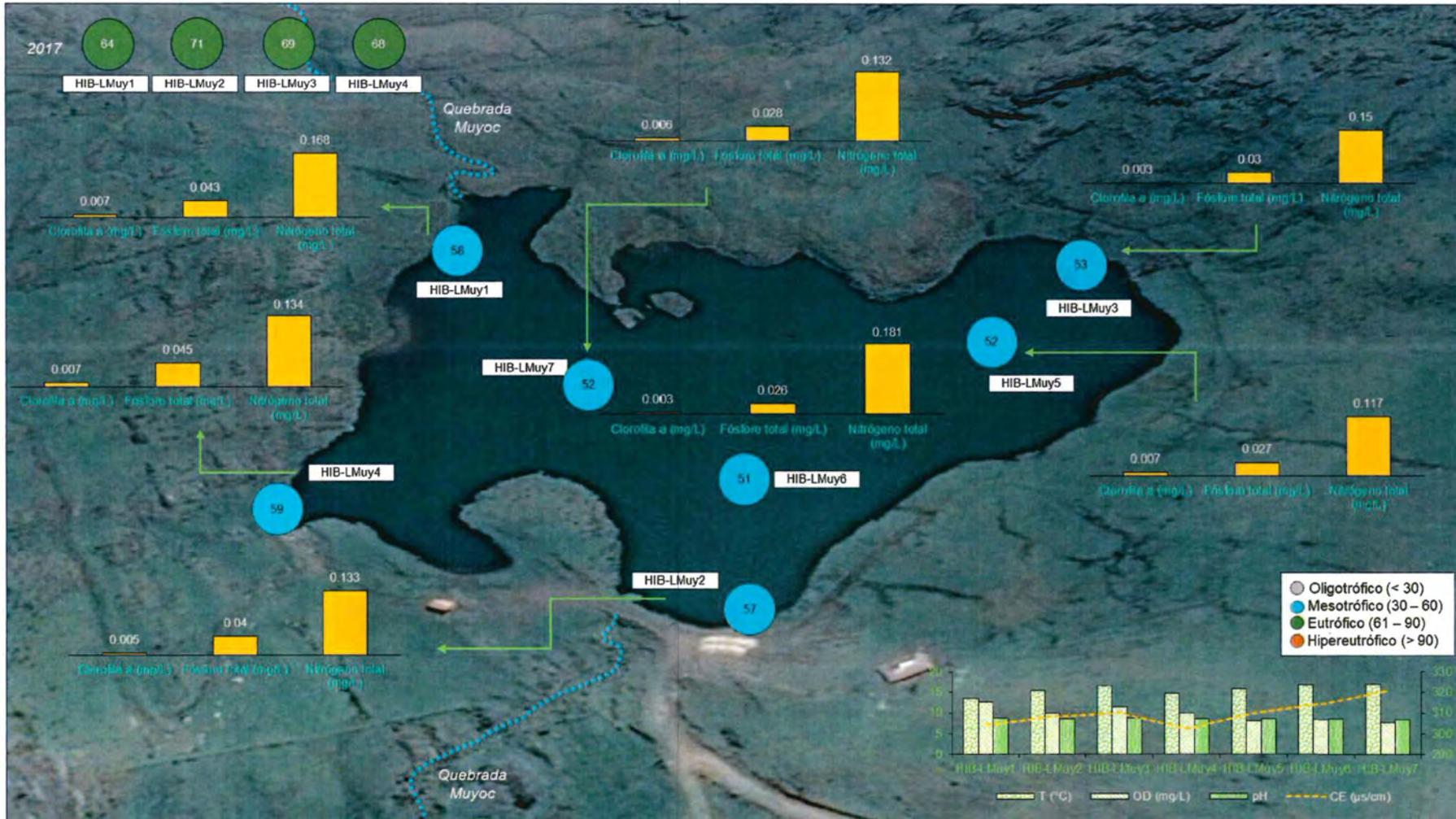


Figura 8-17. Estado trófico de la laguna Muyoc basado en el índice de estado trófico (IET) para fósforo total y parámetros físico-químicos.



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

Respecto a las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo, fueron determinadas como mesotróficas con tendencia a la oligotrofia en octubre de 2017 (Tabla 7-110). Si bien no se determinó el estado trófico de estas lagunas en marzo de 2018, en la Figura 8-18 se puede observar sus características como sustrato duro y estable, transparencia total y baja productividad, a diferencia de la laguna Muyoc que presentó sustrato con alto contenido de materia orgánica y alta turbidez debido a la gran abundancia de algas (Figura 8-18d).

Handwritten notes and stamps on the left margin. At the top is a circular stamp from the OEFA with the text "SUBDIVISIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA" and "ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - TH". Below the stamp are several blue ink checkmarks and arrows pointing downwards.



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

Cabe resaltar que las diferencias en las facies hidroquímicas, parámetros de campo como el pH y principalmente el estado trófico, guardaron relación con la composición, riqueza y abundancia de las comunidades hidrobiológicas entre las lagunas. De este modo, el plancton (fitoplancton y zooplancton), perifiton (ficoperifiton y zooperifiton) y macroinvertebrados bentónicos colectados en la orilla de la laguna Muyoc estuvieron relacionados a mayores concentraciones de bicarbonatos, calcio, fósforo, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales (Figuras 7-247, 7-248 y 7-249), a diferencia de las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo que registraron asociación con mayores concentraciones de sulfatos, cobre y aluminio (Figuras 7-247, 7-248 y 7-249).

Por ello, la laguna Muyoc se destacó al presentar organismos característicos de aguas eutróficas, pertenecientes a los phylum Charophyta, Cyanobacteria, Euglenozoa y Chlorophyta (Roldán, 1992), en el fitoplancton y en el ficoperifiton (Figuras 7-183 y 7-191). Por otro lado, en las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo, Bacillariophyta fue el phylum más abundante y donde sólo se registró organismos del phylum



Ochrophyta (Figura 7-184 y Figura 7-192), ambos característicos de aguas pobres en nutrientes y oligotróficos (Roldán, 1992).

Cabe resaltar que el fitoplancton en la laguna Muyoc fue más abundante que en el resto de lagunas, siendo representado por el phylum Chlorophyta en la evaluación de marzo de 2017 (Anexo B) y por Charophyta en 2018 (Figura 7-183), donde géneros característicos de ambientes eutróficos como *Spirogyra* y *Mougeotia* (Rada, 2005) fueron dominantes (Anexo D). Asimismo, se observó que el fitoplancton fue más abundante en octubre de 2017 (Figura 7-375); de igual manera, los datos históricos reportados por Lumina Copper S.A.C. presentaron diferencias significativas en la abundancia del fitoplancton entre ambas temporadas, y entre los estudios realizados por el OEFA y la empresa (Figura 7-119).

Donde este último fue quien reportó valores más altos de la abundancia del fitoplancton en su primera evaluación (Figura 7-113) debido al régimen de precipitaciones que delimitan las temporadas seca y lluviosa en el área de estudio. Como fue mencionado, la empresa realizó la primera evaluación en setiembre de 2007 (final de la temporada seca); mientras que, el OEFA evaluó en octubre de 2017 (inicio a la temporada lluviosa), siendo esta diferencia en el tiempo de muestreo el motivo de la diferencia en la abundancia de organismos debido a la dependencia a la luz solar del fitoplancton para proliferar en los cuerpos acuáticos y a su vulnerabilidad a las precipitaciones por vivir suspendidos en la columna de agua (Mariano-Astocóndor, 2001).

Aunque el ficoperifiton en la laguna Muyoc presentó mayor riqueza y la presencia del phylum Euglenozoa y del género *Oscillatoria* (Cyanobacteria), ambos característicos de aguas eutróficas y/o tolerantes a la contaminación orgánica (Roldán, 1992); se resalta su baja abundancia respecto al resto de lagunas evaluadas (Figuras 7-191 y 7-192). Lo que pudo deberse al tipo y rugosidad del sustrato, pues las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo presentaron estructuras estables y duras donde los organismos del ficoperifiton pudieron establecerse; a diferencia de la laguna Muyoc donde se registró gran cantidad de materia orgánica en el sustrato (Figura 8-15).

Asimismo, se registró gran número de plantas acuáticas emergentes en la orilla lo que pudo evitar el desarrollo del ficoperifiton en esta laguna debido a que la excesiva abundancia de las plantas acuáticas conduce a la pérdida de especies y cambios en las estructuras de las comunidades (Smith *et al.*, 1998; Martins, 2017). Por otro lado, se destaca la gran abundancia de los géneros *Eutonia* y *Frustulia* en las lagunas Dos Colores y Milpo, ambos del phylum Bacillariophyta (Figura 7-192 y Anexo D), lo que sugiere la presencia de condiciones oligotróficas para que puedan desarrollarse.

En cuanto a la laguna La Rinconada, se resalta la gran abundancia del orden Nostocales (Cyanobacteria) en el ficoperifiton colectado en HIB-LRinc2 a diferencia de los otros 2 puntos evaluados en dicha laguna (Figura 7-192 y Anexo D). Esta evidencia sugiere un cambio en las características químicas del agua (Roldán y Ramírez, 2008); sin embargo, no se registraron amplias variaciones en dichas características ya que la laguna se caracterizó por ser sulfatada aluminica (Tabla 7-80) y mantuvo un pH ácido (4,13 – 5,90) (Figura 7-26), por lo que la gran abundancia de Cyanobacteria respondería a la remoción del sustrato duro y aporte de organismos de las riberas debido al desprendimiento de fragmentos de roca en este sector (Figura 8-19c).



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin.



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

En el zooplancton también se registró diferencias en la dominancia de organismos, registrándose mayor abundancia del phylum Rotifera en la laguna Muyoc (Figura 7-188), el cual es característico por dominar bajo condiciones eutróficas (Roldán, 1992). Particularmente, fue sólo en esta laguna donde se registró al género *Brachionus*, resistente a pH básicos y aguas abundantes en calcio y carbonatos, por lo que son considerados indicadores de aguas eutrificadas (Pennak, 1978; Ramirez, 1987; Roldán, 1992).

Al igual que los rotíferos, los cladóceros *Daphnia* y *Moina* son organismos filtradores y fueron más abundantes que los copépodos en la laguna Muyoc (Anexo D) debido al menor tamaño del fitoplancton que facilita su filtración en cuerpos de agua eutrificados (Margalef, 1983, Roldan, 1992). Por otro lado, las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo fueron las que presentaron mayor abundancia de copépodos, destacando los Calanoida (Anexo D) quienes son filtradores de diatomeas y algas verdes, las que dominaron en estas lagunas y son consideradas como indicadores de oligotrofia (Figura 7-187).

En cuanto al zooperifiton, presentó menor abundancia de organismos en la laguna Muyoc a diferencia del resto de lagunas (Figura 7-196) debido a la falta de sustrato duro y presencia de plantas acuáticas en la orilla (Figura 8-15d) que evitaron su establecimiento y alimentación a causa de la baja abundancia de ficoperifiton (Martins, 2017). Sin embargo, el mayor número de taxa del phylum Rotifera se encontró en la laguna Muyoc (Figura 7-195), además fue el más abundante junto a Ciliophora y Amoebozoa (Figura 7-196), lo que continúa sugiriendo su condición eutrófica. Por otro lado, las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo se destacaron por presentar mayor abundancia de organismos del phylum Cercozoa, particularmente en el punto HIB-LDCol1 ubicado en la laguna Dos Colores el cual destacó por la gran abundancia del taxa *Trinema* (Figura 7-196 y Anexo D).

En la evaluación de marzo de 2018, los macroinvertebrados bentónicos encontrados en las lagunas estuvieron representados principalmente por taxa de órdenes de clases no Insecta, seguidos por el orden Diptera (Figura 7-199). Asimismo, la mayor abundancia de los puntos de muestreo estuvo representada generalmente por taxa



Handwritten notes in blue ink: a vertical line with an arrow pointing up, followed by the letters 'M', 'L', 'T', and 'S' arranged vertically.



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

de clases no Insecta como *Hydrachnidia* sp. y Haploutaxidae (Figura 7-200 y Anexo D). Donde este último taxa forma parte del grupo de los oligoquetos acuáticos caracterizados por habitar aguas con mucha materia orgánica en descomposición y concentraciones bajas de oxígeno (Roldán, 1992). Cabe resaltar que el punto HIB-LMilp3 ubicado en la laguna Milpo registró solo organismos de la familia Dytiscidae perteneciente al orden Coleoptera (Figura 7-199); sin embargo, también es considerado un indicador de mala calidad (Ríos *et al.*, 2014).

Por otro lado, las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo se destacaron por presentar mayor riqueza de taxa como Trichoptera (característicos de ambientes con buena calidad) en ambas evaluaciones (Figura 7-199), debido a que ecosistemas oligotróficos se caracterizan por presentar alta diversidad, pero un bajo número de individuos por taxa (Roldán, 1992). Sin embargo, aunque la laguna Muyoc presentó tendencia a la eutrofia registró menor abundancia de organismos que el resto de lagunas en marzo de 2018 (Figura 7-199), lo que pudo deberse a la presencia de plantas acuáticas que dificultaron la colecta en la orilla (Figura 8-20) y al sedimento lodoso en el interior de la laguna que no permitió coleccionar macroinvertebrados bentónicos con la draga.



Handwritten signature and date: 15/03/2018



Figura 8-20. Orilla de la laguna Muyoc

Asimismo, al igual que lo reportado por Lumina Copper S.A.C., se registró diferencias en la abundancia de los macroinvertebrados bentónicos entre las evaluaciones realizadas (Figura 7-383), encontrándose mayor abundancia de organismos en marzo de 2018 debido posiblemente al aumento de la capacidad de carga de los cuerpos de agua en la temporada lluviosa que permitió un mejor desarrollo de esta comunidad (ITS, 2017).

Por lo descrito anteriormente, se identificaron los taxa más predominantes en cada comunidad hidrobiológica, donde la mayor abundancia estuvo estrechamente relacionada a las características químicas y principalmente al estado trófico de las lagunas. De este modo, se encontró una menor riqueza y abundancia del plancton en las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo en ambas evaluaciones (Tabla 8-1); en cuanto al perifiton, la laguna Muyoc tuvo mayor riqueza de taxa, pero registró menor abundancia de organismos en comparación al resto de lagunas (Tabla 8-1).



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

Los macroinvertebrados bentónicos fueron más diversos y abundantes en las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo en marzo de 2018, a diferencia de octubre de 2017 donde la laguna Muyoc presentó la mayor abundancia (Tabla 8-1, Anexo B y Anexo D). Cabe resaltar que los taxa destacados en las lagunas La Rinconada, Dos Colores y Milpo estuvieron relacionados a cuerpos de agua con baja concentración de nutrientes y ecosistemas oligotróficos; en tanto que, para la laguna Muyoc se destacan taxa relacionados con ambientes eutróficos por presentar altas concentraciones de nutrientes que favorecen su mayor productividad (Tabla 8-1).

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

Comunidad hidrobiológica		La Rinconada, Dos Colores y Milpo	R	A	N	Muyoc	R	A	N
Plancton	Fitoplancton	Bacillariophyta Ochrophyta	↓	↓	↓	Charophyta Cyanobacteria Euglenozoa Chlorophyta	↑	↑	↑
	Zooplancton	Arthropoda (Copepoda) Amoebozoa	↓	↓	↓	Rotifera Ciliophora Arthropoda (Cladocera)	↑	↑	↑
Perifiton	Ficoperifiton	Bacillariophyta Ochrophyta	↓	↑	↓	Charophyta Cyanobacteria Euglenozoa Chlorophyta	↑	↓	↑
	Zooperifiton	Cercozoa	↓	↑	↓	Rotifera Ciliophora Amoebozoa	↑	↓	↑
Macroinvertebrados bentónicos		Trichoptera Diptera Coleoptera No Insecta	↑	↓ (17) ↑ (18)	↓	No Insecta Diptera	↓	↑ (17) ↓ (18)	↑

(R) Riqueza de taxa

(A) Abundancia de organismos

(N) Cantidad de nutrientes

Por otro lado, los macroinvertebrados bentónicos colectados en la orilla e interior de la laguna Muyoc mostraron asociación con el arsénico registrado en el sedimento (Figura 7-250), el cual superó la normativa canadiense en el punto HIB-LMuy3 (laguna Muyoc) para ambas evaluaciones (Figura 7-35). Asimismo, metales como el zinc y el cobre superaron dicha norma en HIB-LRinc2 (laguna La Rinconada) y HIB-LDCol1 (laguna Dos Colores), respectivamente, en la evaluación de octubre de 2017 (Figuras 7-35 y 7-40).

Aunque dichas concentraciones fueron altas, se observó tolerancia por parte de las comunidades hidrobiológicas a estos metales, pues su presencia y abundancia estuvo relacionada principalmente al estado trófico de la laguna y características químicas del agua; sin embargo, se destaca la mayor abundancia del taxa *Trinema* (phylum Cercozoa) en el perifiton colectado en el punto HIB-LDCol1, donde se registró alta concentración de cobre en el sedimento (Figura 8-21 y Anexo D).



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

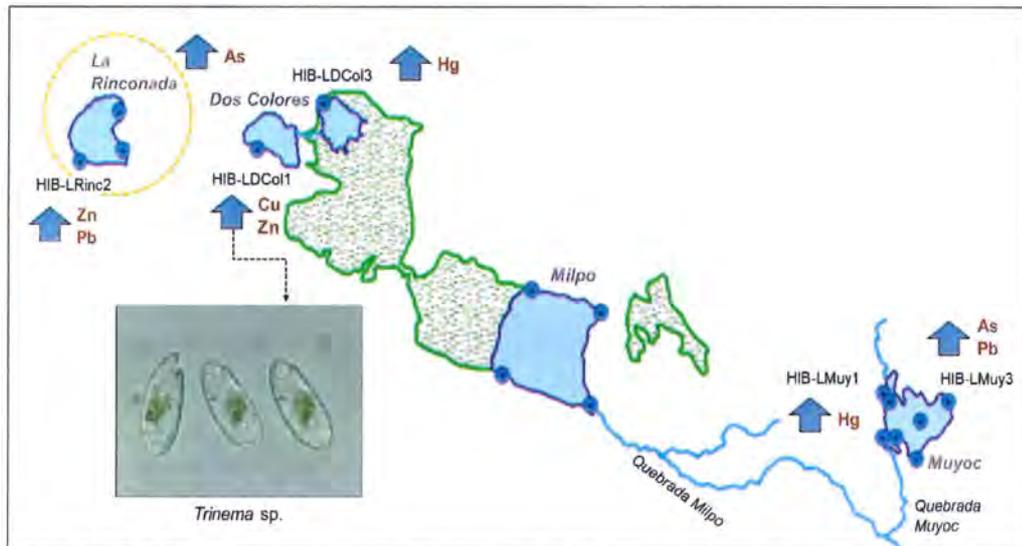


Figura 8-21. Puntos de muestreo en lagunas de la microcuenca de la quebrada Milpo en dónde se superó los límites permitidos de metales en sedimento

En relación a los cuerpos lóticos y sus comportamientos hidroquímicos (Figura 8-22), se tiene que la naciente de la quebrada Milpo proviene de la descarga de la laguna Milpo, la cual se caracterizó por ser ácida con una mayor concentración de sulfatos conforme al análisis hidroquímico que caracterizó a esta laguna como sulfatada aluminica-cálcica en octubre de 2017 y diferentes facies hidroquímicas sulfatadas (aluminica-cálcica, aluminica-cálcica y cálcica).

El comportamiento del tramo inicial de la quebrada Milpo (QMilp1), en octubre de 2017 registró concentraciones de sulfatos y bicarbonatos menores al límite de cuantificación por lo que no se determinó su facie hidroquímica (N.D en la Figura 8-22). En este punto, la disminución de los sulfatos respecto a la concentración registrada en la laguna Milpo lo que pudo ser producto de la dilución debido al aporte de los afloramientos FNatu13 y FNatu14 que registraron sulfatos y bicarbonatos menores al límite de cuantificación (Anexo D).

Respecto a la evaluación de marzo de 2018, QMilp1 registró un incremento en la concentración de los sulfatos debido a la influencia de la laguna Milpo y bicarbonatos por la disolución de compuestos carbonatados por las escorrentías producto del incremento de las lluvias, por lo que se determinó en este punto una facie sulfatada-bicarbonatada cálcica-sódica (Figura 8-22 y Tabla 7-79).

Estos cambios en el punto QMilp1 no se registraron en el punto M8 (Lumina Copper S.A.C.) debido a la cercanía de este último a la descarga de la laguna Milpo, por lo que presentó las mismas características hidroquímicas (sulfatada cálcica) que esta laguna en el periodo reportado por la empresa desde 2008 hasta el 2013 (Figuras 8-23 y 8-24). Esto confirma la influencia de los afloramientos o escorrentías sobre QMilp1.



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»

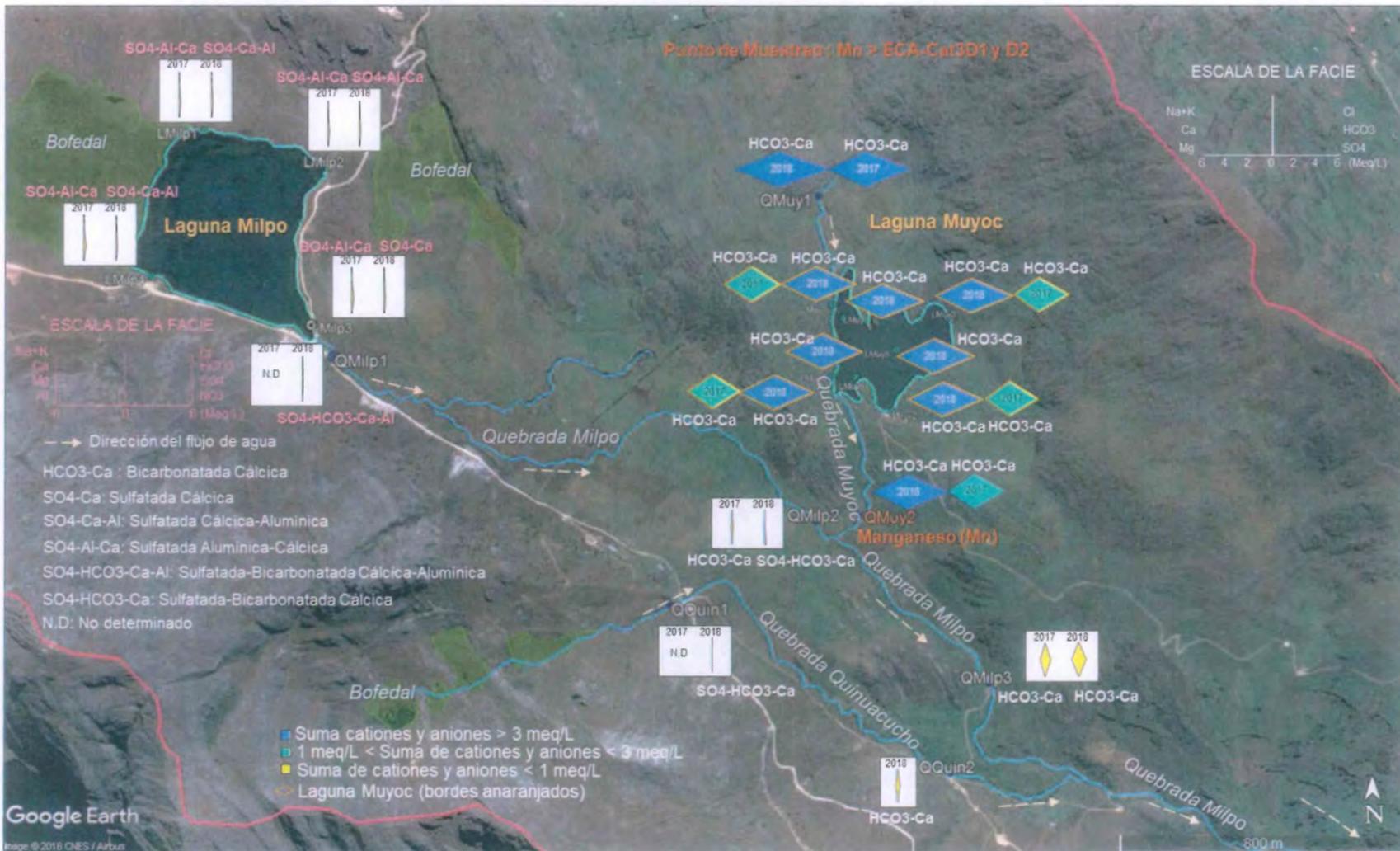


Figura 8-22. Facies hidroquímicas de las lagunas Milpo y Muyoc, y las quebradas Milpo y Quinuacucho



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

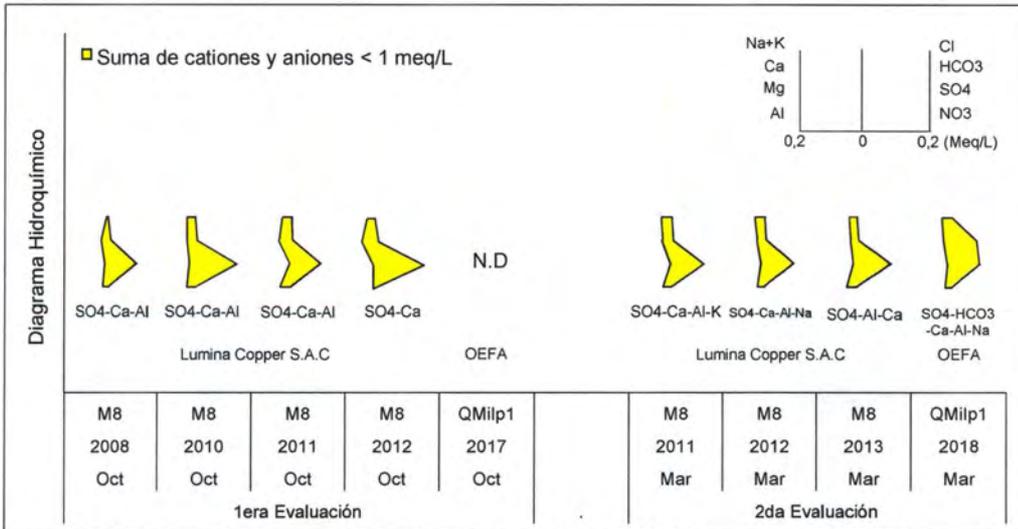


Figura 8-23. Diagramas hidroquímicos de la quebrada QMilp1 de meses relacionados a la primera y segunda evaluación en base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA



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

Cabe resaltar que aguas abajo, el mayor caudal de la quebrada Milpo ingresa en una depresión Kárstica (dolina), realizándose la evaluación del punto QMilp2 en el caudal sobrante (Figura 8-25).



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



Handwritten notes in blue ink, including a signature and the letters 'M', 'A', 'S', 'H'.

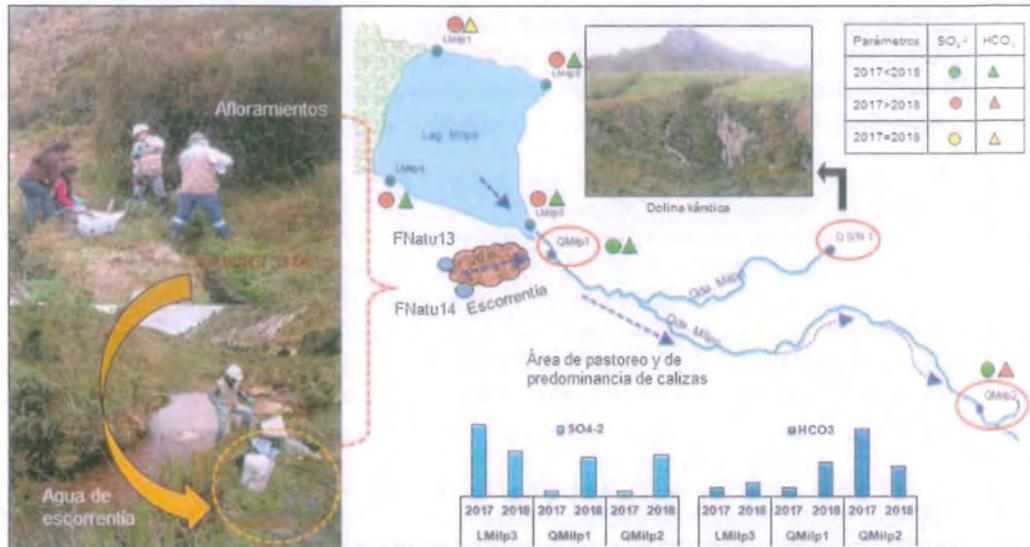


Figura 8-25. Influencia de la composición hidroquímica de la laguna Milpo y escorrentías de afloramientos y otras filtraciones en el tramo QMilp1 a QMilp2

Aguas abajo, en el punto QMilp2 en octubre de 2017 se observó un incremento de los bicarbonatos producto de la disolución de los compuestos carbonatados que fueron transportados por las escorrentías desde QMilp1, conservándose sus características bicarbonatadas cálcicas (Tabla 7-79). Por otro lado, este punto cambió su facie a sulfatada-bicarbonatada cálcica en marzo de 2018 debido a una mayor influencia de la laguna Milpo que mantuvo la concentración de sulfatos y a la disolución de minerales cálcicos que incrementaron los bicarbonatos (Figuras 8-25 y 8-26).

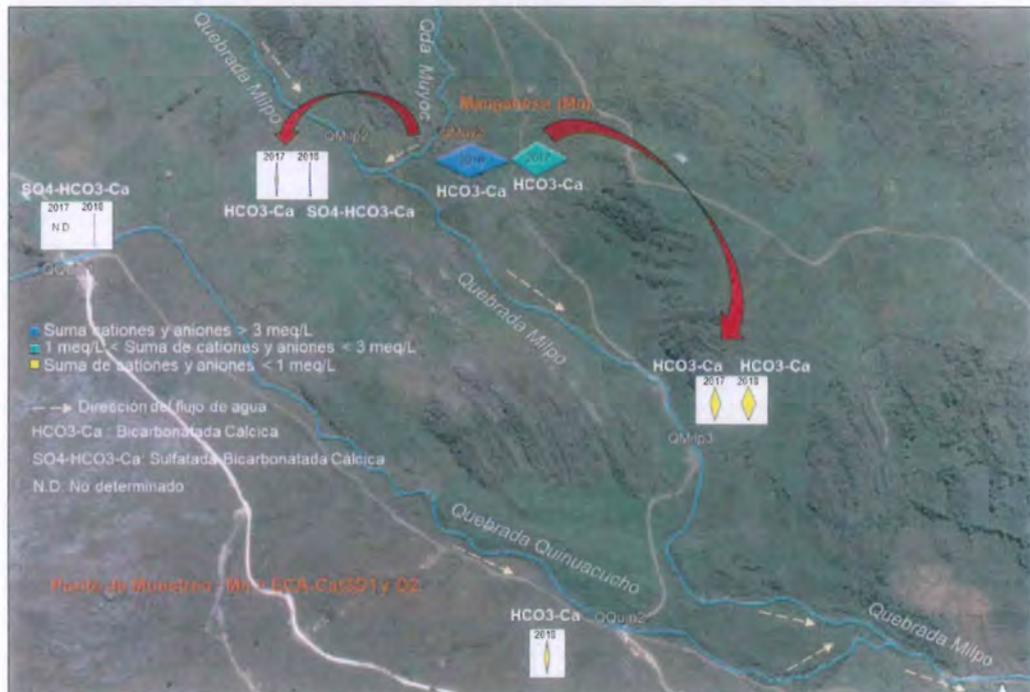


Figura 8-26. Facie hidroquímica de las quebradas Milpo, Muyoc y Quinuacucho



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

Continuando con el curso de agua, se registró la influencia de la quebrada Muyoc (QMuy2) sobre la quebrada Milpo, reflejada por el incremento en la concentración de bicarbonatos y calcio en el punto QMilp3, el cual presentó facie bicarbonatada cálcica en ambas evaluaciones (Tabla 7-79, Figura 7-328 y Figura 8-26).

En adición a lo anterior, como fue observado al inicio de la quebrada Milpo, en la quebrada Quinuacucho (QQuin1) no se determinó su facie hidroquímica en octubre de 2017, a diferencia de marzo de 2018 donde fue sulfatada cálcica a causa del aporte de la laguna Quinuacucho (Figura 8-26). Aguas abajo (QQuin2), se registró un aumento en la concentración de los bicarbonatos debido a su interacción con el suelo y material rocoso, por lo que este punto se caracterizó por tener una facie bicarbonatada cálcica en marzo de 2018 (Figura 8-26). Cabe indicar que no se registró agua en QQuin2 en octubre de 2017 debido a que aguas abajo de QQuin1 fue captado para riego local.

Luego de la confluencia de la quebrada Quinuacucho con la quebrada Milpo, el punto QMilp4 (parte final de la microcuenca) se caracterizó por ser bicarbonatada cálcica, debido al incremento en la concentración de bicarbonatos y calcio por la interacción entre el agua y el suelo o roca, además del aporte de los afloramientos MLCue-01, MPalo-01 y MLanc-01, y la resurgencia de la dolina también de facie bicarbonatada cálcica (Figura 8-27). Todos estos cuerpos de agua se encuentran sobre el grupo Pulluicana; asimismo, esta quebrada influye en la quebrada Punre, cambiando su facie hidroquímica de sulfatada-bicarbonatada cálcica a bicarbonatada cálcica.



Vertical handwritten signature and date: R. A. S. H.

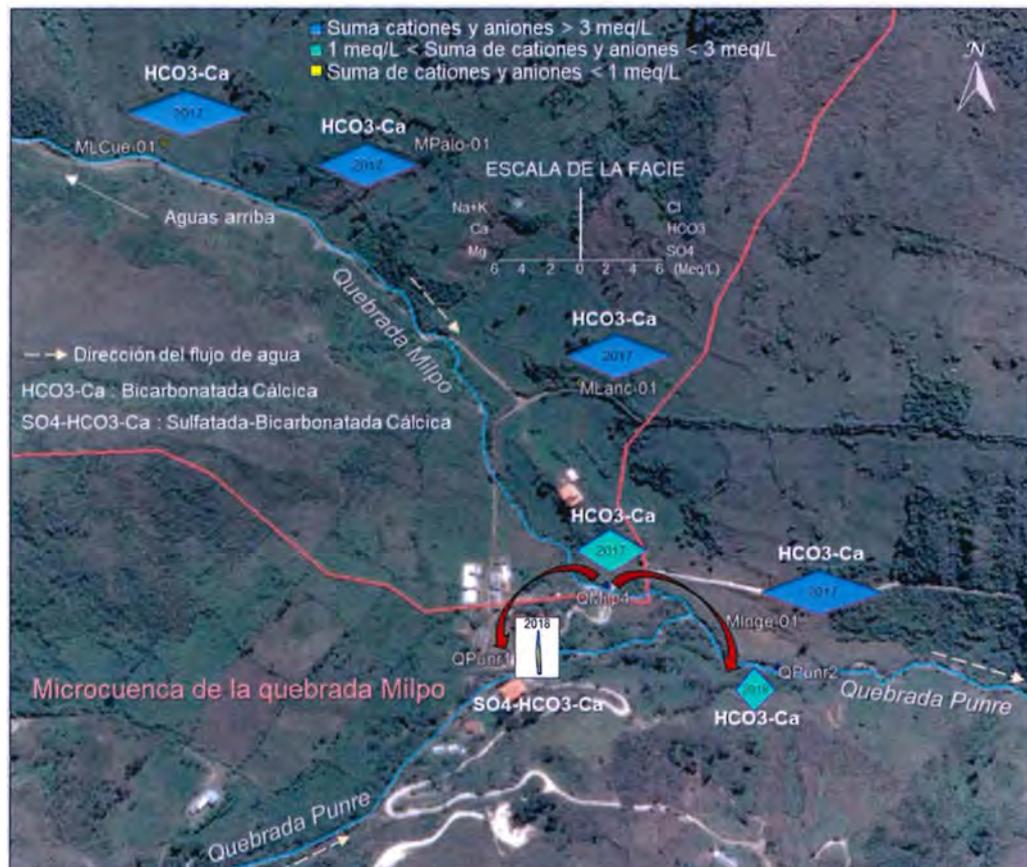


Figura 8-27. Facie hidroquímica de los afloramientos y las quebradas Milpo y Punre



«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.

En resumen, se observa que las características ácidas y sulfatadas en el inicio de la quebrada principal (Milpo) de esta microcuenca van disminuyendo aguas abajo hasta convertirse a básica y bicarbonatada cálcica. Este cambio se produjo debido al aumento de la concentración de bicarbonatos y calcio por la interacción entre el agua y el entorno por el que recorre, al aporte de los afloramientos, pero sobre todo por el aporte de la laguna y quebrada Muyoc.

De igual modo que en las características del agua, también se observó diferencias entre las comunidades hidrobiológicas presentes en las quebradas conforme los cuerpos de agua iban descendiendo y uniéndose a otros tributarios. Respecto al ficoperifiton, las quebradas presentaron mayor número de taxa (Figura 7-151) y un ligero incremento en la abundancia de organismos aguas abajo (Figura 7-152). Los phylum con mayor número de especies en el ficoperifiton fueron: Bacillariophyta y Cyanobacteria, donde Bacillariophyta fue dominante en la mayoría de las quebradas en ambas evaluaciones (Figura 7-152), lo cual confirma una condición muy común en los ambientes lóticos tal como lo describe Jorgensen (2009).

Cabe resaltar, que en los puntos ubicados aguas abajo en las quebradas Muyoc (HIB-QMuy2), Milpo (HIB-QMilp3) y Quinuacucho (HIB-QQuin2) se registró mayor número de taxa de los phylum Bacillariophyta, Cyanobacteria y Chlorophyta en relación a sus puntos aguas arriba (Figura 7-151), mostrando una relación directa con la concentración de bicarbonatos y calcio. Aunque hubo un incremento en la riqueza de algunos phylum característicos de ambientes con contaminación orgánica (Cyanobacteria) no fueron muy abundantes en dichos puntos (Figura 7-152). Sin embargo, se destaca el mayor desarrollo del phylum Chlorophyta en HIB-QQuin2 (Figura 7-152) sugiriendo un mayor aporte de nutrientes en este tramo posiblemente debido al pastoreo de ganado (Figura 8-28).



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

Respecto al zooperifiton, en general se observó un incremento en la abundancia de organismos aguas abajo en ambas evaluaciones (Figura 7-156 y Anexo B); excepto por el punto HIB-LDCol2 en marzo de 2018, el cual presentó mayor riqueza y abundancia de organismos (Figuras 7-155 y 7-156) que el resto de puntos evaluados mostrando tolerancia a la alta concentración del cobre en el agua y pH ácido. Cabe resaltar que los phylum Rotifera y Ciliophora fueron los predominantes (Figura 7-156) al igual que el punto HIB-LDCol1 (Figura 8-29), ubicado en la laguna Dos Colores.



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



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

En cuanto a la riqueza de los macroinvertebrados bentónicos, se observó el mayor número de taxa en los puntos aguas arriba de la quebrada Muyoc y Quinuacucho (HIB-QMuy1 y HIB-QQuin1, respectivamente) en marzo de 2018 (Figura 7-159) pues presentaron una buena calidad hidromorfológica (Tabla 7-32). A diferencia de sus puntos aguas abajo (HIB-QMuy2 y HIB-QQuin2) que registraron menos riqueza debido al pastoreo de ganado que perturba el sustrato y la vegetación de ribera (Figura 8-30).

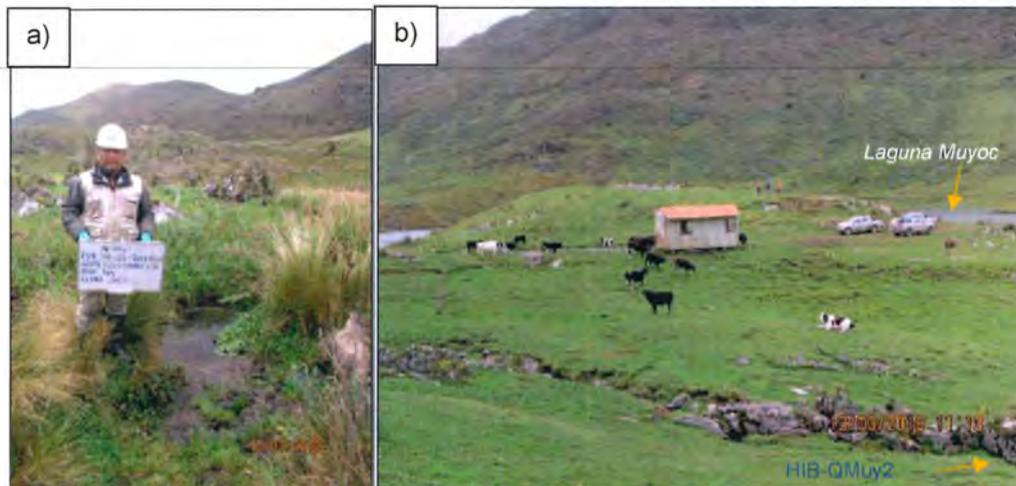


Figura 8-30. Perturbación en el sustrato y vegetación de ribera asociado a pastoreo en HIB-QMuy2 (a) cerca a la descarga de la laguna Muyoc (b)

Es importante mencionar que la riqueza fue similar en la mayoría de puntos en ambas evaluaciones (Figura 7-159 y Anexo B). Por otro lado, se registró una mayor abundancia de organismos en marzo de 2018 (Figuras 7-360 y 7-383) debido a la mayor capacidad de carga de las quebradas por influencia de las lluvias; sin embargo, se resalta la gran diferencia en la abundancia de los puntos de muestreo HIB-LDCol2 y HIB-QMilp1 respecto al resto de puntos en marzo de 2018 (Figura 7-165).



Vertical handwritten signature in blue ink.



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

El primero, se caracterizó por tener gran abundancia de taxa de órdenes de clases no Insecta como Trombidiformes, Naididae y Haplotoxidae, a diferencia del punto ubicado en la quebrada Milpo (HIB-QMilp1) que presentó una gran abundancia del género *Gigantodax* (Simuliidae, Diptera, Anexo D).

Dichas dominancias sugieren la perturbación de estos ambientes debido a que taxa de clases no Insecta como Haplotoxidae en HIB-LDCol2 y de familias como Simuliidae en HIB-QMilp1 se caracterizan por habitar aguas con mucha materia orgánica en descomposición y concentraciones bajas de oxígeno (Roldán, 1992). Esta condición sumada a las características hidromorfológicas observadas en el hábitat como estructura y naturalidad de la vegetación de ribera regular y manchas grandes en la continuidad de la vegetación riparia (Figura 8-31), determinaron a estos cuerpos de agua con una calidad ecológica moderada y mala (Tabla 7-34 y Figura 8-35).



Handwritten vertical text: '10/05/14' and other illegible marks.



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

Además, se observó una baja abundancia de organismos en HIB-QMilp2 (quebrada Milpo), HIB-QMuy2 (quebrada Muyoc) y HIB-QQuin2 (quebrada Quinuacucho) en ambas evaluaciones (Figura 7-160 y Anexo B), representada principalmente por Orthocladiinae (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 contaminadas según las investigaciones de Roldán (2003), Liévano & Ospina (2007) y Madera (2016).



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



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

Debido a ello, estos puntos de muestreo calificaron con una calidad ecológica mala (Tabla 7-34 y Figura 8-35) a pesar de tener características hidromorfológicas de calidad moderada como canal natural y moderada estructura de la vegetación riparia (Tabla 32, Figura 8-32).

Otro aspecto resaltante es que solo el punto HIB-QMilp3 (quebrada Milpo) se encontró dominado por el orden Ephemeroptera (Figura 7-160), representado por individuos del género *Andesiops* (Baetidae) y *Meridialaris* (Leptophlebiidae), lo cual podría indicar la buena calidad de este cuerpo de agua debido a que la familia Baetidae es considerada una de las más sensibles a la contaminación del agua (Madera, 2016) de igual forma que Leptophlebiidae que no fue encontrada en ambientes acuáticos perturbados según Ríos-Touma *et al.* (2014).

Sin embargo, en este punto de muestreo también fueron encontrados organismos del genero *Gigantodax* (Simuliidae, Dipera), característicos de ambientes acuáticos perturbados (Ríos-Touma *et al.*, 2014). De esta manera, debido a la presencia de los taxa mencionados y a las características del hábitat (Figura 8-33), este punto de muestreo se determinó con una calidad ecológica moderada (Tabla 7-34, Figura 8-35).



Handwritten signature and initials in blue ink.



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

En cuanto a los puntos HIB-QMuy1 (quebrada Muyoc) y HIB-QQuin1 (quebrada Quinuacucho), presentaron la mayor riqueza de taxa y diversidad de órdenes respecto al resto de puntos en esta microcuenca en marzo de 2018. El tramo evaluado en la quebrada Muyoc estuvo representado por *Meridialaris* sp. (Leptophlebiidae, Ephemeroptera), *Cailloma* sp. (Hydrobiosidae, Trichoptera) y *Anomalocosmoecus* sp. (Limnephilidae, Trichoptera), en tanto que, organismos de la familia Leptoceridae (Trichoptera) fueron encontrados en la quebrada Quinuacucho (Anexo D).

De este modo, la mayor riqueza y diversidad de especies, así como la presencia de los taxa ya mencionados, determinaron una buena calidad biológica en estos puntos (Tabla 7-33), debido a que organismos de las familias Hydrobiosidae, Limnephilidae, Leptoceridae y principalmente Leptophlebiidae son considerados buenos indicadores biológicos (Ríos-Touma *et al.*, 2014). Asimismo, características del hábitat como vegetación riparia continua determinaron una buena calidad hidromorfológica en estos



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

puntos (Tabla 7-32 y Figura 8-34), por lo que ambas corroboraron la buena calidad ecológica de estos cuerpos de agua, destacándose el estado de conservación de HIB-QMuy1 (quebrada Muyoc), quién obtuvo el mayor puntaje en la evaluación de la microcuenca de la quebrada Milpo (Tabla 7-34 y Figura 8-35).

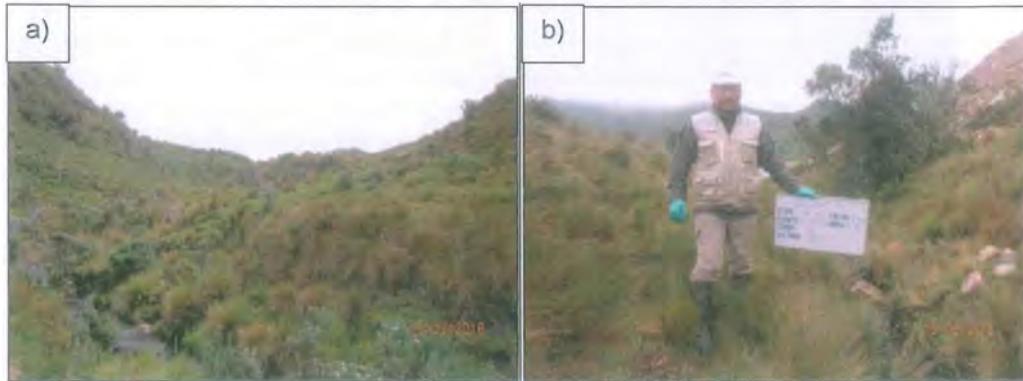


Figura 8-34. Puntos evaluados en la microcuenca de la quebrada Milpo. a) HIB-QMuy1 y (b) HIB-QQuin1

Cabe resaltar que el punto evaluado aguas arriba de la quebrada Quinuacucho (HIB-QQuin1) presentó baja riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos en octubre de 2017 a diferencia de lo descrito para marzo de 2018, por lo que presentó una calidad ecológica mala (Tabla 7-109). Esta diferencia sería a causa de las condiciones químicas del agua pues en 2017 este tramo fue más ácido (Figura 8-21). Asimismo, se registró diferencias en la calidad ecológica del punto HIB-QMuy2, que varió de pésima en octubre de 2017 a mala en marzo de 2018 (Tabla 7-109), así como en HIB-QQuin1 que varió de mala en octubre de 2017 a buena calidad ecológica en marzo de 2018 (Tabla 7-109), lo que estaría relacionado al aumento de la riqueza de taxa característicos de ambientes con mejor calidad biológica (Anexos B, D y G.2).

Además, se destaca la calidad ecológica buena en HIB-QMuy1 en ambas evaluaciones (Tabla 7-109) debido a la conservación de las características del hábitat acuático (Figura 8-32b) y principalmente a la permanencia de taxa característicos de cuerpos de agua con buena calidad biológica (Anexos B, D y G.2). Cabe mencionar la mejora en la calidad ecológica de los puntos HIB-QMilp1 y HIB-QMilp2 en la evaluación de marzo de 2018 (Tabla 7-109), debido a las precipitaciones que incrementaron las dimensiones de los cuerpos de agua y permitieron el acceso de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos a nuevos hábitats.



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»



Handwritten signature in blue ink

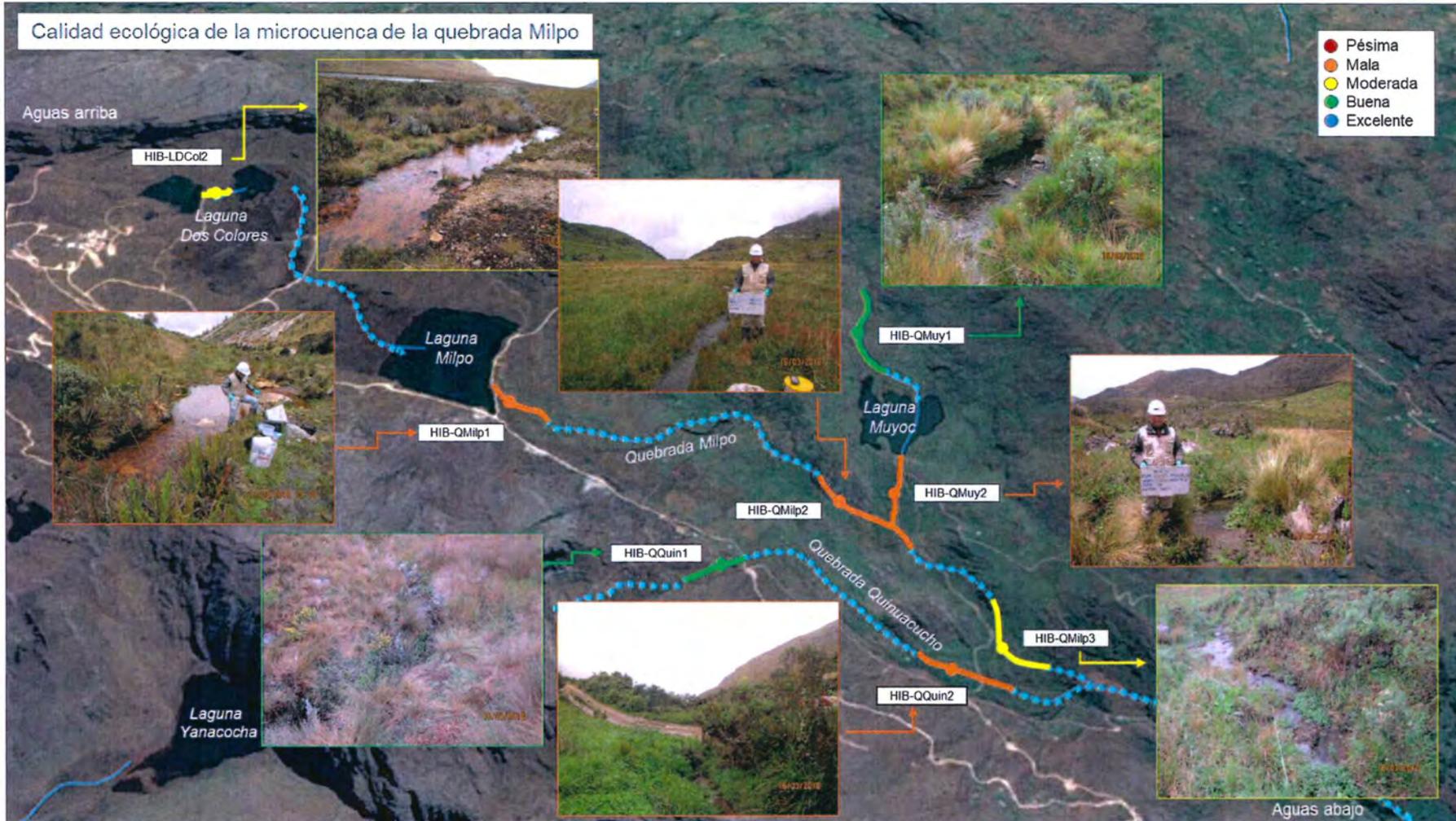


Figura 8-35. Calidad ecológica de los puntos de muestreo evaluados en las quebradas de la microcuenca de la quebrada Milpo en 2018.



8.2.2 Microcuenca de la quebrada Yanacocha

El origen de esta microcuenca está constituido por la laguna Yanacocha (7 puntos), la que forma posteriormente a la quebrada Yanacocha (2 puntos), la cual tiene como tributario a la quebrada Lipiac-A (1 punto) y a afloramientos (7 puntos) cercanos (Figura 8-36). Esta microcuenca tiene una extensión aproximada de 1055,04 ha y se extiende desde los límites con la microcuenca de la quebrada Milpo hasta la confluencia con la quebrada Chamcas, formando el río Grande el mismo que tributa al río Chonta. En el ámbito de esta microcuenca se ubican los caseríos Chamcas, Rodacocha y Pedregal donde se realizan actividades de agricultura y ganadería. Cabe resaltar que la evaluación abarcó la quebrada Yanacocha hasta la confluencia con la quebrada Lipiac-A.



Handwritten signature and date: 11/11/2018



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

La laguna Yanacocha se caracterizó por ser ácida y tener mayor concentración de sulfatos que bicarbonatos en todos los puntos evaluados, lo cual fue corroborado con el análisis hidroquímico que caracterizó a esta laguna como sulfatada cálcica alumínica en octubre de 2017 (1 punto) y sulfatada cálcica en marzo de 2018 (6 puntos), excepto en LYana4 en donde fue sulfatada-bicarbonatada cálcica (Figura 8-37).

Por otro lado, la concentración de los parámetros analizados cumplió con los ECA para agua Cat4E1, excepto el pH (todos los puntos) y el plomo (1 de 7 puntos) que superaron este estándar (Figura 8-37). Con respecto a los 3 puntos de sedimentos evaluados en esta laguna, las concentraciones de arsénico (3 puntos), cadmio (1 punto) y cobre (1 punto) superaron en valor referencial PEL de la norma canadiense (CEQG-SQG).

De este modo, tanto en el agua como en el sedimento del interior de la laguna Yanacocha se registraron mayores concentraciones de arsénico y hierro, lo cual se observó en el análisis multivariado demostrando una asociación entre ambas matrices (Figuras 7-148 y 7-349).



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

Cabe resaltar que las concentraciones de arsénico y hierro en el sedimento de la laguna Yanacochoa estarían asociados a la erosión de materiales provenientes de la formación Carhuaz (Km-ca), en donde se emplaza esta laguna. Además, se observa el contacto geológico con la formación Chimú (Km-ch) donde se emplaza una falla de dirección noreste-suroeste (ITS, 2017).



Vertical handwritten signature and date in blue ink

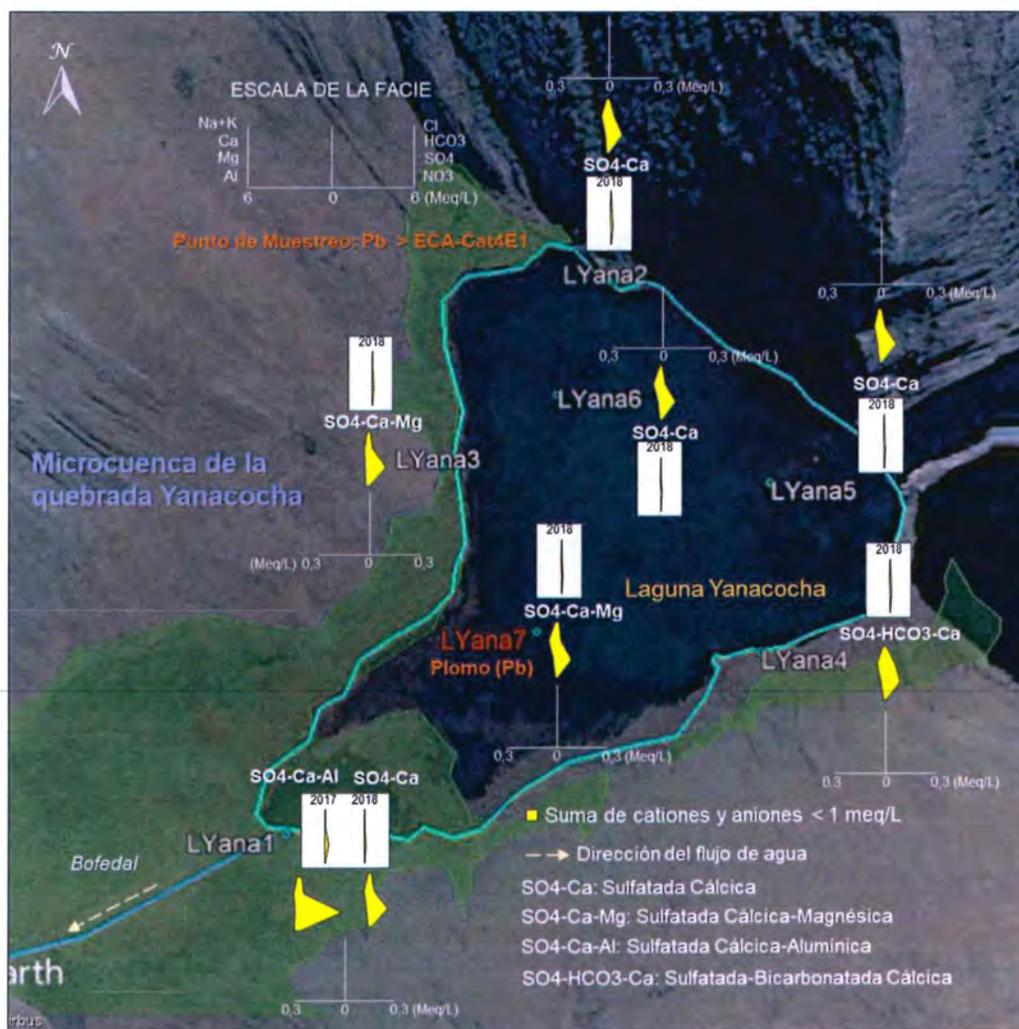


Figura 8-37. Facies hidroquímicas de la laguna Yanacochoa

En la laguna Yanacochoa se calculó el índice de estado trófico basado en la concentración del fósforo total, y se determinó que esta laguna fue mesotrófica con tendencia a la oligotrofia en octubre de 2017 y marzo de 2018 (Tabla 7-109 y Figura 8-38), sugiriendo que no existe un aporte externo de nutrientes en las inmediaciones de dicha laguna.



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 in blue ink, including a vertical list of letters: 'P', 'L', 'A', 'S', 'S', 'E'.

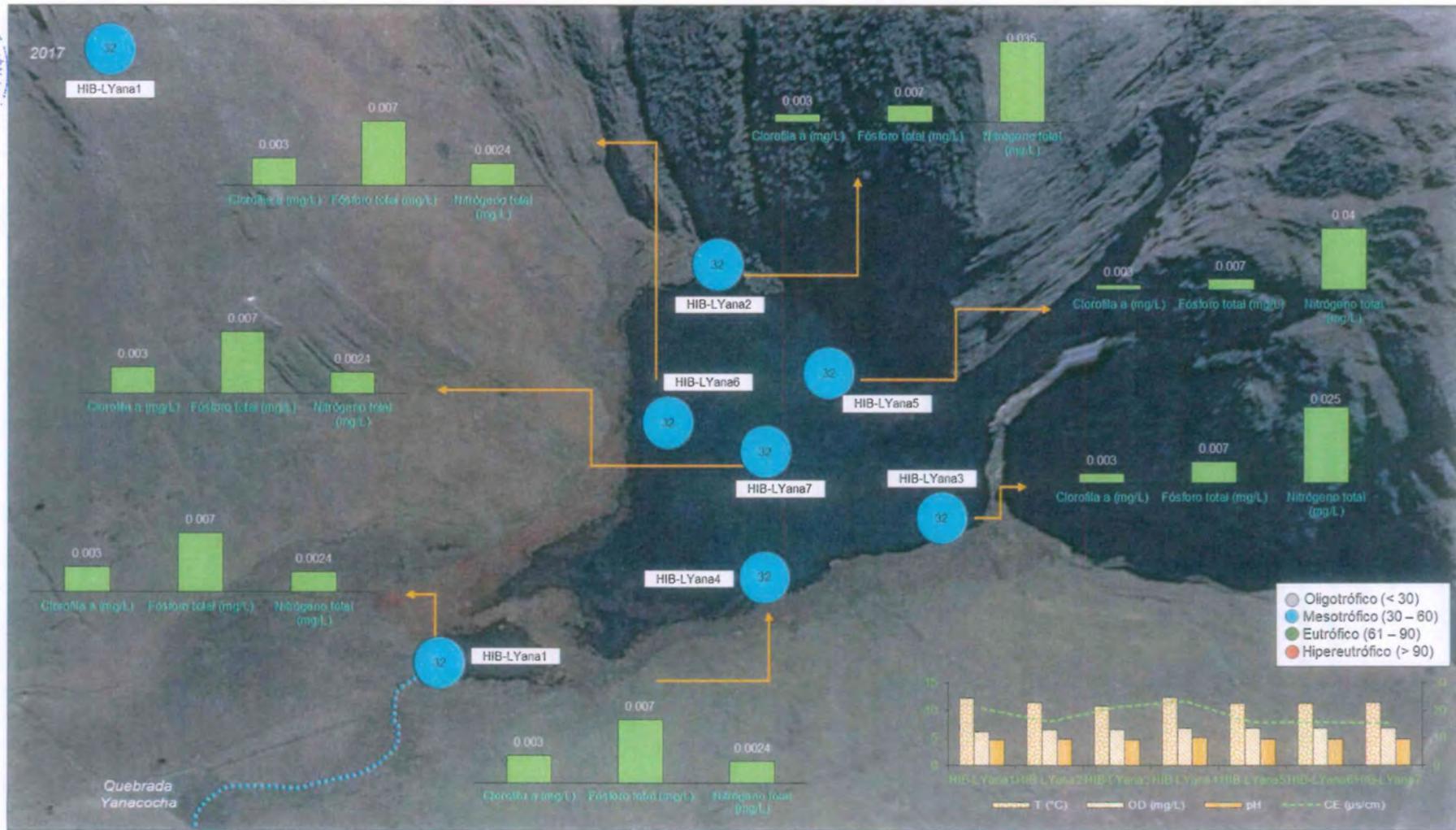


Figura 8-38. Estado trófico de la laguna Yanacocha basado en el índice de estado trófico (IET) para fósforo total y parámetros físico-químicos.



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

Además del fósforo total, se analizó el comportamiento del nitrógeno, debido a que ambos representan los elementos más importantes para la productividad primaria en los cuerpos de agua dulce (Roldán, 1992). Al provenir de la atmósfera, el nitrógeno es el elemento más abundante en comparación del fósforo que proviene principalmente de la mineralización de la materia orgánica, por lo que se le considera como el factor más limitante de la productividad primaria, siendo la proporción de fósforo a nitrógeno en el agua generalmente de 1:10 (Roldán, 1992).

En ese sentido, se observó que en marzo de 2018 el nitrógeno total fue mayor que el fósforo en los puntos HIB-LYana2, HIBLYana3 y HIB-LYana5 (Figura 8-39) en una proporción en la que usualmente no se deben encontrar. Por otro lado, el resto de puntos evaluados registraron concentraciones menores al límite de cuantificación para ambos parámetros (0,024 mg/L y 0.007 mg/L, respectivamente).

En cuanto a la evaluación de octubre de 2017, también registró que el fósforo total presentó concentraciones por debajo del límite de cuantificación lo que confirma que esta laguna presenta baja productividad en ambas temporadas. Sin embargo, la alta concentración de nitrógeno en la evaluación de octubre de 2017 (Figura 8-39) respondería a aportes de nutrientes externos y focalizados a causa del pastoreo realizado en la zona y a la falta de precipitaciones que no los dispersaron.



Luz María G. S. S.

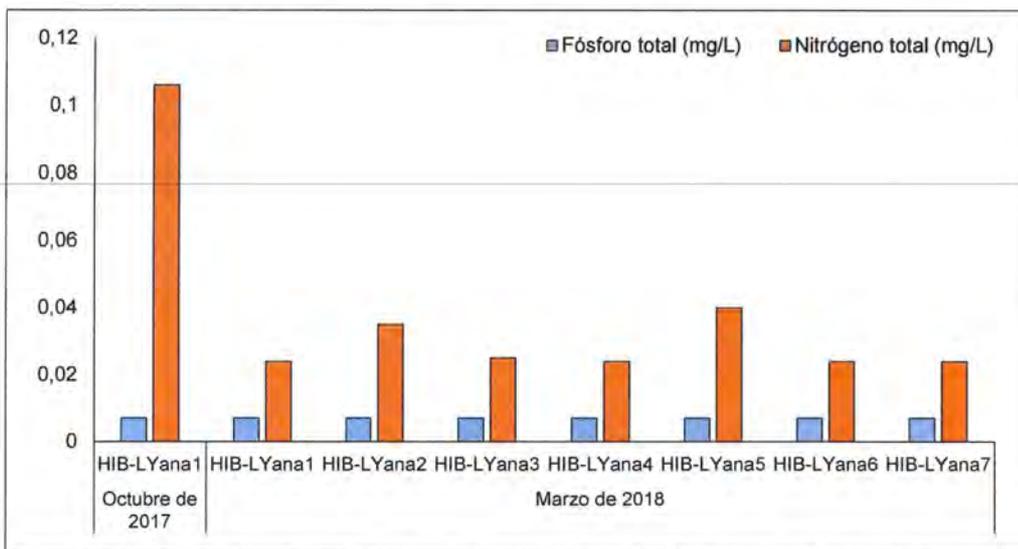


Figura 8-39. Concentración del fósforo y nitrógeno total en la laguna Yanacocha

Asimismo, el estado trófico oligotrófico, la facie hidroquímica sulfatada cálcica y los parámetros de campo como el pH ácido guardaron relación con la riqueza y abundancia de las comunidades hidrobiológicas en la laguna Yanacocha. De este modo, el plancton, el perifiton y los macroinvertebrados bentónicos colectados en la orilla de la laguna estuvieron relacionados a los sulfatos, al aluminio y al cobre (Figura 7-247, Figura 7-248 y Figura 7-249).

La laguna Yanacocha (Figura 8-40) se destacó por presentar organismos del phylum Bacillariophyta en el fitoplancton y ficoperifiton (Figuras 7-203 y 7-211), lo cual es característico de aguas oligotróficas (Roldán, 1992), tal como fue registrado para el fósforo y el nitrógeno total en la mayoría de puntos y corroborado por la baja concentración de la clorofila a (Figuras 8-38).



Cabe resaltar, que el fitoplancton colectado en la orilla de la laguna en marzo de 2018 registró mayor número de taxa (Figura 7-203) y fue más abundante que el obtenido en su interior (Figura 7-204), debido a que en la orilla la luz puede extenderse y llegar a todas partes de la columna de agua favoreciendo el crecimiento de algas y plantas (Mann, 1991). Asimismo, se observó que el fitoplancton fue más abundante en octubre de 2017 (Figuras 7-362 y 7-375) debido a su dependencia a la luz solar para proliferar en los cuerpos acuáticos y a su vulnerabilidad a las precipitaciones por vivir suspendidos en la columna de agua (Mariano-Astocóndor, 2001).

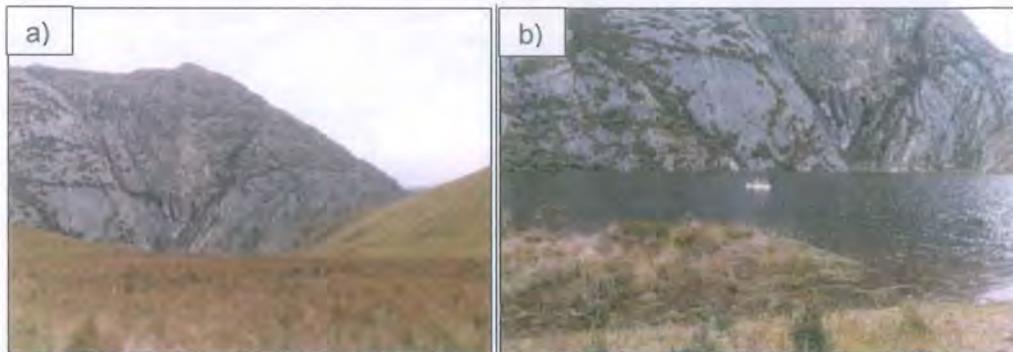


Figura 8-40. Evaluación en orilla (a) y en el interior de la laguna Yanacocha (b)

Tanto en el fitoplancton como en el ficoperifiton, Bacillariophyta fue el phylum que más se desarrolló en ambas evaluaciones (Figuras 7-204 y 7-212, y Anexo B) resaltándose la abundancia de los géneros *Etonia* y *Frustulia* lo que sugiere la presencia de óptimas condiciones para desarrollar en un ambiente oligotrófico (Anexos B y D) De igual forma que para el fitoplancton, se registró mayor número de taxa (Figura 7-207) y más abundancia de organismos del zooplancton (Figura 7-208) en la orilla de la laguna (HIB-LYana1 y HIB-LYana4), registrándose mayor abundancia del phylum Rotifera en octubre de 2017 (Anexo B) y de los copépodos de la clase Calanoida en marzo de 2018 (Figura 7-208 y Anexo D), quienes filtran diatomeas y algas verdes, además son caracterizados como indicadores de oligotrofia (Roldán, 1992).

En la laguna Yanacocha, los macroinvertebrados bentónicos presentaron mayor número de taxa (Figura 7-219) y abundancia en la orilla que en el interior de la laguna (Figura 7-220), debido a que la orilla de una laguna presenta características que dan mayor heterogeneidad al hábitat como la presencia de plantas creciendo en el fondo (Hanson, 2010). En general, la mayoría de los puntos evaluados en la orilla estuvieron representados por los órdenes Coleoptera, Diptera y Hemiptera (Figura 7-219), a diferencia de los puntos ubicados en el interior de la laguna dónde se registraron organismos principalmente de los órdenes Diptera y no Insecta (Figura 7-220).

Entre todos los puntos evaluados, se destaca la mayor riqueza y abundancia de HIB-LYana2 constituidas por taxa de órdenes de clases no Insecta como Trombidiformes y *Hyalella* (Figuras 7-219 y 7-220, y Anexo D), considerados como indicadores de mala calidad (Ríos *et al.*, 2014). Esta diferencia respecto al resto de puntos puede explicarse por el tipo de sustrato encontrado en dicho punto, el cual estuvo constituido por piedras, plantas entre otras estructuras que constituyeron un sustrato más heterogéneo a diferencia de los otros puntos evaluados (Figura 8-41), permitiendo el establecimiento de no sólo órdenes de clase no Insecta sino otros como Hemiptera y Tricoptera, característicos de ambientes con calidad biológica moderada (Ríos *et al.*, 2014). Asimismo, se resalta la gran abundancia del género *Ectemnostega* (Hemiptera) en el punto HIB-LYana4 (Figura 7-220 y Anexo D), característico de ambientes como calidad moderada (Ríos *et al.*, 2014).



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



Handwritten blue ink notes and arrows on the left margin.



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

Asimismo, se registró diferencias en la abundancia de los macroinvertebrados bentónicos entre las evaluaciones realizadas en el punto HIB-LYana1 (Figuras 7-368), presentando mayor número de organismos en marzo de 2018, debido al aumento de la capacidad de carga de los cuerpos de agua en la temporada lluviosa a causa del incremento de las precipitaciones que permitió un mejor desarrollo de esta comunidad (ITS, 2017). Por lo descrito anteriormente, se identificaron los taxa más predominantes en cada comunidad hidrobiológica ya que su mayor abundancia estuvo estrechamente relacionada al estado trófico y a las características químicas de la laguna Yanacocha.

Por otro lado, los macroinvertebrados bentónicos colectados en la orilla e interior de la laguna mostraron asociación con diferentes metales registrados en el sedimento como molibdeno, cobre, hierro y aluminio (Figura 7-250). Asimismo, el sedimento presentó alta concentración de cadmio total que superó la normativa canadiense en el punto en HIB-LYana6 (Figura 7-42). No obstante, aunque dicha concentración fue alta no se observó algún comportamiento extraño de los macroinvertebrados bentónicos en dicho punto ya que presentó similar taxa y abundancia que el resto de puntos ubicados en el interior de la laguna (Figuras 7-219 y 7-220, respectivamente).

En esta microcuenca se evaluaron 7 afloramientos, de los cuales 5 se caracterizaron por presentar facie bicarbonatada cálcica (MLVer1, MLVer2, MOPej1, MANA-41 y MANA-43) y los otros 2 presentaron facie sulfatada alumínica (MYana1) y bicarbonatada sulfatada cálcica (MLCor1) (Figura 8-42). Esto evidencia que los afloramientos cercanos a la laguna Yanacocha fueron ácidos y sulfatados, debido a que yacen sobre la formación Carhuaz (Ki-ca) donde predominan areniscas con lutitas grises (ITS, 2017). Por otro lado, el afloramiento MLVer1 presentó mayor concentración de bicarbonatos debido a la mayor interacción entre el agua con rocas cálcicas y/o magnésicas (Figura 8-42).



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



Vertical handwritten notes in blue ink, including arrows and symbols.

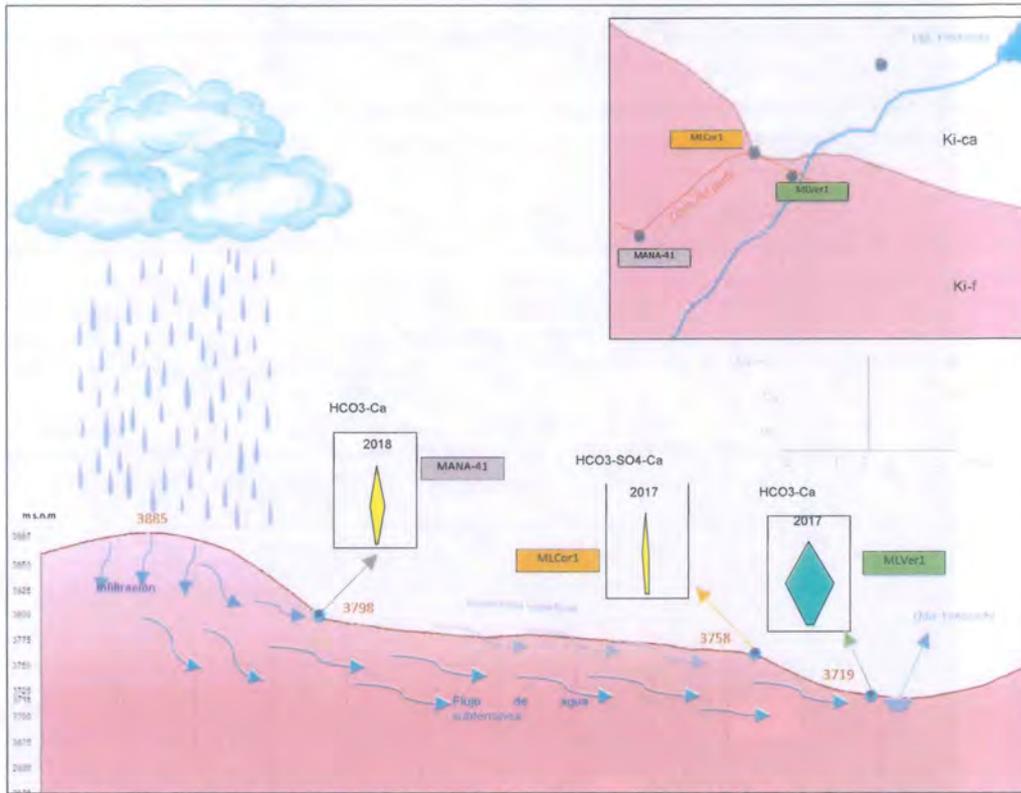


Figura 8-42. Perfil de influencia de agua bicarbonatadas cálcicas en los afloramientos MANA-41, MLCor1 y MLVer1 en la microcuenca de la quebrada Yanacocha

En la Figura 8-42 se muestra que a mayor recorrido del flujo de agua subterránea existe mayor contacto con las rocas cálcicas, y por ende el agua que surge a la superficie tiene mayores concentraciones de bicarbonatos y calcio, como sucede en el afloramiento MLVer1 (3719 m.s.n.m). De otro lado, el afloramiento MLCor1 tiene aguas más superficiales y menor contacto con la formación Farrat, puesto que se encuentra en el límite de ambas formaciones.

Aguas abajo, a medida que los afloramientos siguen el curso de la quebrada Yanacocha, tuvieron facie bicarbonatada cálcica. En tanto, está quebrada se forma con la descarga de la laguna Yanacocha, la cual, como se mencionó anteriormente, se caracterizó por ser ácida con mayor concentración de sulfatos que bicarbonatos, lo que la caracterizó mayormente como sulfatada cálcica (Figura 8-43).

De esa manera, la quebrada Yanacocha, desde su tramo inicial hasta 30 m después de la confluencia con la quebrada Lipiac-A, se caracterizó por ser sulfatada cálcica en octubre de 2017 y sulfatada bicarbonatada cálcica en marzo de 2018, debido principalmente a que cruza el bofedal, y recibe aporte de los afloramientos y escorrentías con incremento de bicarbonatos en temporada de mayor lluvia. Además, la quebrada Lipiac-A, que presente facie sulfatada aluminica-cálcica, no influyó en la hidroquímica de la quebrada Yanacocha; sin embargo, incrementó su concentración de sulfatos (Figura 8-43).



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 in blue ink, including a signature and the letters 'M' and 'A'.

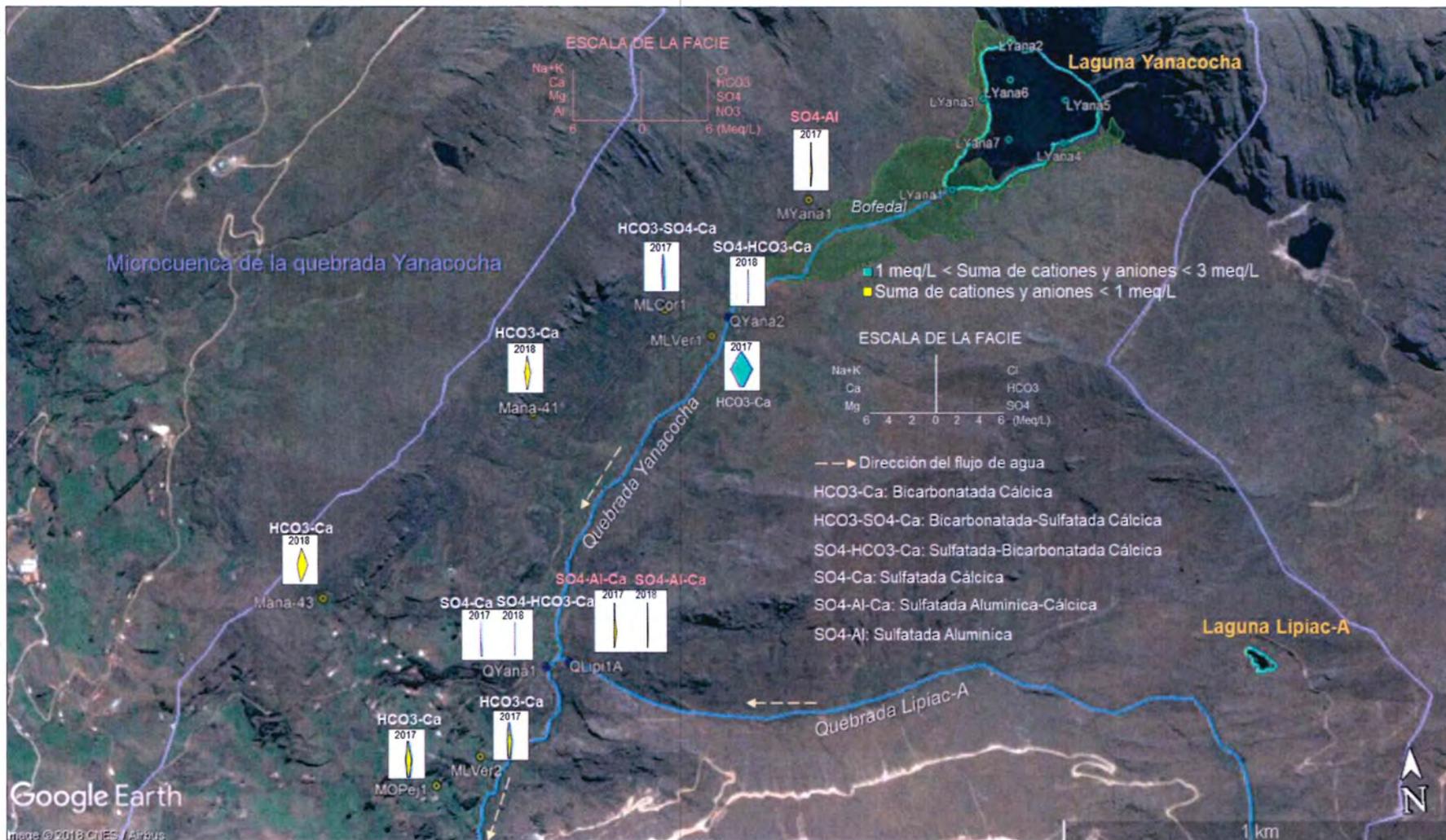


Figura 8-43. Facies hidroquímicas de las quebradas, afloramientos y laguna Yanacocha en la microcuenca de la quebrada Yanacocha



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

De igual modo, se observó diferencias entre las comunidades hidrobiológicas presentes en las quebradas conforme los cuerpos de agua iban descendiendo y uniéndose a otros tributarios. Respecto al ficoperifiton, las quebradas presentaron mayor número de taxa y un incremento en la abundancia de organismos aguas abajo (Figuras 7-163 y 7-164) lo cual se relaciona con el incremento en la concentración de bicarbonatos y calcio. El phylum con mayor número de especies y dominante en la mayoría de las quebradas en el ficoperifiton fue Bacillariophyta en ambas evaluaciones (Figura 7-164), lo cual confirma una condición muy común en los ambientes lóticos tal como lo describe Jorgensen (2009).

Cabe resaltar la presencia y gran abundancia de *Pseudanabaena* sp. (Cyanobacteria) en el punto HIB-QYana1 en marzo de 2018 en relación a lo registrado en octubre de 2017 (Anexos D y B). Esta variación se debería posiblemente a la escorrentía que concentró las excretas del ganado en el curso de agua en marzo de 2018. En tanto al punto HIB-QYana2, la falta de complejidad y estabilidad en el sustrato (Roldán y Ramírez, 2008) produjo su baja abundancia del perifiton (Figura 7-164).

Respecto a los macroinvertebrados bentónicos, se observó una gran diferencia en la abundancia del punto de muestreo HIB-QYana2 (quebrada Yanacocha) respecto al resto de puntos evaluados (Figura 7-168), al presentar una alta abundancia de los géneros *Gigantodax* (Simuliidae, Diptera) y *Cricotopus* (Chironomidae, Diptera). Donde, la familia Chironomidae es principalmente característica de aguas mesotróficas a eutróficas o con perturbación antropogénica según las investigaciones de Roldán (2003), Liévano & Ospina (2007) y Madera (2016), por lo que este punto presentó una calidad biológica mala (Tabla 7-33).



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

Por otro lado, los puntos HIB-QYana1 (quebrada Yanacocha) y HIB-QLipi1A (quebrada Lipiac) 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 (Anexo D), caracterizaron a estos puntos con una calidad biológica moderada (Tabla 7-33) debido a que organismos de las familias Hydroptilidae e Hydrobiosidae son considerados buenos indicadores biológicos (Ríos-Touma *et al.*, 2014).

Handwritten notes and stamps on the left margin, including a circular stamp from the OEFA and several blue ink scribbles.



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

Luego de evaluar la calidad hidromorfológica basada en las características físicas del hábitat como vegetación riparia continua (Tabla 7-32 y Figura 8-44) se pudo determinar la calidad ecológica en cada punto evaluado en esta microcuenca la cual fue moderada en HIB-QYana1 y HIB-QLipi1A, y mala en HIB-QYana2 debido principalmente a los diferentes taxa que se registraron en cada cuerpo de agua (Tabla 7-34 y Figura 8-45).

Cabe resaltar que el punto evaluado aguas abajo de la quebrada Yanacocha (HIB-QYana1) presentó baja riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos en octubre de 2017 a diferencia de lo descrito para marzo de 2018 por lo que presentó una calidad ecológica pésima (Tabla 7-109). Esta diferencia sería a causa de las condiciones químicas del agua, pues en 2017 este tramo fue más ácido y presentó predominancia de sulfatos a diferencia de lo registrado en marzo de 2018 donde hubo un incremento en los bicarbonatos (Figura 8-45).



Handwritten vertical text: "L. R. A. S. M."

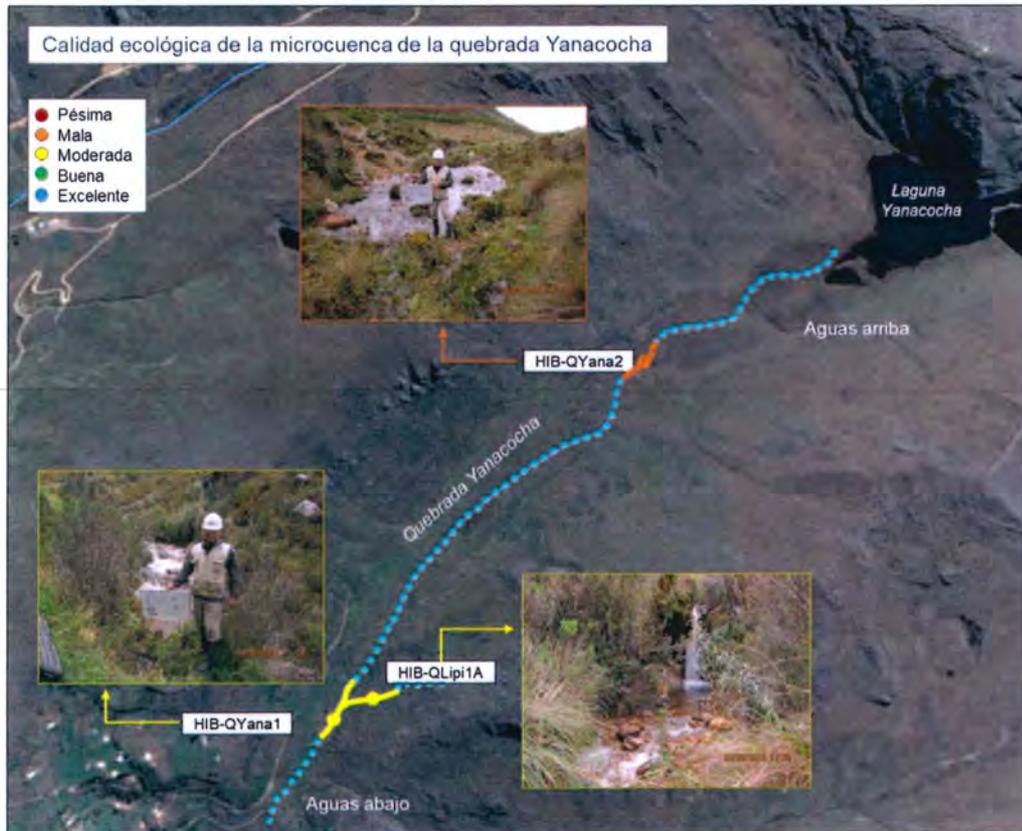


Figura 8-45. Calidad ecológica de los puntos de muestreo evaluados en las quebradas distribuidas en la microcuenca de la quebrada Yanacocha en 2018



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

8.2.3 Microcuenca de la quebrada Kerosene

Esta microcuenca tiene una extensión de 859,74 ha desde el límite con la microcuenca de las quebrada Milpo hasta la confluencia con la quebrada Chorro Blanco, las que forman el río Grande y este al río Chonta.

El cuerpo principal de esta microcuenca es la quebrada Kerosene (4 puntos) que se forma por la descarga de la laguna Kerosene (3 puntos), y a medida que se desplaza hacia la quebrada Chorro Blanco recibe aportes de los afloramientos (30 puntos) que se distribuyen en toda el área evaluada y de las quebradas provenientes de Cama de los Shingos (2 puntos) y Chupicario (1 punto) por la margen derecha, y de la quebrada Chamcas (2 puntos) por la margen izquierda (Figura 8-46). Esta última se forma por la descarga de la laguna Seca (2 puntos), la que a su vez recibe las aguas de la quebrada Sin nombre (1 punto).

En esta microcuenca se ubican los caseríos Chamcas y Guagayoc que captan las aguas principalmente de los afloramientos en la temporada seca para el desarrollo de sus actividades de agricultura y ganadería.



Vertical handwritten text and signature on the left margin, including the number '4' at the bottom.



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 in blue ink.



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



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

La laguna Kerosene se caracterizó por ser ácida y presentar bajas concentraciones de iones entre los que destacan sulfatos y aluminio en octubre de 2017, y bicarbonatos, calcio y aluminio en marzo de 2018 (Figura 8-47). Esto fue corroborado con el análisis hidroquímico que caracterizó a esta laguna y a su descarga (LKero1) como sulfatada aluminica-cálcica y magnésica en octubre de 2017. Estos resultados en el mes de octubre fueron similares con la información reportada por Lumina Copper S.A.C.⁵⁸ (Figura 8-48).



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

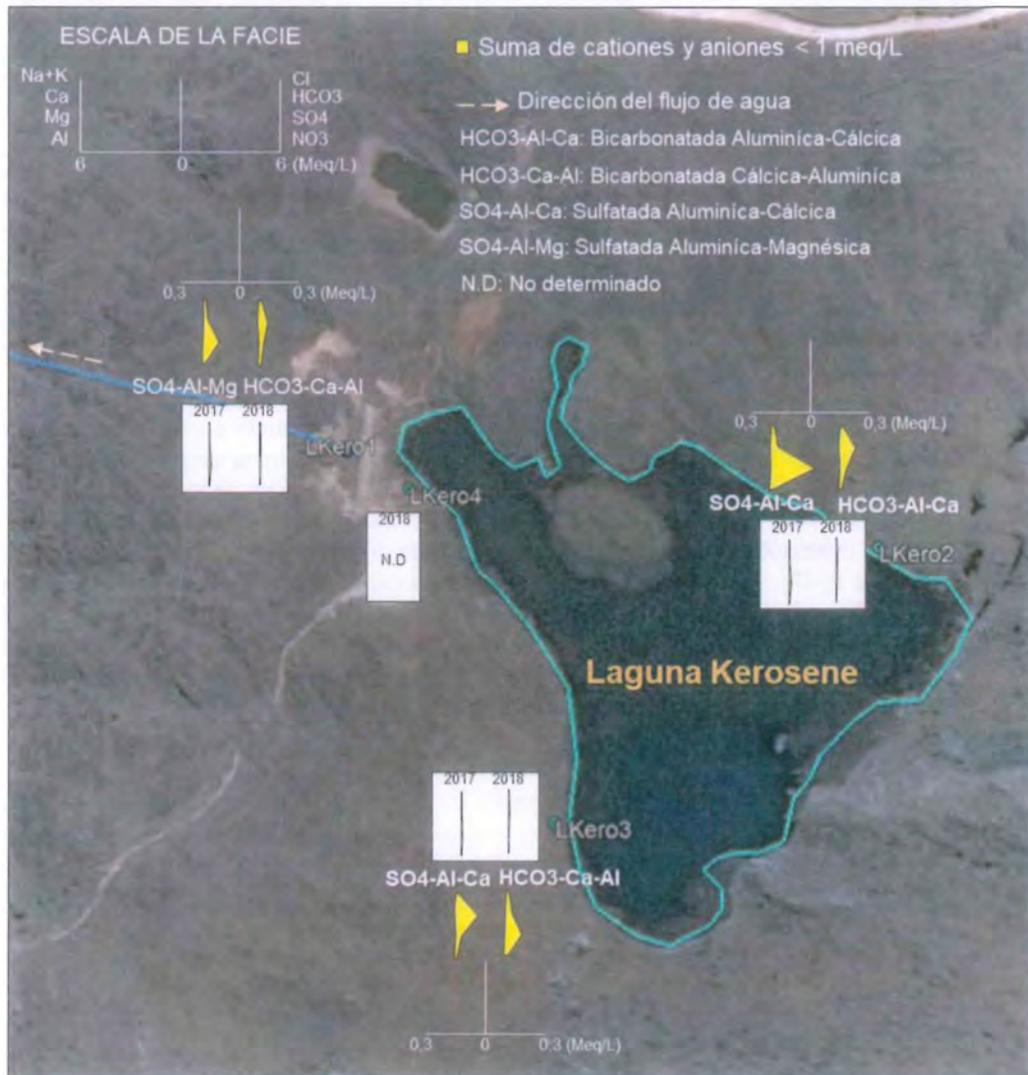


Figura 8-47. Facies hidroquímicas de la laguna Kerosene



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

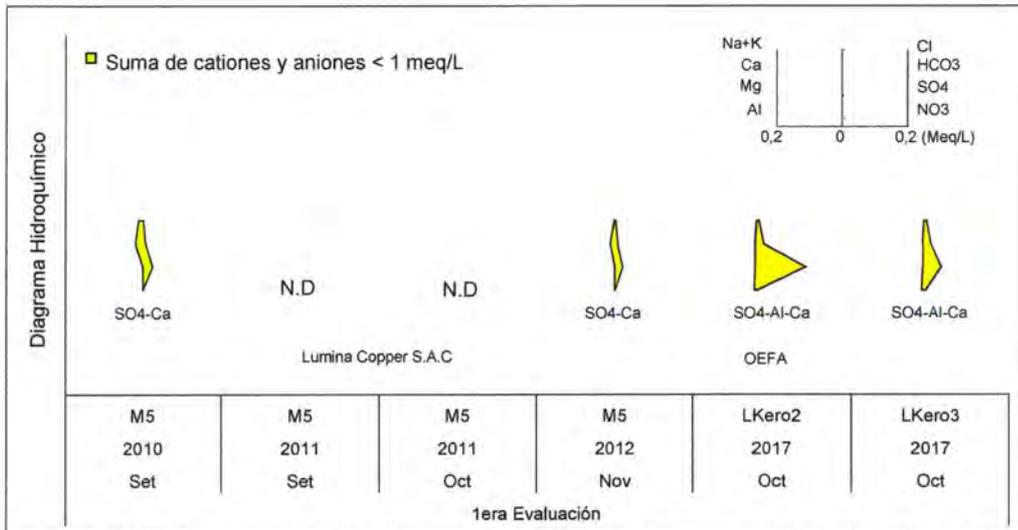


Figura 8-48. Diagramas hidroquímicos de la laguna Kerosene (LKero2 y LKero3) de meses relacionados a la primera evaluación en base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA

Por otro lado, la laguna y su descarga (LKero1) cambiaron su facie hidroquímica de sulfatada aluminica a bicarbonatada cálcica/alumínica en marzo de 2018; no obstante, el pH continuó siendo ácido debido a la baja concentración de los bicarbonatos. Cabe resaltar que en el punto LKero4 no se determinó la facie hidroquímica debido a que registró concentraciones de los iones por debajo del límite de cuantificación (Anexo D y Figura 8-47). En este caso, los resultados no fueron similares con la información reportada por Lumina Copper S.A.C.⁵⁸ (Figura 8-49), siendo sulfatada cálcica/sulfatada potásica. Dichos cambios se deberían a las bajas concentraciones de iones en la laguna, susceptibles a pequeños cambios en el ambiente (lluvias eventuales, escorrentías, entre otros).

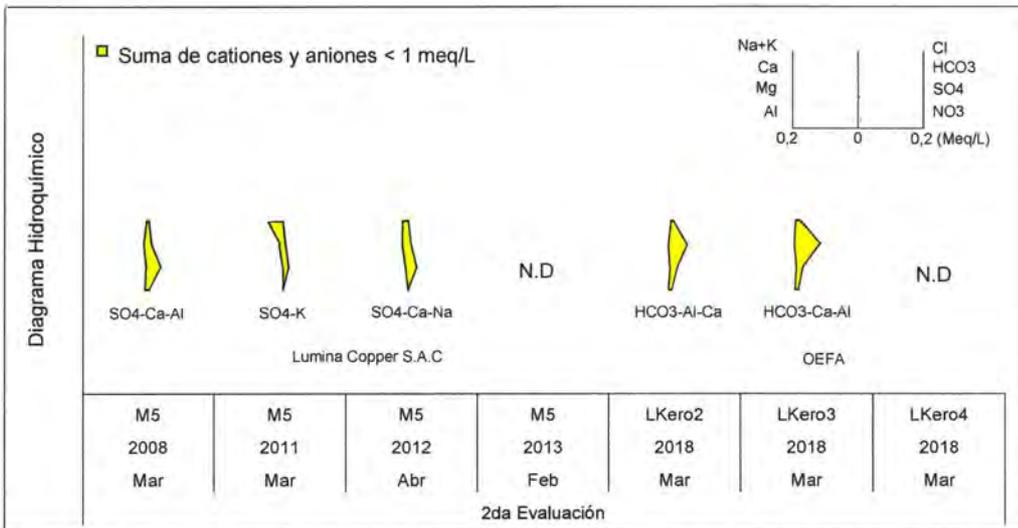


Figura 8-49. Diagramas hidroquímicos de la laguna Kerosene (LKero2, LKero3 y LKero4) de meses relacionados a la segunda evaluación base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA



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

Por otro lado, se observó que en los alrededores de la laguna Kerosene se realiza pastoreo de ganado lo que podría ocasionar cambios en el flujo natural de la materia orgánica y en el ciclo de nutrientes (Jorcín y Nogueira, 2008; Buenaño 2018). En tal sentido, se calculó el índice de estado trófico basado en la concentración del fósforo total y se determinó que la laguna Kerosene fue mesotrófica en octubre de 2017 (Tabla 7-110) y marzo de 2018 (Figura 7-244) con tendencia a la oligotrofia (Figura 8-50), sugiriendo que existe bajos impactos de perturbación antropogénica (Martínez-García, 2010; Barragán, 2017).



Handwritten signature and date: 2018

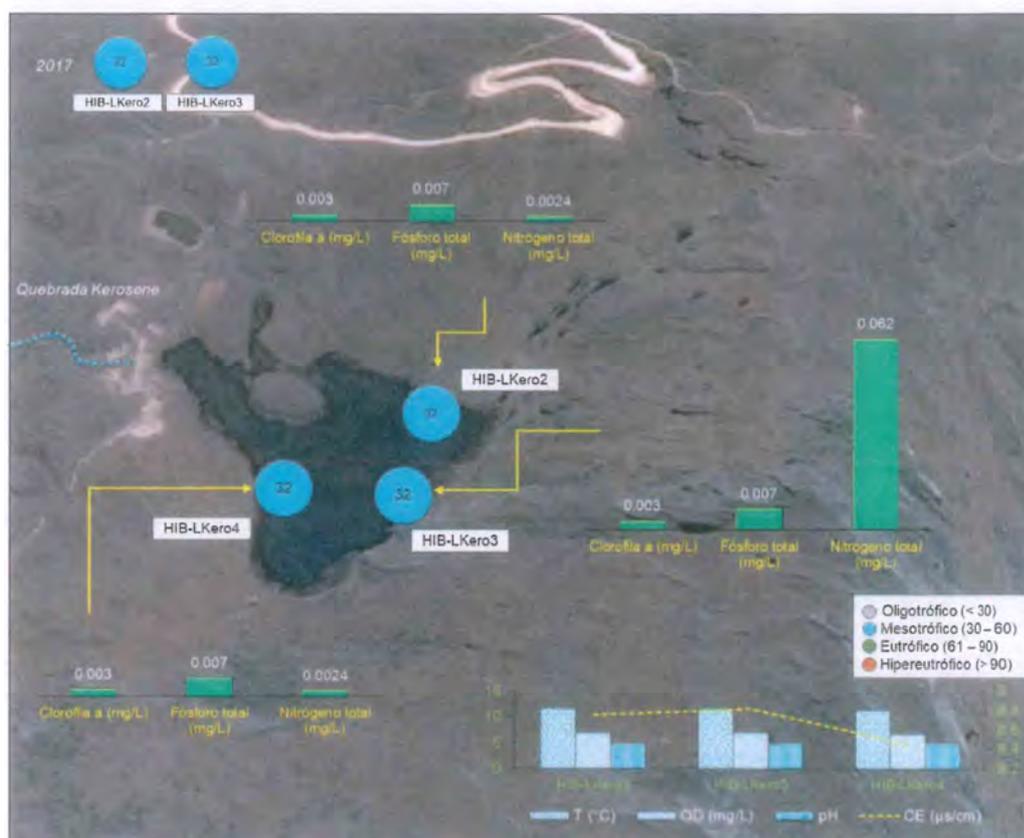


Figura 8-50. Estado trófico de la laguna Kerosene basado en el índice de estado trófico (IET) para fósforo total y parámetros físico-químicos

Además del fósforo total, se analizó el comportamiento del nitrógeno, debido a que ambos representan los elementos más importantes para la productividad primaria en los cuerpos de agua dulce (Roldán, 1992). Al provenir de la atmósfera, el nitrógeno es el elemento más abundante en comparación del fósforo que proviene principalmente de la mineralización de la materia orgánica, por lo que se le considera como el factor más limitante de la productividad primaria, siendo la proporción de fósforo a nitrógeno en el agua generalmente de 1:10 (Roldán, 1992).

En ese sentido, se observó que que en marzo de 2018 el nitrógeno total fue mayor que el fósforo en el punto HIB-LKero3 (Figura 8-51) en una proporción 9:1 lo que sugiere una situación usual en los cuerpos de agua (Roldán, 1992). Por otro lado, el resto de puntos evaluados en marzo de 2018 registraron concentraciones menores al límite de cuantificación para ambos parámetros (0,024 mg/L y 0.007 mg/L, respectivamente).



En cuanto a la evaluación de octubre de 2017, también se registró que el fósforo total presentó concentraciones por debajo del límite de cuantificación lo que confirma que esta laguna presenta baja productividad en ambas temporadas (Figura 8-51). Sin embargo, la alta concentración de nitrógeno en la evaluación de octubre de 2017 (Figura 8-51) respondería a aportes de nutrientes externos y focalizados a causa del pastoreo realizado en la zona y a la falta de precipitaciones que no los dispersaron.



Handwritten signature and initials in blue ink.

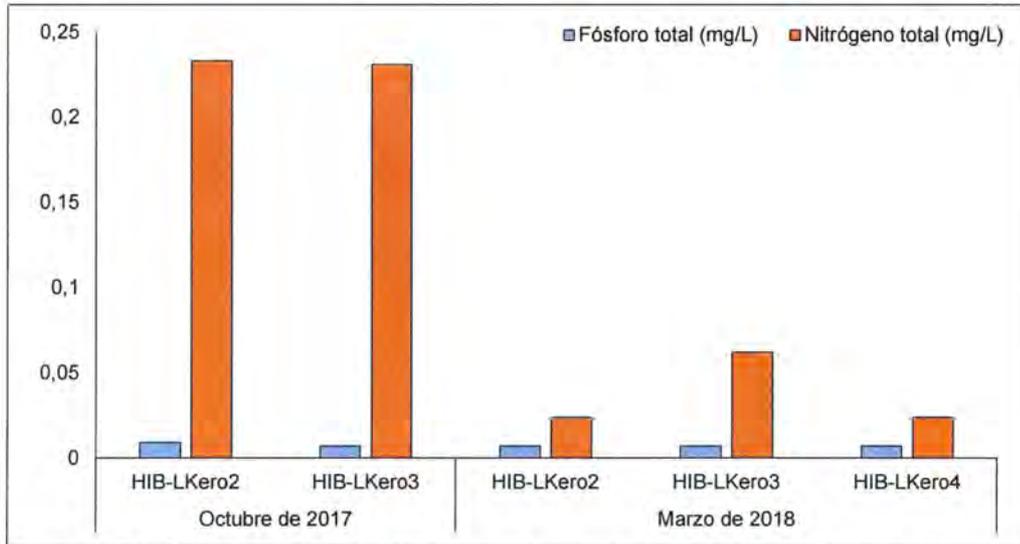


Figura 8-51. Concentración del fósforo total y nitrógeno total en la laguna Kerosene durante las evaluaciones

Asimismo, el estado trófico y los parámetros de campo como el pH ácido guardaron relación con la composición, riqueza y abundancia de las comunidades hidrobiológicas en la laguna Kerosene. De este modo, el plancton, perifiton y macroinvertebrados bentónicos colectados en la orilla de la laguna estuvieron relacionados a menores concentraciones de nutrientes y mayores concentraciones de cobre (Figura 7-247, Figura 7-248 y Figura 7-249).

De este modo, la laguna Kerosene se destacó al presentar organismos del phylum Bacillariophyta y Charophyta en el fitoplancton en ambas evaluaciones (Figura 7-223 y Anexo B), característicos de aguas oligotróficas (Roldán, 1992). Donde predominaron los taxa *Penium* (Charophyta) y *Eutonia* (Bacillariophyta), lo que sugiere la presencia de condiciones para desarrollar en un ambiente oligotrófico tal como fue registrado para el fósforo total en la mayoría de puntos y corroborado por la baja concentración de la clorofila a (Figuras 8-50).

Asimismo, se resalta que el fitoplancton fue más abundante en octubre de 2017 a diferencia de marzo de 2018 (Figuras 7-370, 7-376 y 7-377) debido a su dependencia a la luz solar para proliferar en los cuerpos acuáticos y a su vulnerabilidad a las precipitaciones por vivir suspendidos en la columna de agua (Mariano-Astocóndor, 2001). Por otro lado, cabe resaltar que el cambio en la facie hidroquímica de la laguna Kerosene entre las evaluaciones realizadas no representó un factor importante en el desarrollo de fitoplancton, debido a que se registraron concentraciones muy bajas de los iones sulfatos y bicarbonatos (Anexo D).



De este modo, aunque en octubre de 2017 se registró mayor concentración de sulfatos que bicarbonatos, se encontró mayor abundancia de fitoplancton que en marzo de 2018, cuando se registró la predominancia de los bicarbonatos (Figura 8-47).

Por otro lado, se registró un número de taxa y abundancia de zooplancton superior en octubre de 2017 (Figura 7-378 y 7-379), registrándose mayor abundancia del phylum Amoebozoa en octubre de 2017 (Anexo B), y de Amoebozoa y Arthropoda en marzo de 2018 (Figura 7-228), quienes filtran diatomeas y algas verdes, y son caracterizados como indicadores de oligotrofia (Roldán, 1992).

Respecto al ficoperifiton, destacó la mayor riqueza del phylum Cyanobacteria (Figura 7-231); sin embargo, se registró la dominancia del phylum Bacillariophyta en todos los puntos evaluados en marzo de 2018 (Figura 7-232) representado principalmente por los taxa *Eutonia* y *Frustulia* (Anexo D) lo que sugiere la presencia de condiciones oligotróficas para que puedan desarrollarse (Roldán, 1992).

En la laguna Kerosene, los macroinvertebrados bentónicos se destacaron por presentar la mayor riqueza y abundancia de órdenes de clases no Insecta como Haplotaxidae en octubre de 2017 (Anexo B) y Trombidiformes en marzo de 2018 (Anexo D), ambos considerados como indicadores de mala calidad (Ríos *et al.*, 2014). Asimismo, se registró diferencias en la abundancia entre las evaluaciones realizadas (Figura 7-374), presentando mayor número de organismos en marzo de 2018 debido al aumento de la capacidad de carga de los cuerpos de agua en la temporada lluviosa que permitió un mejor desarrollo de esta comunidad (ITS, 2017).

Por otro lado, se resalta la mayor abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en el punto HIB-LKero4 a diferencia de los otros 2 puntos también evaluados en marzo de 2018 (Figura 7-240). Esta variación en la laguna Kerosene se debería principalmente a la disminución de la vegetación de ribera, excretas y remoción del sustrato (Figura 8-52), lo que estaría facilitando el desarrollo de los organismos pertenecientes al taxa Trombidiformes (Anexo D). Asimismo, en este punto también se registraron organismos como *Ectemnostega* (Hemiptera) y *Rhantus* (Coleoptera) (Anexo D), ambos característicos de ambientes como calidad regular (Ríos *et al.*, 2014).

Handwritten notes and a circular stamp from the OEFA. The stamp contains the text: 'ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL', 'SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA', and 'OEFA - TRANSACCIONES'. There are several handwritten signatures and initials in blue ink.

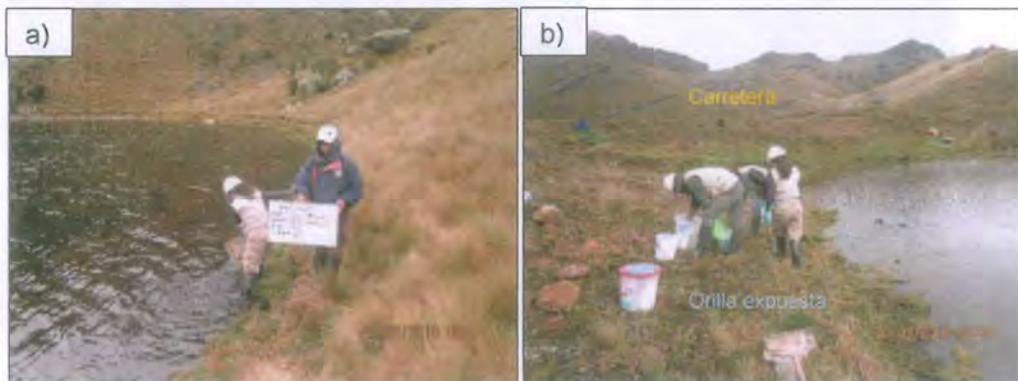


Figura 8-52. Puntos evaluados en la laguna Kerosene. a) HIB-LKero3 y (b) HIB-LKero4

Por otro lado, los macroinvertebrados bentónicos colectados en la orilla de la laguna mostraron asociación con diferentes metales registrados en el sedimento como molibdeno y cobre (Figura 7-250). Resaltándose la alta concentración de cobre que superó la normativa canadiense (CEQG) en todos los puntos en ambas evaluaciones



(Figura 7-49). No obstante, aunque esa concentración fue alta al igual que otros metales que superaron dicha normativa como arsénio, mercurio y plomo (Figuras 7-47, 7-50 y 7-51), no se observó algún comportamiento extraño en los macroinvertebrados bentónicos en los puntos evaluados ya que serían condiciones habituales en la laguna a las que los organismos estarían adaptados.

La laguna Seca presentó facie bicarbonatada cálcica y fue ácida debido a la baja concentración de bicarbonatos en marzo de 2018 (Figura 8-53). La quebrada Sin nombre (QSN-3), tributario de esta laguna, no aportó sulfatos y bicarbonatos, pero sí aluminio. Cabe indicar que no se pudo determinar la facie hidroquímica (N.D.) en esta quebrada puesto que presentó concentraciones de aniones por debajo del límite de cuantificación. Además, la laguna Seca presentó similar facie hidroquímica que la laguna Kerosene con bajas concentraciones de los iones, por lo que son susceptibles a pequeños cambios en el ambiente (lluvias eventuales, escorrentías, entre otros).



Vertical handwritten text: G A S H

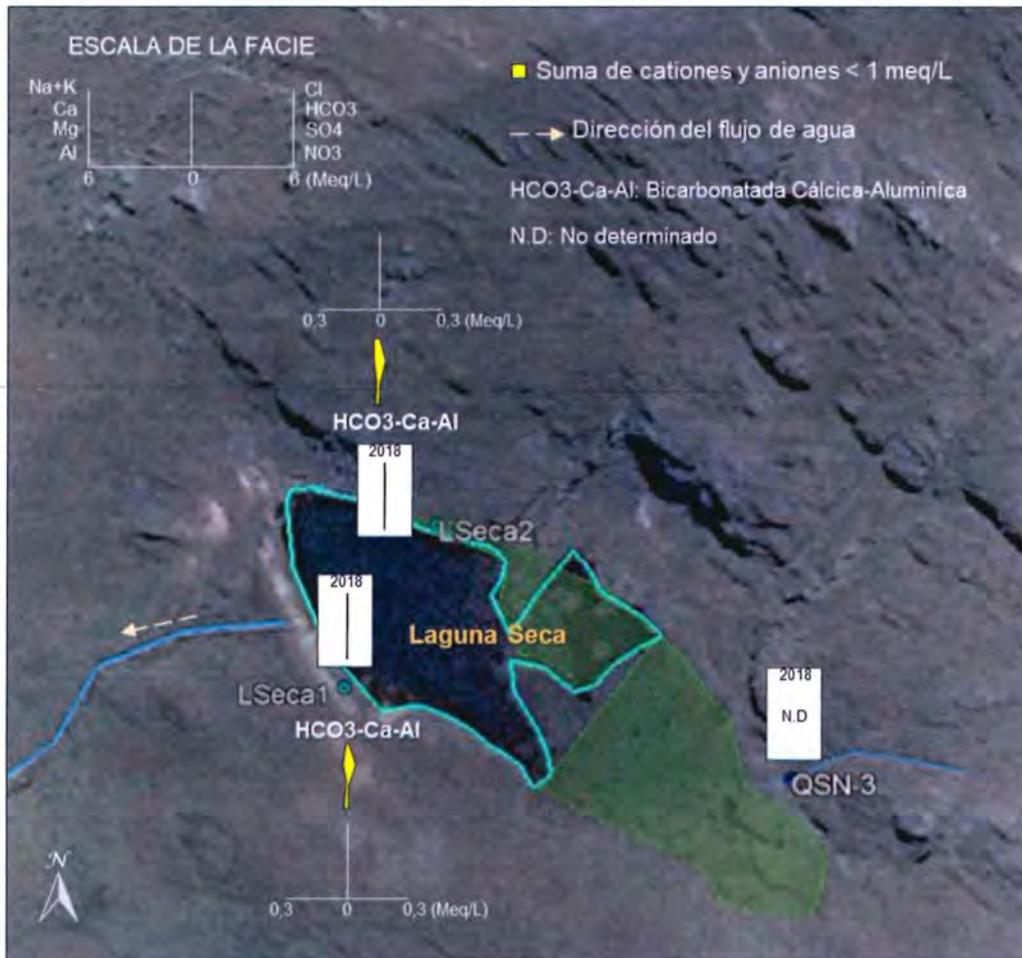


Figura 8-53. Facies hidroquímicas de la laguna Seca

Por otro lado, alrededor de esta laguna también se observó indicios de que se realiza pastoreo de ganado (excretas de ganado) lo que podría ocasionar cambios en el flujo natural de la materia orgánica y en el ciclo de nutrientes (Jorcin y Nogueira, 2008; Buenaño 2018). Si bien no se determinó el estado trófico para la laguna Seca, en la Figura 8-52 se puede observar remoción en la orilla, y una ligera proliferación de algas



y plantas acuáticas (Figura 8-54a); así como, accesibilidad al pastoreo realizado en la zona (Figura 8-54b).

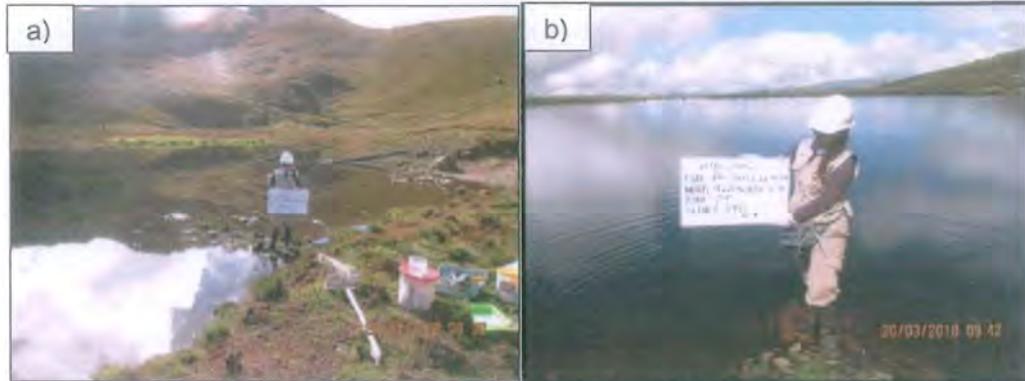


Figura 8-54. Puntos evaluados en la laguna Seca. a) HIB-LSeca1 y (b) HIB-LSeca2

Asimismo, la baja concentración de bicarbonatos y los parámetros de campo como el pH ácido guardaron relación con la riqueza y abundancia de las comunidades hidrobiológicas en la laguna Seca, en la cual el plancton estuvo asociado al hierro y al aluminio; el perifiton, a bicarbonatos, calcio, fósforo, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales; y los macroinvertebrados bentónicos estuvieron relacionados principalmente al aluminio (Figura 7-247, Figura 7-248 y Figura 7-249).

En tal sentido, la laguna Seca se destacó al presentar organismos de los phylum Bacillariophyta y Charophyta en el fitoplancton (Figura 7-223), característicos de aguas oligotróficas (Roldán, 1992). Donde dominó la especie *Closterium setaceum* (Charophyta, Anexo D), característica de cuerpos de agua ácidos, con poca cantidad de nutrientes y de color café debido a la concentración de material húmico en la superficie (Ortega-Murillo *et al*, 2015).

Respecto al ficoperifiton, destacó la mayor riqueza del phylum Charophyta seguido de Cyanobacteria (Figura 7-231); sin embargo, se registró la dominancia del phylum Bacillariophyta en los puntos evaluados en marzo de 2018 (Figura 7-232) representado principalmente por los taxa *Eutonia* y *Frustulia* (Anexo D), lo que sugiere la presencia de condiciones oligotróficas para que puedan desarrollarse (Roldán, 1992). Asimismo, se destaca la abundancia de *Closterium setaceum* en ambos puntos (HIB-LSeca1 y HIB-LSeca2) como lo observado en el fitoplancton (Anexo D).

Por otro lado, en el zooperifiton se destacó la abundancia del genero *Lecane* (Rotífera) en el punto HIB-LSeca2 (Figura 7-236 y Anexo D), el cual podría sugerir que en el futuro las modificaciones en el hábitat o el pastoreo en la zona podrían afectar el estado trófico de la laguna debido a que abundancias altas de este género son comúnmente encontradas en ambientes eutrofizados por lo que son considerados indicadores de eutrofización y contaminación orgánica (Pereira *et al.*, 2011).

En la laguna Kerosene se encontró una baja riqueza de taxa (Figura 7-239) y de abundancia de macroinvertebrados acuáticos (Figura 7-240) lo que sugiere que esta comunidad estaría influenciada por las características abióticas en los cuerpos de agua como valores bajos de pH (Figura 7-31). Entre los órdenes que destacaron en riqueza y abundancia en marzo de 2018 tenemos a Diptera y Hemiptera (Figuras 7-239 y 7-240). Donde el taxa *Ectemnostega* (Hemiptera) fue dominante en ambos puntos y es característico de ambientes con calidad regular (Ríos *et al.*, 2014), y

[Handwritten signature]

 [Handwritten date: 20/03/2018]



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

Chironominae (Chironomidae, Diptera) que fue dominante en HIB-LSeca2 y es característico de ambientes con calidad mala (Ríos *et al.*, 2014).

Sin embargo, también se destaca la presencia de la familia Aeshnidae (Odonata) en HIB-LSeca2 que caracteriza a ambientes con calidad regular (Ríos *et al.*, 2014) y sobre todo se resalta la ausencia de órdenes de clases no Insecta a diferencia de lo registrado en la laguna Kerosene (Figura 7-34).

De otro lado, los afloramientos cercanos a la naciente de la quebrada Kerosene por la margen derecha (MANA-75 y MANA-62) presentaron facie sulfatada aluminica en la evaluación de marzo de 2018 (Anexo E.2.2), y afloran en la formación Carhuaz (Ki-ca) caracterizada por tener areniscas con lutitas grises. Cabe indicar que en el MANA-75 presentó concentraciones de cobre que superaron el ECA para agua Cat3, que estuvo en mayor porcentaje en su forma disuelta (86,7 %), posiblemente debido a la influencia del afloramiento de rocas ígneas (Ti - ma) con predominancia de pórfido dacítico (Figura 8-55).



Vertical handwritten signature and date: 13/03/18

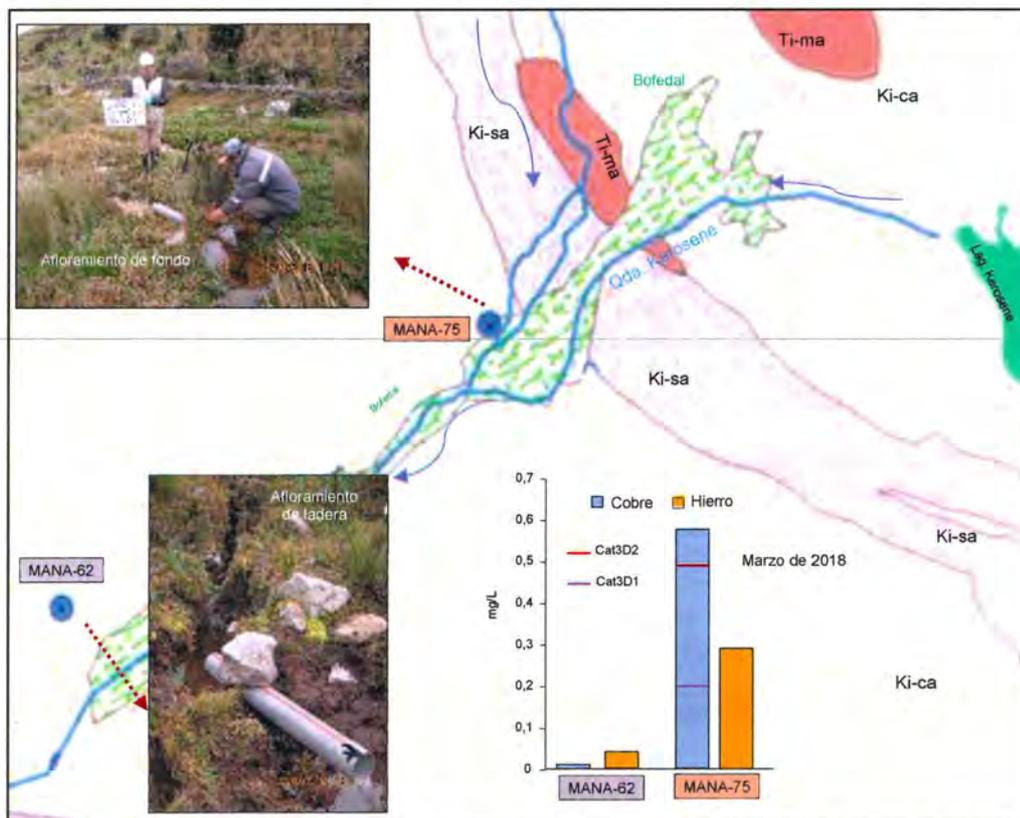


Figura 8-55. Concentraciones de cobre y hierro en MANA-62 y MANA-75 influenciado por el pórfido Ti-Ma

Por otro lado, MANA-29 se ubica sobre la formación Carhuaz (Ki-ca) presentando facie sulfatada cálcica aluminica, a diferencia de los afloramientos MANA-33, MANA-34, MANA-36, MANA-38, MANA-40 y MANA-42 que se clasificaron como bicarbonatadas cálcicas, ubicados en la formación Farrat (Ki-f). Todos estos afloramientos se ubicaron en la parte alta de la quebrada Chupicario en el ámbito del bofedal Pajablanca.



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

Se observó un aumento progresivo en la concentración de los bicarbonatos y calcio en los afloramientos desde la parte alta hacia la parte baja de la microcuenca (Figura 8-56). Donde, los afloramientos ubicados en la parte baja (MCham1, MCham2, MCham4 y MCham5) presentaron mayores concentraciones de bicarbonatos y calcio en relación a los afloramientos ubicados en la parte alta de esta microcuenca, lo que indica una mayor interacción entre el agua con las rocas calizas.

De los 30 afloramientos evaluados, 5 registraron concentraciones de hierro por encima del ECA para agua Cat1A1: MCham3, MANA-42, MANA-50, MANA-51 y MANA-55, mientras que los afloramientos MCham7 y MLPeñ-01 registraron concentraciones de aluminio y hierro que excedieron el ECA para agua Cart1A1 (Figura 8-56).



Handwritten signature and vertical text 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.

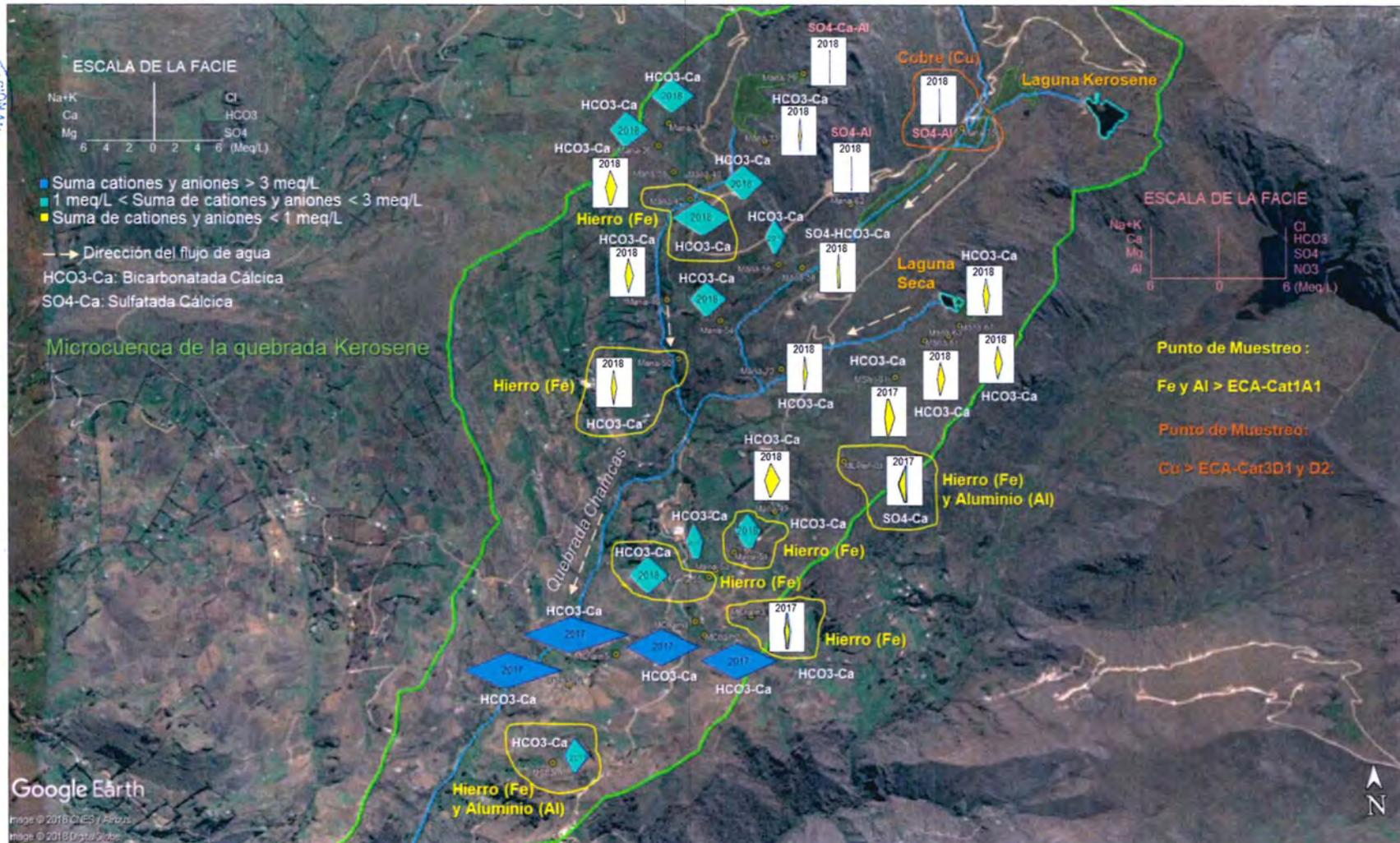


Figura 8-56. Facies hidroquímicas y parámetros que exceden el ECA (en rojo) de afloramientos en el ámbito de la microcuenca de la quebrada Kerosene



Estos metales mantuvieron diferentes características físicas ya que el hierro y aluminio estuvieron asociados a la materia suspendida, siendo MLPeñ-01 y MCham7 con 98,8 % y 98,6 % de forma suspendida, lo que fue corroborado con las concentraciones de 142 y 45 mg/L de sólidos suspendidos totales en octubre de 2017, debido a la remoción de las arcillas por las lluvias, dando un color ligeramente amarillo al agua empozada en MLPeñ-01 (Figura 8-57a) y con formación de algas asociadas a la materia orgánica (Figura 8-57c) a diferencia de lo observado en agosto de 2018 en donde el agua para ambas salidas de los afloramientos fue clara (Figuras 8-57b y d).



Handwritten signature and vertical text: CHASTA



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)

Con respecto a los cuerpos lóaticos en marzo de 2018, se observó una variación en la facie hidroquímica de bicarbonatada cálcica-alumínica en LKero1 a sulfatada cálcica-alumínica en QKero1 debido al incremento progresivo de los sulfatos por influencia de los canales provenientes de Cama de los Shingos (QD1 y QD2) y del bofedal por el que atraviesa. Cabe resaltar que los canales QD1 y QD2 aportaron principalmente cobre debido a que su origen yace sobre la formación Santa (Ki-sa) y está asociada al pórfido dacítico considerado la fuente de mineralización del proyecto (ITS, 2017) (Figura 8-58).



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

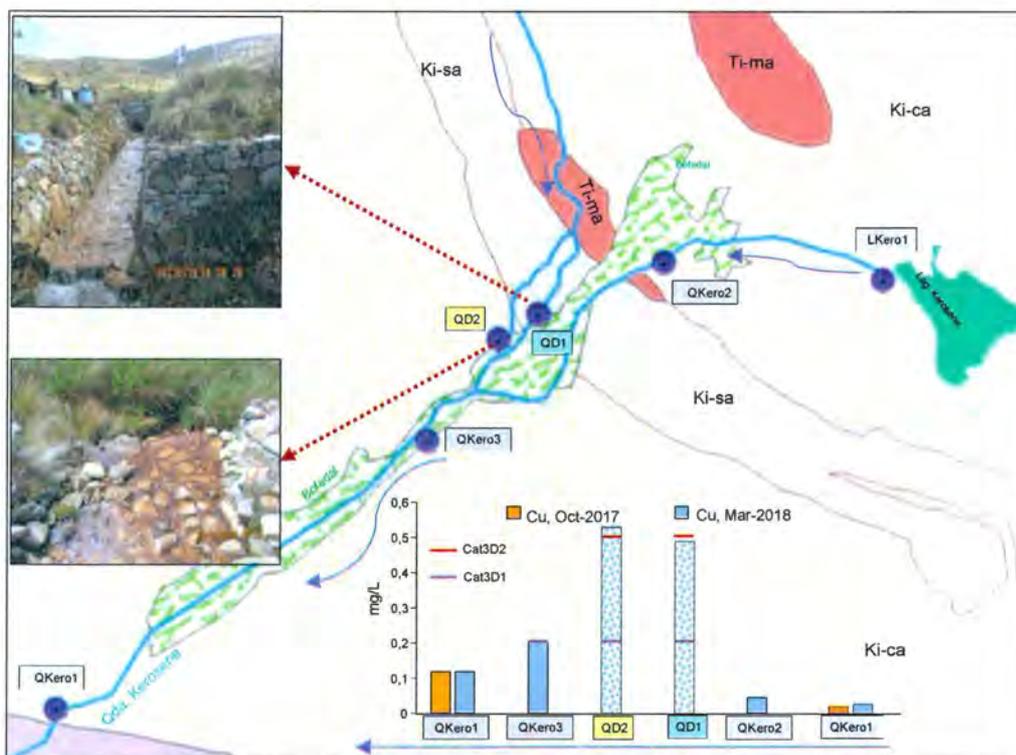


Figura 8-58. Concentraciones de cobre en la quebrada Kerosene y los canales de agua QD1 y QD2 influenciados por el afloramiento de rocas ígneas (Ti – ma) con predominancia de pórfido dacítico

Asimismo, esta concentración del cobre tuvo mayor predominancia en su forma disuelta en QD1 (95,3 %) y QD2 (97,7 %) excediendo el ECA para agua Cat3 D1 para el primero y Cat3 D1 y D2 para el segundo en la evaluación de marzo de 2018. Sin embargo, ambos puntos y el afloramiento MANA-75 al tener bajas concentraciones de sulfatos y bicarbonatos no cambiaron la facie hidroquímica en QKero3 (bicarbonatada-sulfatada cálcica-magnésica) pero sí aumentó la concentración del cobre que estuvo en su forma disuelta (84,2 %) excediendo el ECA para agua Cat 3 D1.

En la parte baja de la quebrada Kerosene (QKero1 y QChup-01), antes de su confluencia con la quebrada Chamcas, predominaron los sulfatos y el calcio debido principalmente al aporte del afloramiento MANA-62, por lo que presentó facie sulfatada cálcica. Asimismo, el aporte de los afloramientos disminuyó la concentración del cobre hasta valores por debajo del ECA para agua Cat3 (Figura 8-59).

En la quebrada Chamcas, antes de la confluencia con la quebrada Kerosene, presentó facie sulfatada cálcica en la evaluación de octubre de 2017 y bicarbonatada cálcica en marzo de 2018 (Figura 8-59); esta diferencia se debería al posible cambio hidroquímico temporal en la laguna Seca⁶⁰. Mientras que, aguas abajo de la confluencia con las quebradas Kerosene y Chupicario, QCham2 presentó facie sulfatada bicarbonatada cálcica (octubre de 2017) y bicarbonatada cálcica (marzo de 2018), dicho cambio de facie se debería principalmente a las precipitaciones, y aporte de las quebradas Chupicario y Kerosene, y de los afloramientos que se activan en la temporada de lluvia.

⁶⁰

Cabe señalar que la laguna Seca tiene la misma facie que la laguna Kerosene en marzo de 2018 (bicarbonatada cálcica).

Handwritten notes and stamps on the left margin, including a circular stamp from OEFA and vertical text: "SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA", "Cu", "A", "S", "M".



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»



10
A
T
S
M

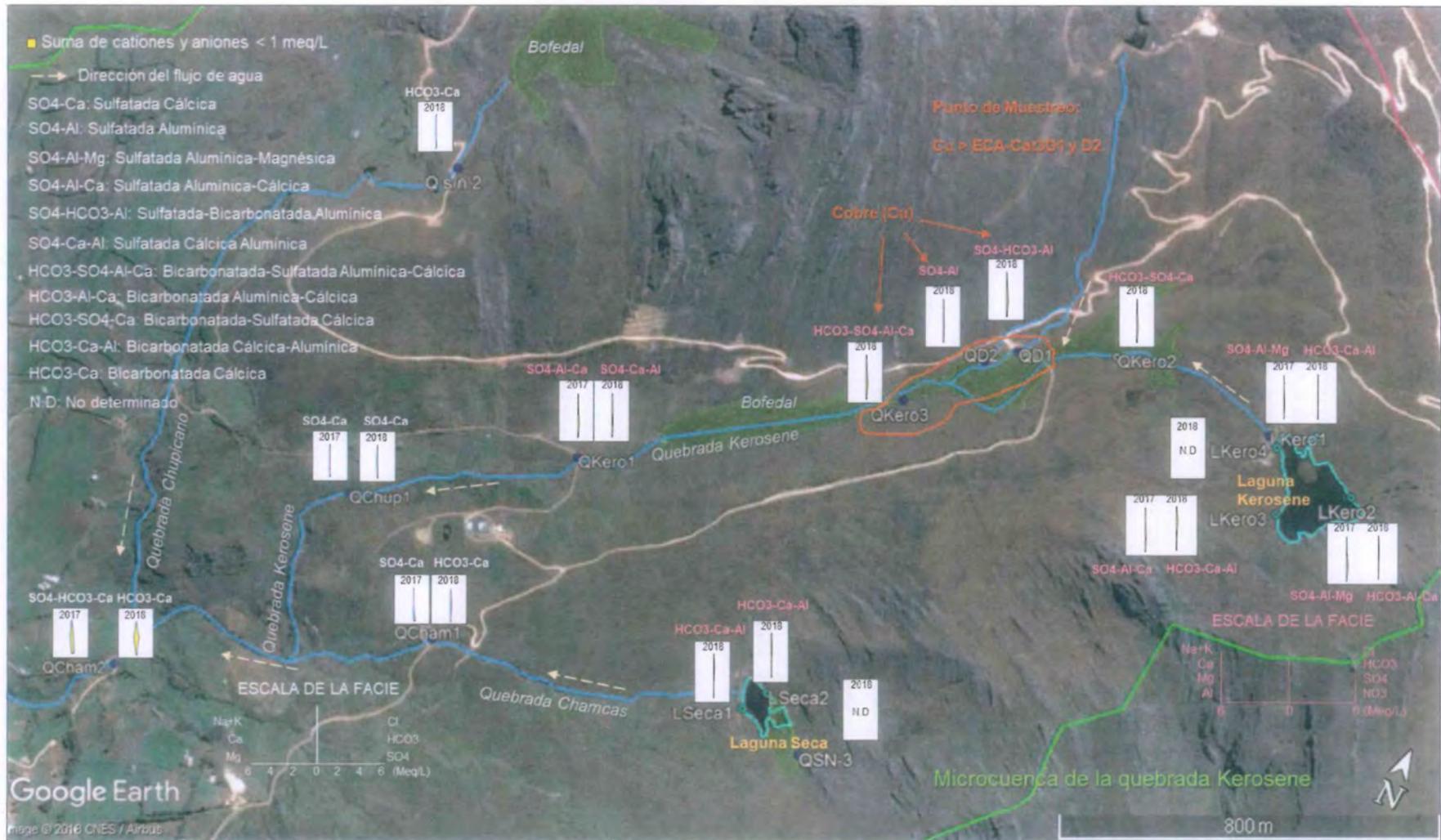


Figura 8-59. Facies hidroquímicas y parámetros que exceden el ECA (en rojo) de las quebradas en el ámbito de la microcuenca de la quebrada Kerosene



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

Además, al comparar la facie hidroquímica del punto QCham2 con la información reportada (M1) por Lumina Copper S.A.C desde 2008 hasta 2013⁵⁸ se presentó un cambio no significativo de dichas facies debido a la baja concentración de los iones (Figura 8-60).

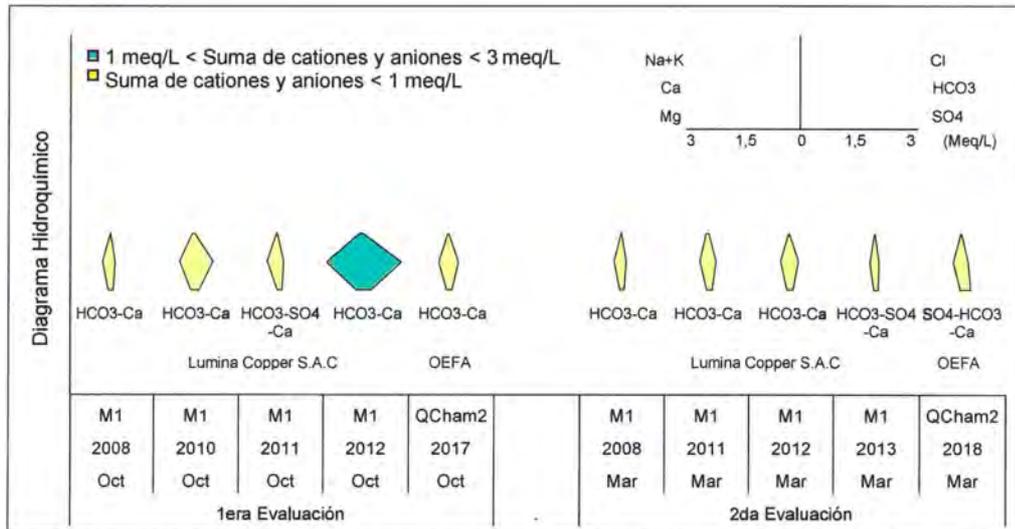


Figura 8-60. Diagramas hidroquímicos de la quebrada QCham2 de meses relacionados a la evaluación en base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA

La quebrada Sin nombre (Q s/n 2) presentó facie bicarbonatada-sulfatada cálcica en marzo de 2018 y al comparar con la información reportada (M37) por Lumina Copper S.A.C en 2008 y 2011⁵⁸, ubicado en la salida del agua del bofedal Pajablanca, se observó un cambio en la facie debido al aporte del afloramiento MANA-33 ubicado en la margen izquierda. Cabe resaltar que el punto M37 presentó facie sulfatada cálcica. Dicho incremento de los bicarbonatos y disminución de los sulfatos se da a medida que el agua recorre desde su naciente hasta el punto Q s/n 2 (Figura 8-61).

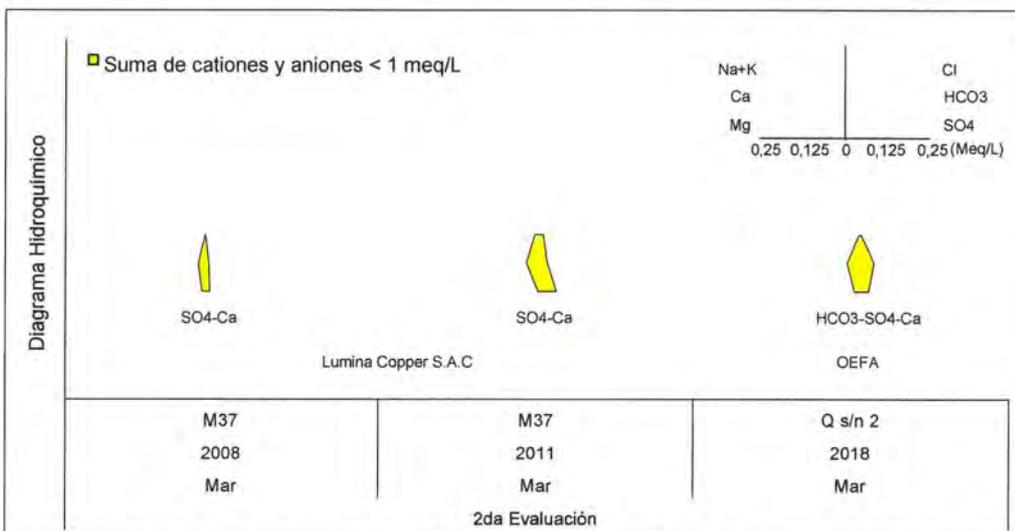


Figura 8-61. Diagramas hidroquímicos de la quebrada Q s/n 2 de meses relacionados a la segunda evaluación en base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA



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

Por otro lado, en la margen derecha de la quebrada Sin nombre (Q s/n 2) se tienen los afloramientos MANA-34, MANA-36, MANA-38 y MANA-40 de facies bicarbonatadas cálcicas con mayores concentraciones de iones calcio y bicarbonatos en comparación con el afloramiento MANA-33 (Figura 8-62). La facie hidroquímica de los afloramientos se debería a que yacen en la formación Farrat (Ki-f).



Handwritten signature and initials in blue ink.

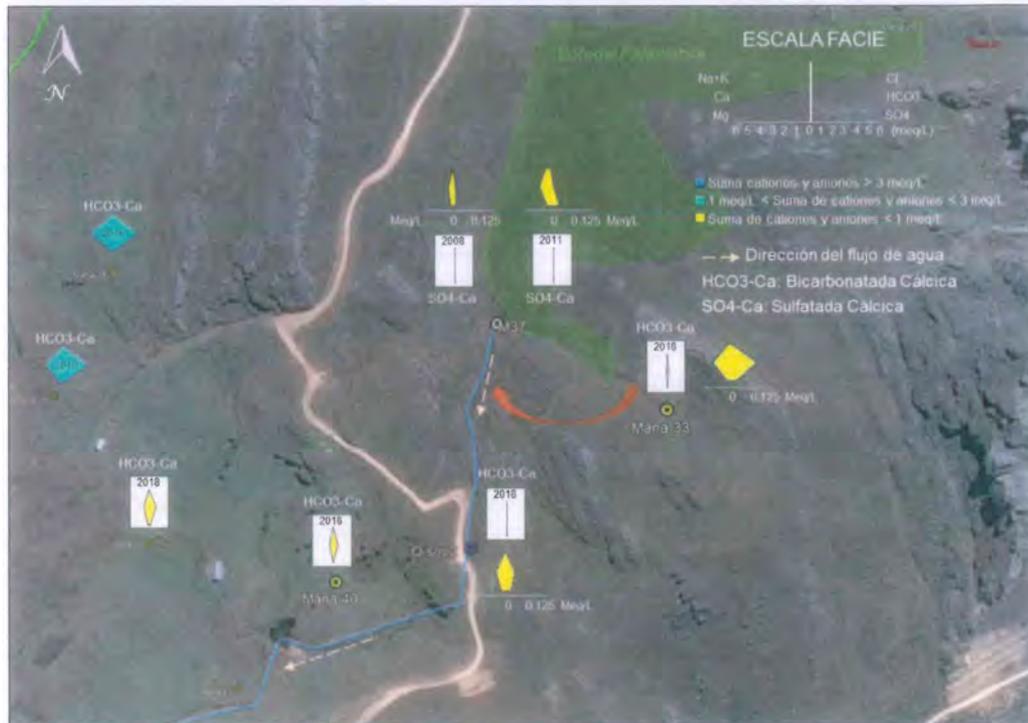


Figura 8-62. Cambio en la composición hidroquímica de Q s/n 2 con respecto al punto M8 de Lumina Copper S.A.C.

En resumen, se observa que las características ácidas y sulfatadas en el inicio de la microcuenca Kerosene van disminuyendo aguas abajo en los afloramientos, y de la misma manera que la quebrada Yanacocha en marzo de 2018, la cual presentó menores concentraciones de sulfatos similares a la laguna del mismo nombre y mayores de bicarbonatos y calcio, contrario a octubre de 2017 en donde no se incrementaron las concentraciones de dichos iones.

Además, se observó diferencias entre las comunidades hidrobiológicas presentes en las quebradas conforme los cuerpos de agua iban descendiendo y uniéndose a otros tributarios. Respecto al fítoplancton, no se observó una tendencia definida en el número de taxa y abundancia de organismos durante el recorrido de los cuerpos de agua en marzo de 2018 (Figuras 7-171 y 7-172), lo que pudo ser debido a la variación de las facies hidroquímicas (Figura 8-57) y pH (Figura 7-23).

Sin embargo, se resalta la mayor abundancia de los puntos HIB-QD2, HIB-QCham1 y HIB-QCham2 (Figura 7-180), representados por *Encyonema* (Bacillariophyta), *Tabellaria flocculosa* (Bacillariophyta) y *Pseudanabaena* (Cyanobacteria), respectivamente (Anexo D). Donde, la especie *Tabellaria flocculosa* es característica de cuerpos de agua mesotróficos (López-Rodríguez *et al.*, 2016) mientras que la gran abundancia de *Pseudanabaena* en HIB-QCham2 sugiere la asociación de este tramo evaluado en la quebrada Chamcas con el pastoreo registrado en el área de evaluación



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

en marzo de 2018 posiblemente por la escorrentía que concentró las excretas del ganado en el curso de agua u otro tipo de contaminación orgánica por encontrarse cerca a la vía (Figura 8-63).



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

Cabe resaltar que Bacillariophyta fue el phylum que presentó mayor riqueza y abundancia de organismos en la mayoría de puntos evaluados (Figuras 7-171 y 7-172) lo cual confirma una condición muy común en los ambientes lóticos tal como lo describe Jorgensen (2009). Asimismo, Cyanobacteria fue dominante en HIB-QD1 al igual que en HIB-QCham2 lo que sugiere que en ambos puntos ocurrió una modificación en las condiciones ambientales como un aumento en la concentración del fósforo que favorece el incremento de cianofíceas para fijar nitrógeno al ecosistema acuático (Roldán, 1992).

En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos, se observó diferencias conforme los cuerpos de agua iban descendiendo y uniéndose a otros tributarios debido principalmente a los cambios en el pH e influencia de altas concentraciones de algunos metales. En ese sentido, se destaca la gran diferencia en la abundancia de organismos presentes en HIB-LKero1 (descarga de la laguna Kerosene) respecto al resto de puntos (Figura 7-180). Esta mayor abundancia la constituyeron organismos de los taxa *Ectemnostega* (Corixidae, Hemiptera), *Cricotopus* (Chironomidae, Diptera), Dyticidae (Coleoptera), y Trombidiformes, Haplotoxidae y Naididae de órdenes de clases no Insecta (Figura 7-180 y Anexo D).

La dominancia de estos taxa, principalmente de familias como Chironomidae y Dyticidae en este punto de muestreo denota una calidad biológica mala (Tabla 7-33) debido a que estas familias son encontradas en ambientes acuáticos alterados (Ríos-Touma *et al.*, 2014). Asimismo, características del hábitat como canal modificado y manchas aisladas de vegetación riparia determinaron una calidad hidromorfológica mala para este punto (Tabla 7-32 y Figura 8-64). De esta manera, la descarga de la laguna Kerosene presentó una calidad ecológica mala debido a los taxa que se registraron producto de las modificaciones en las características del hábitat acuático y bajo nivel de pH (Tabla 7-34 y Figura 8-67).



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



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

Además, se observó una baja abundancia de organismos (Figura 7-180) en los puntos HIB-QD1 (quebrada D), HIB-QKero3 (quebrada Kerosene), HIB-QSn-3 (quebrada sin nombre) y HIB-QCham1 (quebrada Chamcas). Donde estuvieron presentes familias como Chironomidae y Simuliidae, características de ambientes acuáticos perturbados; así como, Scirtidae, Limoniidae, y nemátodos que también son usualmente considerados como indicadores de mala calidad (Ríos-Touma *et al.*, 2014). Debido a la presencia de estos taxa, acidez del agua y a la modificación del canal (HIB-QD1, Figura 8-65a) o sustrato homogéneo observado en la evaluación (Figura 8-65b), estos puntos de muestreo fueron determinados con una calidad ecológica mala (Tabla 34 y Figura 8-67).

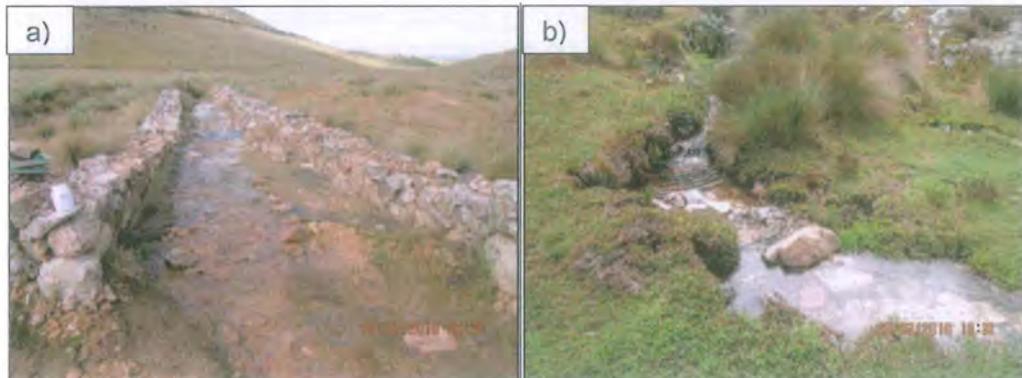


Figura 8-65. Puntos de muestreo en la microcuenca de la quebrada Kerosene. a) HIB-QD1 y b) HIB-QSn-3

Por otro lado, la presencia principalmente de la Leptoceridae (Trichoptera) en HIB-QSn2 (Figura 7-179 y Anexo D) aportó en la caracterización de este punto como uno de calidad biológica buena (Tabla 7-33) debido a que esta familia es considerada como un indicador de buena calidad de agua (Ríos-Touma *et al.*, 2014). Asimismo, aunque el tramo evaluado se encontró paralelo a la carretera (Figura 8-66) registró buena calidad hidromorfológica (Tabla 7-32) porque presentó principalmente vegetación riparia continua y sustrato heterogéneo por lo que fue caracterizado como un punto de buena calidad ecológica (Tabla 7-34, Figura 8-67).

Handwritten notes and a circular stamp from the OEFA. The stamp contains the text: 'ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL', 'SUBDIRECCIÓN TÉCNICA', 'CIENCIA'. There are several blue ink marks and arrows pointing upwards.



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



Handwritten blue ink notes and arrows pointing downwards.



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

Respecto al resto de puntos evaluados en esta microcuenca (HIB-QD2, HIB-QKero2, HIB-QKero1, HIB-QChup-01 y HIB-QCham2), debido a la presencia de organismos generalmente del orden Diptera y Coleoptera (Figura 7-179), y a las características del hábitat (Anexo C) fueron caracterizados como cuerpos de agua con calidad ecológica moderada (Tabla 7-34, Figura 8-67). De esta manera se observó la relación entre la presencia de algunos organismos con las características del ecosistema acuático, lo cual fue confirmado con la determinación de la calidad ecológica en las quebradas evaluadas en la microcuenca de la quebrada Kerosene.

Cabe resaltar los cambios registrados en el canal principal de esta microcuenca en el transcurso de su recorrido, donde fue ácido y de calidad ecológica mala en el inicio de la quebrada Kerosene (HIB-LKero1), continuó presentando pH ácido luego de recibir el aporte de las quebradas HIB-QD1 y HIB-D2 debido a la acidez y alta concentración de cobre de estas quebradas; sin embargo, aguas abajo fue incrementando el nivel de pH y mejorando la calidad ecológica de mala a moderada. Finalmente, aunque el aporte proveniente de la laguna Seca fue ácido y de calidad mala no tuvo mayor efecto sobre el canal principal en HIB-QCham2 (quebrada Chamcas) debido al aporte proveniente de HIB-QSn2 que tuvo una buena calidad ecológica (Figura 8-67).

Por otro lado, se registró altas concentraciones de cobre en el agua de los puntos HIB-QD1 y HIB-QD2 y HIB-QKero3, los cuales superaron el ECA para agua Cat3 D1 (Figura 7-24). Aunque dichas concentraciones fueron altas, se observó tolerancia por parte de las comunidades hidrobiológicas a estos metales pues se distribuyeron de forma similar en todo el recorrido de la microcuenca bajo el efecto del pH y concentración de iones principalmente; sin embargo, se puede destacar la alta abundancia del taxa *Encyonema* (Bacillariophyta) en el perifiton colectado en el punto HIB-QD2 (Anexo D) a diferencia de los otros puntos que presentaron altas concentraciones de cobre en el agua.



8.2.4 Microcuenca de la quebrada La Chorrera

Esta microcuenca tiene una extensión de 610,32 ha y comprende desde los límites con la microcuenca de la quebrada Milpo hasta la confluencia con la quebrada Papacuay, la misma que tributa por el margen izquierdo a la quebrada La Chorrera, la que aporta al río Chirimayo (Figura 8-68).

La quebrada La Chorrera, conocida en su parte alta como Lipiac, constituye el cuerpo principal de esta microcuenca, y se forma con los aportes de la laguna Lipiac y de los afloramientos cercanos a las márgenes del cauce principal (Figura 8-68); el ámbito de la microcuenca se caracteriza por presentar bofedales en el entorno de la laguna, asimismo se desarrollan actividades de agricultura y ganadería a lo largo del cauce principal, que desde su formación cruza el caserío de San Lorenzo de Lipiac y el centro poblado La Chorrera.



Vertical handwritten signature and date '14/02/18' in blue ink.

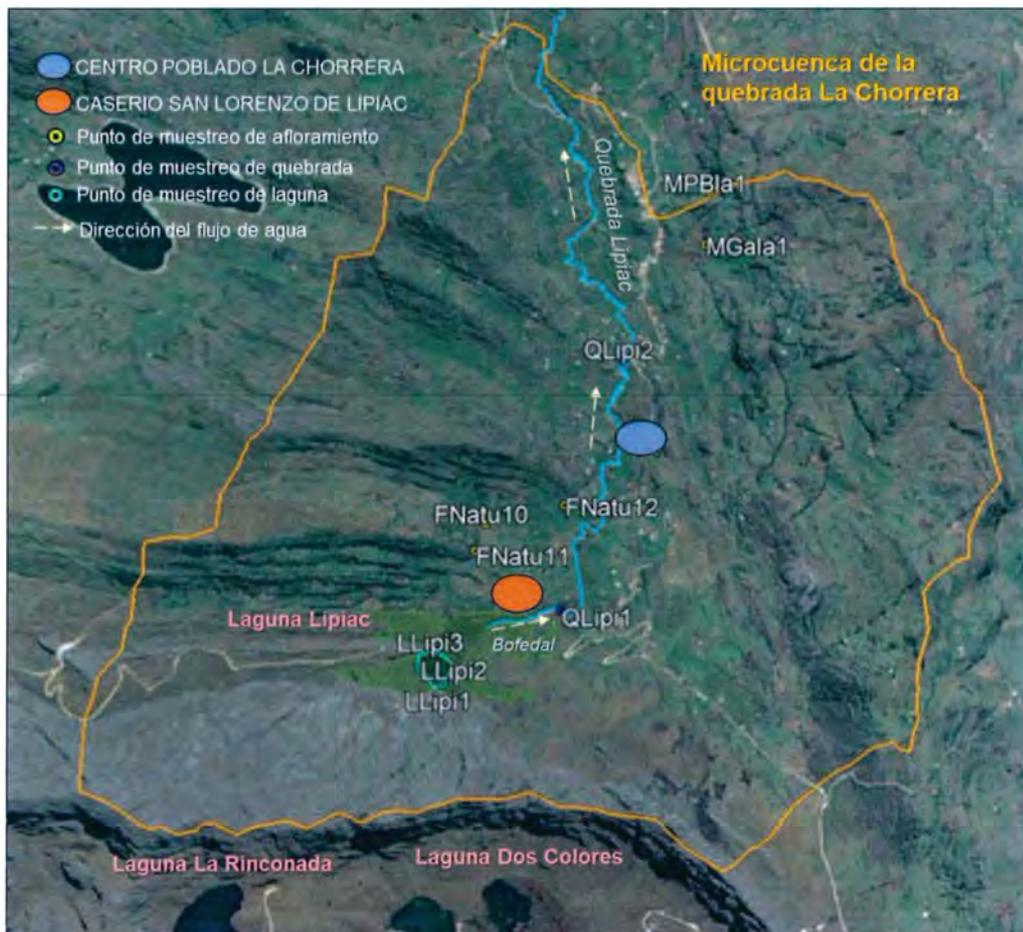


Figura 8-68. Ubicación de los cuerpos de agua evaluados en la microcuenca de la quebrada La Chorrera

La laguna Lipiac yace sobre la formación Inca (Km-in) que contiene areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas y lechos de cuarcitas. Se caracterizó por ser ácida, estar asociada a una gran cobertura de bofedal y por tener concentraciones de sulfatos mayores a los otros aniones: bicarbonatos, cloruros y nitratos, cuyos valores estuvieron debajo del límite de cuantificación, determinándose como sulfatada aluminica-cálcica y sulfatada cálcica-alumínica en la evaluación de octubre de 2017



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

(Figura 8-69). Cabe resaltar que esta laguna, junto con laguna Yanacocha, registró los mayores porcentajes de hierro en la evaluación hidroquímica de todos los cuerpos de agua evaluados (Anexo E.2.2).

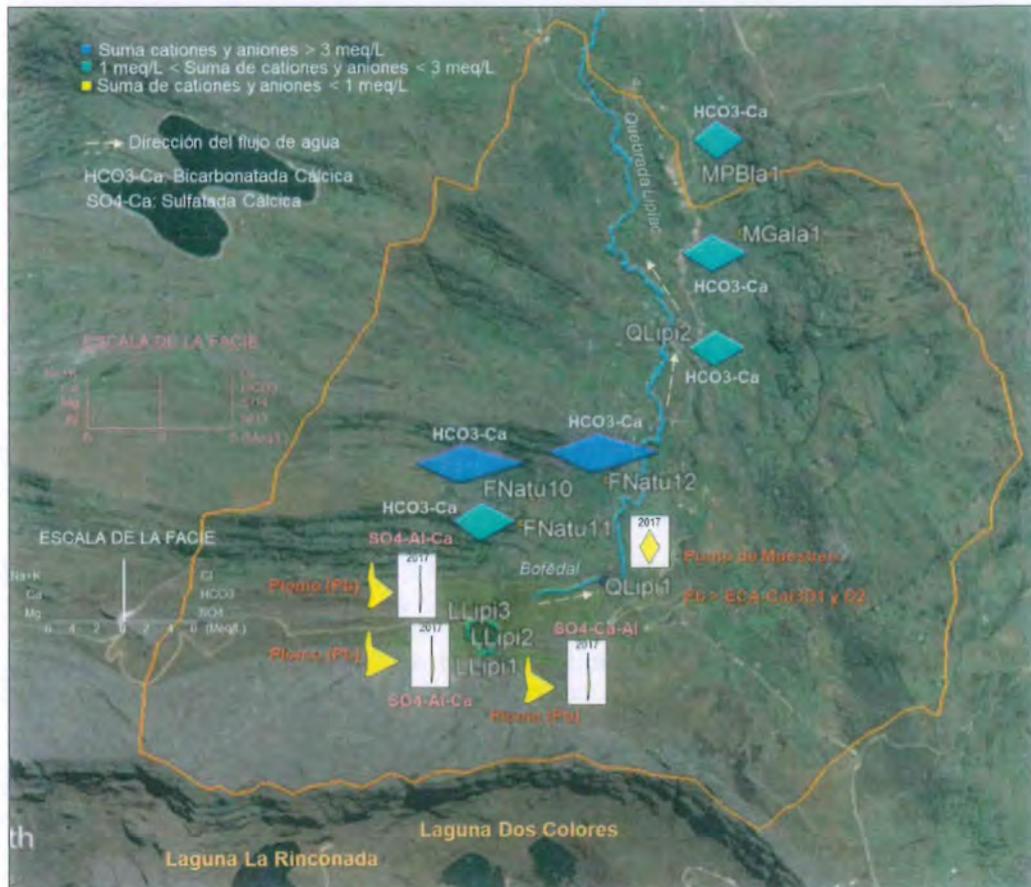


Figura 8-69. Facies hidroquímicas y parámetros que exceden el ECA (en rojo) de la laguna y quebrada Lipiac, y los afloramientos

La laguna Lipiac presentó la misma facie hidroquímica que la obtenida en base a la información reportada desde octubre de 2008 hasta octubre de 2012 por Lumina Copper S.A.C.⁵⁸ (Figura 8-70), lo que indica que no habría variación temporal en las concentraciones de los principales iones. Cabe resaltar que octubre de 2008 y 2009, la facie hidroquímica fue sulfatada aluminica-férrica, por lo que confirma la interacción de la laguna con los minerales presentes en la formación Inca (Km-in) donde yace la laguna.



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

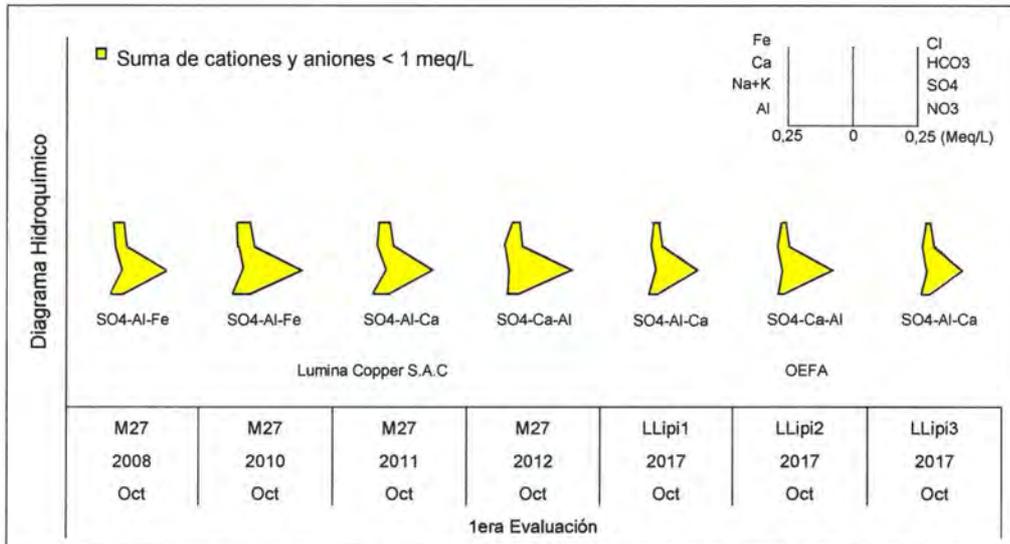


Figura 8-70. Diagramas hidroquímicos de la laguna Llipiac (LLipi1, LLipi2 y LLipi3) de meses relacionados a la primera evaluación en base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA

Por otro lado, la concentración del plomo total en dicha laguna (LLipi1, LLipi2 y LLipi3) superó el ECA para agua Cat4E1 (Figura 7-34). De acuerdo a la relación entre los sólidos disueltos y totales (Tabla 7-11), se encontró que en los puntos LLipi1 y LLipi2 más de un 93 % correspondió al plomo en su forma disuelta, a diferencia del punto LLipi3, en el cual, debido a la inestabilidad del sustrato de ribera, sólo correspondió al 48 %.

Se observó que en los alrededores de la laguna Llipiac se realiza pastoreo de ganado, lo que podría ocasionar cambios en el flujo natural de la materia y en el ciclo de nutrientes (Jorcín y Nogueira, 2008; Buenaño, 2018). En tal sentido, se calculó el índice de estado trófico basado en la concentración del fósforo total, y se determinó que esta laguna fue mesotrófica en octubre de 2017 con tendencia a la oligotrofia (Tabla 7-110 y Figura 8-71), lo que sugiere baja perturbación antropogénica (Martínez-García, 2010; Barragán, 2017).



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



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a date '10/10/17' and several illegible signatures.

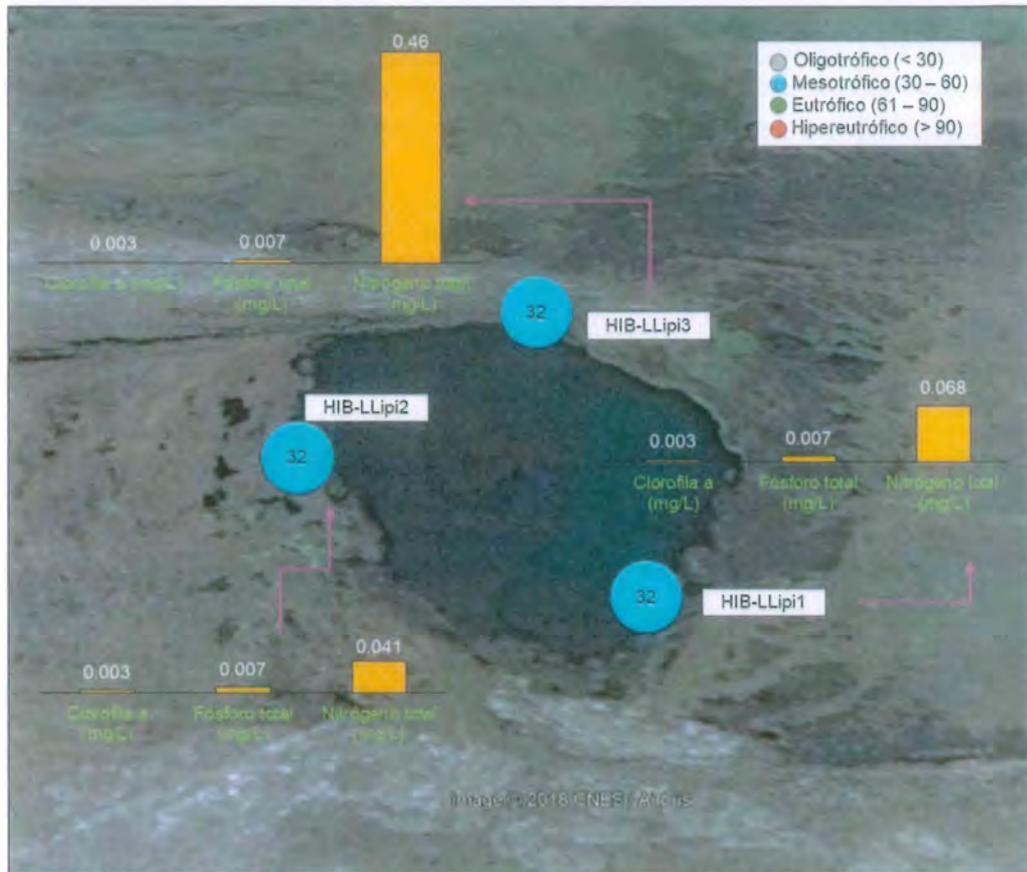


Figura 8-71. Estado trófico de la laguna Lipiac basado en el índice de estado trófico (IET) para fósforo total en 2017

Además del fósforo total, se analizó el comportamiento del nitrógeno, debido a que ambos representan los elementos más importantes para la productividad primaria en los cuerpos de agua dulce (Roldán, 1992). Al provenir de la atmósfera, el nitrógeno es el elemento más abundante en comparación del fósforo que proviene principalmente de la mineralización de la materia orgánica, por lo que se le considera como el factor más limitante de la productividad primaria, siendo la proporción de fósforo a nitrógeno en el agua generalmente de 1:10 (Roldán, 1992).

En ese sentido, se registraron mayores concentraciones de nitrógeno total en todos los puntos evaluados en la laguna Lipiac; sin embargo, tanto el nitrógeno como el fósforo total presentaron concentraciones bajas (incluso el fósforo total estuvo debajo del límite de cuantificación), lo que confirma la baja productividad de esta laguna en octubre de 2017 (Tabla 7-110 y Figura 8-71).

La alta concentración de nitrógeno en el HIB-LLipi3 (Figura 8-72) respondería a los aportes externos y puntuales de nutrientes a causa principalmente del pastoreo de ganado en la zona y a su menor dispersión por falta de precipitaciones en esa temporada (octubre de 2017).



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



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a vertical line of checkmarks and a signature.

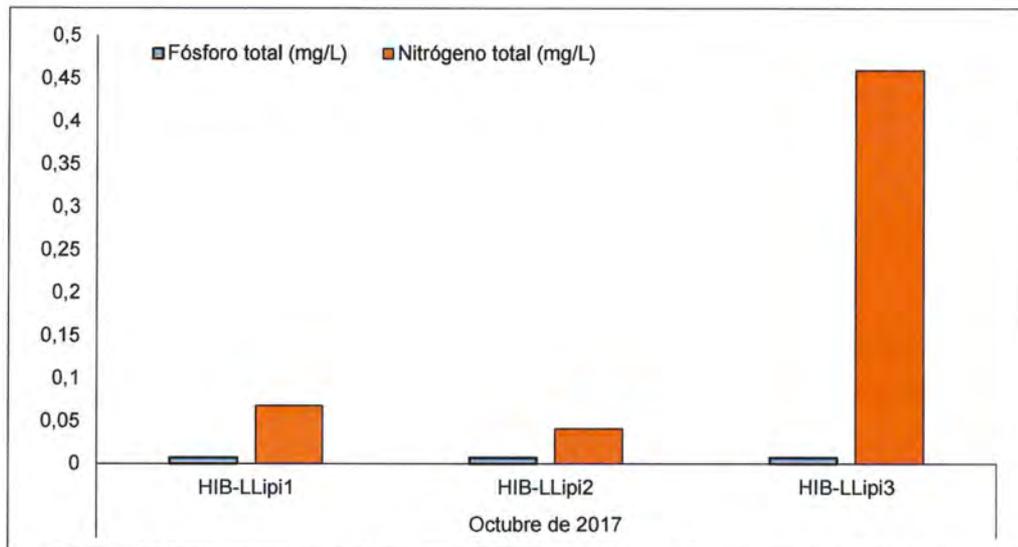


Figura 8-72. Concentración del fósforo y nitrógeno total en la laguna Lipiac durante octubre de 2017

El estado trófico y los parámetros de campo, como el pH, guardaron relación con la riqueza y abundancia de las comunidades hidrobiológicas en la laguna Lipiac. De este modo, esta laguna se destacó por presentar en el fitoplancton organismos del phylum Bacillariophyta, Charophyta y Cyanobacteria (Anexo B), donde predominó el género *Eutonia* (Bacillariophyta), lo que sugiere la prevalencia de condiciones oligotróficas, tal como fue determinado por el índice de estado trófico en base al fósforo total.

Cabe resaltar la gran abundancia de organismos del fitoplancton y zooplancton en HIB-LLipi2, representados por *Eutonia* (Bacillariophyta) y *Cephalodella* (Rotifera) (Anexo B); donde la predominancia de *Eutonia* sugiere la existencia de condiciones oligotróficas para que puedan desarrollarse (Roldán, 1992). En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos (Anexo B), se registró baja riqueza y abundancia de organismos debido a la acidez del agua; sin embargo, esta condición facilitaría la predominancia de algunos taxa como Tanytarsini (Diptera), pues demostraron su tolerancia principalmente en los puntos HIB-LLipi2 y HIB-LLipi3 (Anexo B).

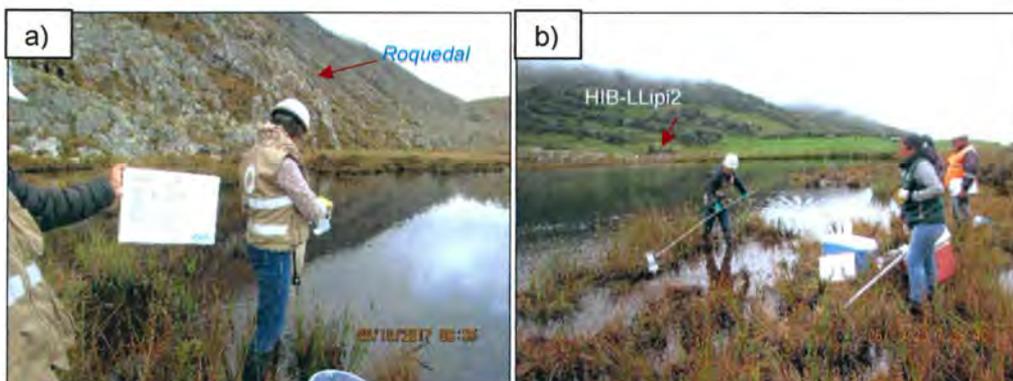


Figura 8-73. Puntos de muestreo en la microcuenca de la quebrada La Chorrera. a) HIB-LLipi1 y b) HIB-LLipi2

Asimismo, a diferencia de los puntos HIB-LLipi2 y HIB-LLipi3 que presentaron una orilla expuesta, la menor abundancia registrada en HIB-LLipi1 se debería a que este



punto se ubica al lado de un roquedal (Figura 8-71a), lo que dificulta el acceso del ganado, por lo que también presentó una menor concentración de nitrógeno total (Figura 8-73b).

Desde la descarga de la laguna Lipiac, se incrementó la concentración de bicarbonatos y calcio en el punto QLipi1, posiblemente por el aporte de los afloramientos ubicados en el bosque de *Polylepis*, distribuido al norte de la laguna. Aguas abajo (QLipi2), la concentración de estos iones siguieron incrementándose principalmente por el aporte de los afloramientos FNatu10, FNatu11 y FNatu12, los cuales también presentaron facie bicarbonatada cálcica (Figura 8-69).

La quebrada Lipiac (QLipi2) presentó la misma facie hidroquímica (bicarbonatada cálcica) que la obtenida en base a la información reportada desde setiembre de 2010 hasta agosto de 2012 por Lumina Copper S.A.C.⁵⁸ (Figura 8-74), lo que indica que no habría variación temporal en las concentraciones de los principales iones.



L
I
P
I
A
C

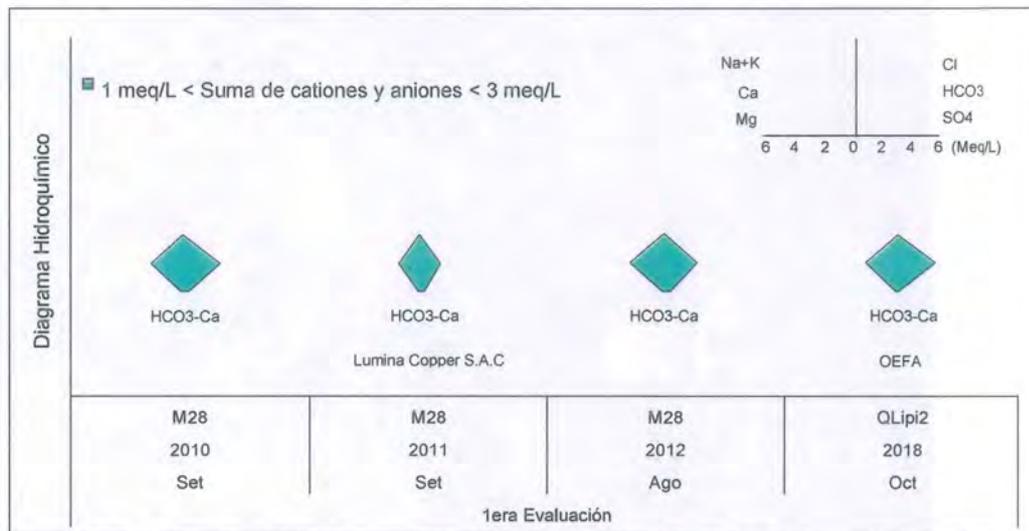


Figura 8-74. Diagramas hidroquímicos de la quebrada QLipi2 de meses relacionados a la primera evaluación base a la información de Lumina Copper S.A.C. y el OEFA

Aguas abajo del punto QLipi2 se presentaron los afloramientos MGala1 y MPBla, los que tuvieron concentraciones y facie hidroquímicas similares a los afloramientos FNatu10, FNatu11 y FNatu12. Estas condiciones fueron diferentes en la laguna Lipiac, la que tuvo menores concentraciones en iones debido principalmente a su asociación al bofedal, y en menor medida a su ubicación sobre la formación Inca (Km-in).

También se observó diferencias entre las comunidades hidrobiológicas presentes en la quebrada Lipiac conforme fue descendiendo. Respecto al ficoperifiton, las quebradas presentaron mayor número de taxa y un incremento en la abundancia de organismos aguas abajo (Anexo B) lo cual se relaciona con el incremento en la concentración de bicarbonatos y calcio (Figura 7-87). El phylum más abundante y con mayor número de taxa en el ficoperifiton fue Bacillariophyta (Anexo B), lo cual confirma una condición muy común en los ambientes lóticos tal como lo describe Jorgensen (2009).

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 *Tanytarsini* y *Alotanypus*, ambos



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

de la familia Chironomidae (Anexo B). Esta familia es característica de aguas mesotróficas a eutróficas o con perturbación antropogénica según las investigaciones de Roldán (2003), Liévano & Ospina (2007) y Madera (2016), por lo que este punto presentó una calidad biológica mala (Tabla 7-108).

Asimismo, el punto HIB-QLipi1 presentó al taxa *Cricotopus* también perteneciente a la familia Chironomidae, por lo que, al igual que el punto aguas abajo de la quebrada Lipiac (HIB-QLipi2), presentó calidad biológica mala (Tabla 7-108). Luego de evaluar las características físicas del hábitat, como vegetación riparia continua, se pudo determinar una calidad hidromorfológica moderada en ambos puntos (Tabla 7-107); sin embargo, debido a la baja riqueza, la dominancia de la familia Chironomidae y las modificaciones en el hábitat, se determinó una calidad ecológica mala para ambos puntos (Tabla 7-109 y Figura 8-75).



Handwritten signature and date: 10/11/2018

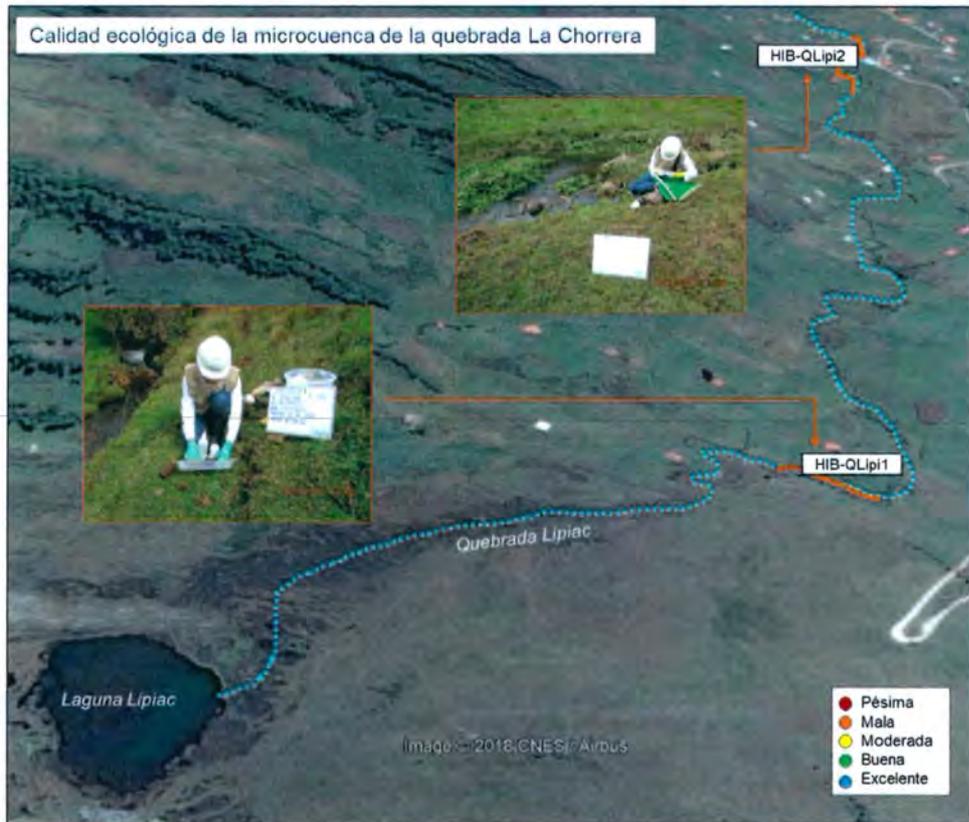


Figura 8-75. Calidad ecológica de los puntos de muestreo evaluados en la quebrada Lipiac distribuida en la microcuenca de la quebrada La Chorrera

8.3 Flora y fauna silvestre

En esta sección se presenta la discusión relevante sobre la flora y fauna silvestre registrada en toda el área de estudio durante la evaluación realizada por el OEFA en marzo de 2018.

8.3.1 Flora Silvestre

Se realizó la comparación entre los ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas) y sus formaciones vegetales asociadas en el área de evaluación. Con la finalidad de fortalecer la distinción de la vegetación entre las formaciones vegetales se realiza el



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

análisis de los estadísticos multivariados. En ese sentido, este estudio permite tener un mejor conocimiento de las especies que se desarrollan en cada formación vegetal (flora vascular), en las zonas evaluadas dentro del área de influencia el PM El Galeno.

Se evaluaron 15 zonas y dentro de ellas 17 ecosistemas frágiles (9 bofedales, 7 lagunas y un bosque de *Polylepis* (queuña)), además de sus formaciones vegetales asociadas (bofedal, roquedal, pajonal, césped y queuña). Es importante recalcar que en los ecosistemas de laguna se evaluó la vegetación asociada a sus orillas, que principalmente contienen una mixtura de especies por formación vegetal bofedal, pajonal y roquedal. Asimismo, la formación vegetal queuña fue incluida como «formación» principalmente porque es un ecosistema reforestado según refiere los pobladores (Figura 8-76).



Handwritten vertical text: A → B → C → D → E → F

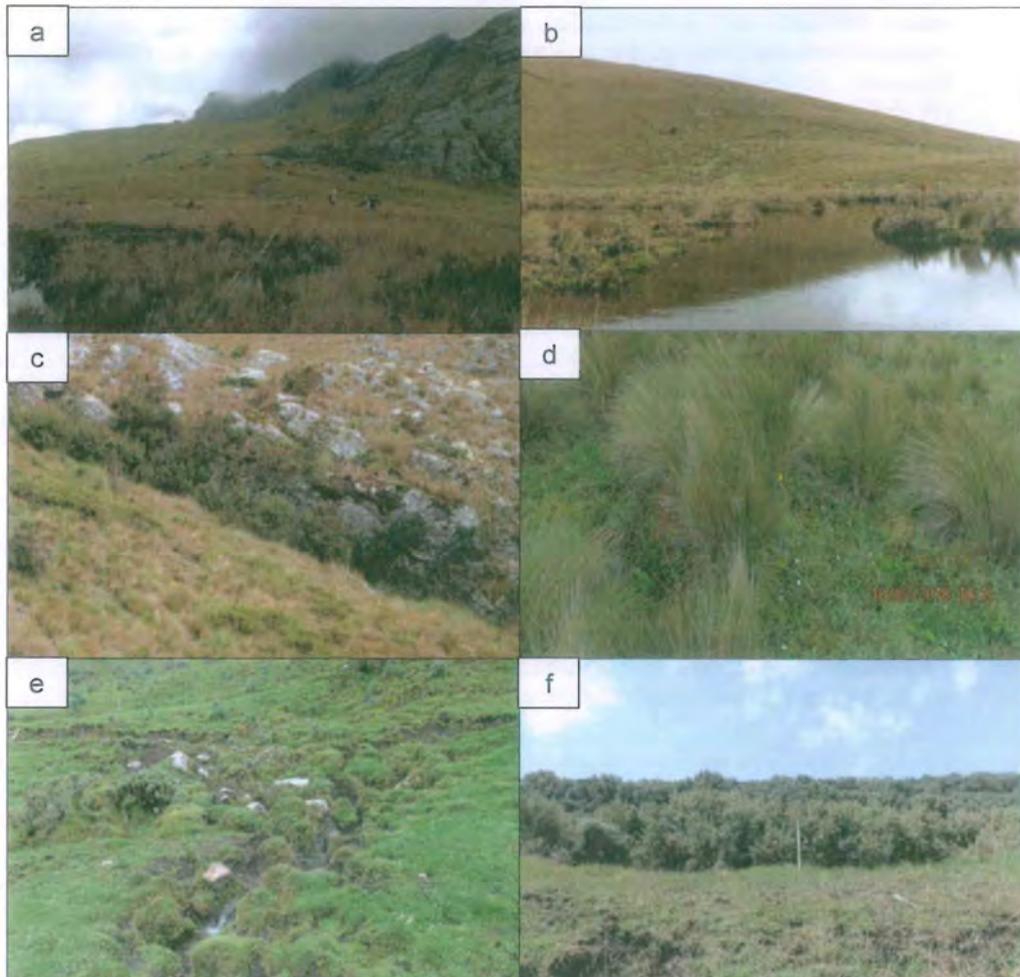


Figura 8-76. Ecosistemas frágiles y formaciones vegetales asociados evaluados en el área de influencia del PM El Galeno. a) bofedal, b) laguna, c) roquedal, d) pajonal, e) césped y f) queuña (bosque de *Polylepis*).



En esta evaluación se registró 261 especies de flora, mientras que estudios anteriores en el área registraron 104 especies⁶¹, 94 especies⁶², 168 especies⁶³ y 227 especies⁶⁴ de flora silvestre. Esta riqueza de especies muestra la amplia diversidad presente en el área evaluada, debido principalmente a la presencia de ambientes heterogéneos.

De las especies registradas durante la evaluación, más del 50 % ya han sido reportadas por otros estudios en bofedales similares de ecosistemas altoandinos en el Perú, tales como el de Flores (1992)⁶⁵, Salvador y Cano (2002), Flores *et al.* (2005), y García y Beck (2006).

Las familias más diversas en el área de evaluación fueron Asteraceae y Poaceae, siendo estas las más diversas en hábitats altoandinos (Gentry, 1993), en suelos crioturbados y formaciones vegetales asociadas (Cano *et al.*, 2010). Del mismo modo, estas familias son evidenciadas en bosques nublados secos de las vertientes occidentales del Perú (Cano y Valencia, 1992). Además, las familias Asteraceae y Poaceae son la segunda y quinta familia con mayor número de especies en el Perú (Brako y Zarucchi, 1993).

El territorio de las jalcas, al encontrarse en la zona Amotape - Huancabamba en los Andes del norte del Perú y el extremo sur del Ecuador (Sanchez & Dillon 2006), según varios investigadores tiene una biodiversidad excepcional. Asimismo, Monasterio (1980) y Luteyn (1999) describen a las jalcas como parte de la región natural tropical de los Andes del norte. Respecto a las especies vegetales, estos investigadores señalan que las familias Asteraceae, Poaceae y Cyperaceae registran grandes números de especies. Tovar (1983), Tryon & Stolze (1989a, 1989b) y Brako & Zarucchi (1993) también indican sobre la alta diversidad de especies del Perú, como Angiospermae, Pteridophytas, Asteraceae y Poaceae, lo cual concuerda con los datos registrados en la presente evaluación.

Las investigaciones han demostrado que esta diversidad es diferente a las formaciones altoandinas que la limitan hacia el norte y sur. En ese sentido, en esta evaluación, la primera y segunda mayor riqueza de especies se encontraron en los roquedales y lagunas con 131 (50,2 %) y 132 (50,6 %) del total de especies registradas. Uno de los factores que favoreció la alta riqueza fue principalmente la presencia de variados micro-hábitats. Además, se observa que estas formaciones vegetales están muy relacionadas con el bofedal y césped, (Figura 7-283).

En los bofedales evaluados se registraron varias especies propias de ambientes hidromórficos⁶⁶, con marcadas diferencias respecto a los bofedales del sur del Perú, debido principalmente a la formación geológica de esta zona, la cual forma parte del límite sur de los Andes del norte y la frontera norte de los Andes del centro. La formación vegetal de bofedal con 114 especies (43,7 %), representa la tercera formación vegetal con mayor riqueza, debido principalmente al esfuerzo de muestreo

⁶¹ Evaluación Ambiental del Proyecto de Exploración "El Galeno" (Categoría C), 2005

⁶² Evaluación Ambiental del Proyecto de Exploración "El Galeno" (Categoría C), 2007

⁶³ Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetalado del Proyecto de Exploración Minera "El Galeno", 2010

⁶⁴ Primer Informe Técnico Sustentatorio de la IV Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetalado, Categoría II de las actividades de Exploración "El Galeno", 2017

⁶⁵ Este autor recoge los registros de Weberbauer (1945), Tovar (1973, 1990), Flores y Malpartida (1981), ONERN (1984), Atayupanqui (1987), Canales y Tapia (1987)

⁶⁶ Áreas que permanecen húmedas todo el año



realizado (11 transectos). Sin embargo, los bofedales de esta zona reciben aportes de las formaciones vegetales asociadas a esta (pajonal y césped) que representan el 15% y 19% respectivamente.

Weigend (2002) menciona que la zona de Huancabamba constituye una frontera biogeográfica importante para taxones de la zona andina. Estas especies presentan diferentes adaptaciones y requerimientos hídricos, por tal motivo presenta una mixtura de especies de diferentes formaciones vegetales, entre ellas: *Stipa ichu*, *Loricaria ferruginea*, *Paspalum bonplandianum*, *Werneria stuebelii*, *Disterigma empetrifolium*, *Cortaderia hapalotricha*, *Loricaria leptothamna*, *Cortaderia bifida*, *Distichia acicularis*, *Oritrophium limnophilum*, entre otras especies, que son estructuradoras de estos ecosistemas (Weigend, 2002), pues requieren el agua de manera permanente (Leon y Young, 1996).



Los resultados de la evaluación indican que las familias Asteraceae y Poaceae son las más representativas de estos ecosistemas, alcanzando el 27.96% del total de especies registradas; seguido de las familias Apiaceae, Scrophulariaceae, Rosaceae, Fabaceae y Valerianaceae. Las demás familias (más del 50% del total), tienen entre 1 y 5 especies, información que concuerda con el análisis realizado por Sanchez & Dillon (2006), respecto a las características fisiográficas, florísticas y vegetaciones de las jalcas de Cajamarca.

Asimismo, de acuerdo a las formas de crecimiento, las plantas herbáceas son las más diversas, quienes por poseer menor biomasa y encontrar condiciones propicias generadas por los árboles y arbustos (sombra, protección contra el viento, calor, incluso retención de humedad, entre otros beneficios), desarrollan de manera favorable a excepción de algunos arbustos del género *Loricaria* (Weberbauer, 1945; Tovar, 1990).

La mayor cobertura vegetal en los transectos evaluados para cada formación fue en promedio 85,5 % para el bofedal, 87,1 % para las lagunas y 89 % para el pajonal, mientras que los porcentajes más bajos se presentaron en la formación roquedal y queuñal con 65,6 % y 65 % respectivamente, debido principalmente a la presencia de roca, piedras y suelo descubierto.

Las especies con mayor abundancia relativa en el área evaluada fueron *Stipa ichu* y *Loricaria ferruginea*, siendo a su vez estas las principales especies en la formación vegetal bofedal, entre otras especies presentes en esta formación, estuvieron *Paspalum bonplandianum*, *Werneria stuebelii*, *Disterigma empetrifolium*. Mientras que en las formaciones vegetales asociadas (pajonales, roquedales, césped y queuñales) las especies con mayor abundancia relativa fueron *Cortaderia bifida*, *Vaccinium floribundum*, *Azorella crenata*, *Ribes hirtum*, *Brachyotum naudinii*, entre otras. Todas estas especies resaltan la importancia de estas formaciones como ecosistemas que ayudan a preservar la flora local. Se observó también una variación en la dominancia de especies entre formaciones vegetales, destacándose las especies dominantes en cada formación (Figura 8-77).

Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including an arrow pointing up and several illegible signatures.



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

Los valores de diversidad variaron de acuerdo a la formación vegetal evaluada. Donde, las formaciones vegetales más diversas fueron las evaluadas a orillas de las lagunas (bofedal, roquedal, pajonal y césped), mientras que la formación vegetal de queñual fue la menos diversa.

Las zonas de los ecosistemas frágiles EF7, EF2 y EF3 (pertenecientes a la microcuenca Milpo) influenciado por las formaciones vegetales asociadas a las lagunas fueron los que presentaron valores mayores de diversidad, debido principalmente a lo equitativo de las abundancias en sus especies. Sin embargo, las zonas EF6 (microcuenca Milpo) y EF13 (microcuenca Kerosene), que están asociadas a los bofedales, son las menos diversas debido a la predominancia de las especies *Stipa ichu* y *Loricaria ferruginea*. Respecto a las formaciones vegetales asociadas, el roquedal de las zonas EF8 (microcuenca La Chorrera) y EF12 (microcuenca Yanacocha) fueron las zonas más diversas, entretanto, la formación vegetal de queñual en la zona EF8 (bosque reforestado con *Polylepis*) fue la que presentó menos diversidad.

El análisis de similaridad y estadístico multivariado (NMDS) muestra que las formaciones vegetales se encontraron bien definidas (agrupadas), siendo las más cercanas entre sí los transectos de los bofedales y vegetación asociada a las lagunas (con bastante influencia de bofedales); asimismo, las formaciones vegetales asociadas (pajonal, roquedal y césped) forman otro agrupamiento debido a que estas comparten sustratos similares (suelo descubierto, rocas y arena), y los transectos de la formación vegetal queñual se agrupa algo más alejado (Figura 7-283).

Sánchez y Dillon (2006) hacen referencia a la caracterización florística de las jalcas y sus diferencias con el páramo y la puna respecto a endemismos. En la presente evaluación se corrobora este enunciado, puesto que se reportaron 32 especies

Handwritten notes in blue ink, including an arrow pointing up and several illegible characters.



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

endémicas (León *et al.*, 2007), cantidad muy superior a ecosistemas altoandinos en el Sur Peruano. Además, se registra 3 especies endémicas que amplían su distribución en Perú; estas especies pertenecen a la zona EF7 en la microcuenca Milpo y se encuentran en las formaciones vegetales que mantienen humedad permanente, lo cual nos indica que son áreas importantes, donde se generan las condiciones necesarias para el desarrollo de estas especies.

De estas especies, la especie *Coreopsis fasciculata* fue reportada únicamente en Cusco; además, las especies *Castilleja virgatoides* y *Arcytophyllum weberbaueri* solo estuvieron reportadas en los departamentos Cusco, Apurímac, Juliaca y Ayacucho. (Figura 8-78).



Handwritten signature and vertical text in blue ink.



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



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

Por otro lado, estas formaciones vegetales son propicias para el desarrollo de especies que se encuentran en constante amenaza y son reguladas por el CITES (lista que regula su comercio y tráfico), como las pertenecientes a la familia Orchidaceae. Entre ellas, la especie *Aa* sp., registrada en el EF8 (microcuenca La Chorrera) y EF12 (microcuenca Yanacocha) respectivamente; además, la especie *Alteinstenia fimbriata* fue registrada en EF1 (microcuenca Milpo) y EF12 (microcuenca Yanacocha); Asimismo, la especie *Elleanthus* sp., en el EF7 (microcuenca Milpo), y *Pterichis leucoptera* en el EF12 (microcuenca Yanacocha) (Figura 8-79).



Handwritten blue ink notes and arrows pointing to the stamp and the figure panels.



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).



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

(*Gastrotheca peruana*), las cuales fueron registradas en estudios anteriores⁶⁸¹. Las otras 2 especies fueron reptiles: la lagartija (*Stenocercus stigmosus*) y la lagartija de paja (*Petracola ventrimaculata*) (Figura 8-82).



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 stigmosus*), **f.** Lagartija de paja (*Petracola ventrimaculata*)

Los renacuajos de la especie *Gastrotheca peruana* presentaron un total de 455 individuos en febrero del 2018, debido a la gran cantidad de cuerpos de agua forma2 por las precipitaciones constantes en esta época del año, los cuales permitieron albergar a los renacuajos en sus diferentes estadios (Gosner, 1960).



A
A
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
M

⁶⁸ Primer Informe Técnico Sustentatorio de la IV Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado, Categoría II de las actividades de Exploración "El Galeno", 2017



Es probable que no todos los renacuajos lleguen a la etapa adulta; sin embargo, es importante tener datos de su abundancia y distribución ya que podrían ser utilizados como indicadores ante alguna afectación futura (Figura 8-83).

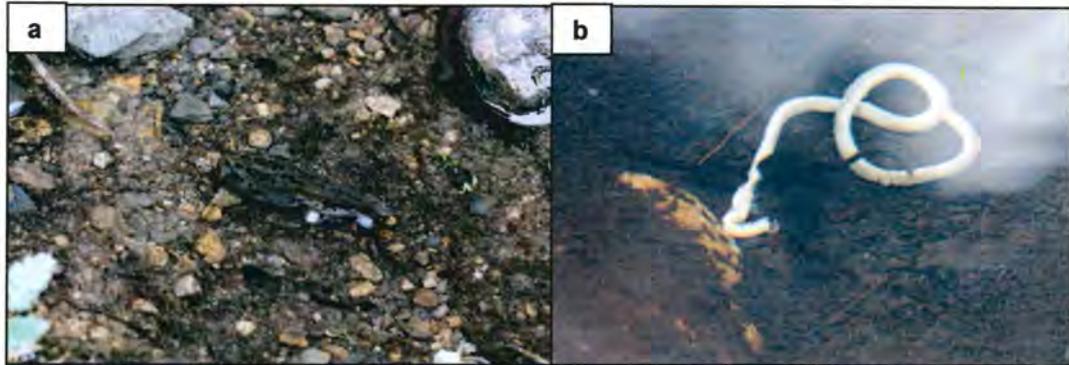


Figura 8-83. a. Renacuajo de la rana marsupial (*Gastrotheca peruana*) b. Renacuajos alimentándose en el fondo del cuerpo de agua



Handwritten notes in blue ink, including an arrow pointing up and various scribbles.

Las diferencias en la composición de especies registradas estarían relacionadas principalmente a las condiciones ambientales propicias para el desarrollo de los anfibios en sus distintos estadios (renacuajos, juveniles y adultos) (Wells, 2010) y la diversidad de hábitats que se presentan en esta zona geográfica (Sánchez & Dillon, 2006).

Los hábitats que presentaron los mayores valores de riqueza de anfibios y reptiles fueron el pajonal y roquedal, debido a los diversos microhábitats que se presentan en estas unidades de vegetación. Los microclimas que se encuentran en ambos hábitats permiten un ambiente húmedo donde los anfibios *Pristimantis pinguis* y *Pristimantis simonsii* pueden realizar sus actividades de forma adecuada. Ambas especies de *Pristimantis*, a diferencia del anfibio *Gastrotheca peruana*, no presentan renacuajos en sus ciclos de vida, reproduciéndose de forma directa a partir de huevos, los cuales necesitan de la humedad necesaria para desarrollarse (Lehr & Duellman, 2009).

Por su parte, los adultos y renacuajos de la especie *Gastrotheca peruana* se distribuyeron en los hábitats bofedal y laguna, donde hacen uso de los abundantes cuerpos de agua para completar su ciclo de vida. Mientras que *Pristimantis simonsii* fue registrado en los bordes de las lagunas oculto bajo rocas dispersas.

Por otro lado, la lagartija *Stenocercus stigmus* usaría el hábitat pajonal como lugar de refugio ante los posibles depredadores y protección de las variaciones ambientales que se producen durante el día (temperaturas bajas y lluvias). Mientras que *Petracola ventrimaculata*, debido a sus características morfológicas como estructuras óseas más desarrolladas, se distribuyen en ambientes húmedos bajo rocas en las inmediaciones de la vegetación asociada a los roquedales (Echevarría, 2014).

Los resultados muestran que las zonas de ecosistemas frágiles EF8 y EF12 (ubicados en las microcuencas La Chorrera y Yanacocha respectivamente) presentaron mayor riqueza y abundancia de anfibios y reptiles. Su ubicación geográfica en cabecera de cuenca y la conservación de estas microcuencas estarían favoreciendo a la composición registrada durante la evaluación; siendo los renacuajos de *Gastrotheca peruana* la especie más abundante en ambos ecosistemas.

Por el contrario, las zonas evaluadas en la microcuenca Milpo (EF1, EF2, EF3, EF4 y EF5) registraron valores bajos de diversidad de anfibios y reptiles. No obstante, la



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

zona EF7, perteneciente a esta microcuenca, registró la mayor abundancia del anfibio *Pristimantis pinguis*. Las variaciones en las condiciones ambientales (pH, tipo de suelo, humedad, entre otros) y la cobertura vegetal en estas zonas de evaluación podrían influir en la distribución de estas especies. Cabe resaltar que las zonas EF1, EF2, EF3, EF4 y EF5 se encuentran próximos al campamento.

Los anfibios *Pristimantis simonsii* y *Pristimantis pinguis*, registrados durante la evaluación, son especies que, según la IUCN (2018), se encuentran altamente amenazados por la fragmentación y pérdida de sus hábitats, debido al aumento de áreas agrícolas y actividades mineras, siendo categorizadas como especies En Peligro Crítico (CR) y En Peligro (EN) respectivamente. Asimismo, ambas especies se encuentran en la categoría En Peligro Crítico (CR) según la legislación peruana (D.S. N.º 004-2014-MINAGRI). Cabe resaltar que estas especies son endémicas del Perú; sin embargo, no se encuentran registradas en ningún área natural protegida por el Estado peruano, aumentando de este modo su vulnerabilidad.

En el caso de los reptiles registrados, *Petracola ventrimaculata* se encuentra en la categoría de Vulnerable (VU) según la legislación nacional. Su distribución abarca los departamentos de Cajamarca, Amazonas, Piura, San Martín y Lambayeque (Kizirian *et al.*, 2008), ocupando diversos hábitats arbustivos y semiacuáticos, casi siempre bajo rocas o superficialmente enterrados. Echevarría (2014) presenta una revisión taxonómica de esta especie, donde resalta la importancia de la población de Cajamarca (Celendín) como localidad tipo (de origen) de esta especie, la que se encuentra altamente amenazada por las actividades mineras y agrícolas (remoción de suelos).

B. Aves

La El área de estudio se encuentra ubicada en la Jalca, que es una unidad fisiográfica, florística y vegetacional del paisaje altoandino, y presenta una diversidad de hábitats (Sánchez & Dillon 2006). La evaluación de aves se enfocó en los ecosistemas frágiles como lagunas, bofedales, bosque de *Polylepis* y hábitats asociados como pajonal, roquedal y césped (Figura 8-84). Esta complejidad de hábitats permite la presencia de una importante diversidad de especies en el área de estudio, las cuales se han adaptado a las condiciones climáticas.

Según la Ley General del Ambiente (Ley N.º 28611), en su artículo 99 y modificatoria Ley N.º 29895, los ecosistemas frágiles comprenden, entre otros, desiertos, tierras semiáridas, montañas, pantanos, bofedales, bahías, islas pequeñas, humedales, lagunas altoandinas, lomas costeras, bosques de neblina, bosques relictos, páramos y jalcas. Asimismo, los ecosistemas frágiles son territorios de alto valor de conservación y son vulnerables a consecuencia de las actividades antropogénicas que se desarrollan en ellos o en su entorno, que amenazan y ponen en riesgo los servicios ecosistémicos que brindan (SERFOR, 2018).





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

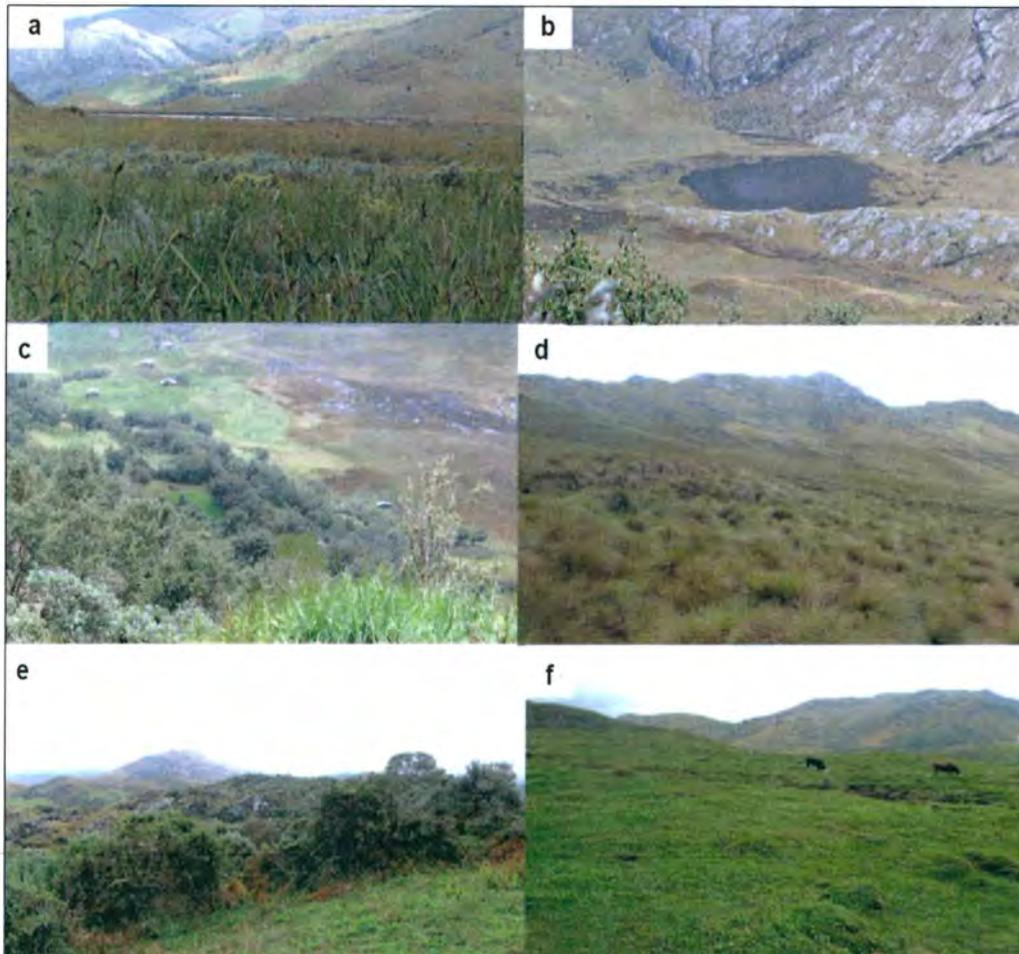


Figura 8-84. Hábitats evaluados en el área de estudio: a. bofedal, b. laguna, c. bosque de *Polylepis* d. pajonal, e. roquedal, f. césped

La riqueza de 54 especies de aves registradas en el área de estudio en el ecosistema Jalca fue similar en el número de especies a lo reportado por Sánchez (2006) quien registró 50 especies de aves en este mismo ecosistema en Cajamarca. Sin embargo, Roncal y Barrantes (2013) reportan 76 especies en la laguna San Nicolás y alrededores (Cajamarca).

Las 54 especies registradas se distribuyen en 21 familias, cuya composición es propia de la sierra norte de Perú (Schulenberg *et al.*, 2010), donde las familias con mayor representatividad fueron Thraupidae (tangaras y semilleros), Furnariidae (canasteros), Trochilidae (picaflores) y Tyrannidae (mosqueros).

Estas familias también fueron las más predominantes en los estudios realizados por Sánchez (2006) y Roncal & Barrantes (2013) en el ecosistema Jalca. De estas 54 especies, solo 37 especies coinciden con las 62 especies reportadas en la línea base biológica; es decir, 17 especies no fueron reportadas en esta línea de base⁶⁹.

⁶⁹ Cuarta Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración Minera El Galeno. Aprobado por Resolución Directoral N° 346-2014-MEM-DGAAM el 7 de julio de 2014



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

Los estudios que recopilaban información desde 2007 hasta 2014⁷⁰ (temporadas húmeda y seca) reportaron un total de 62 especies de aves, de las cuales, 4: Canastero Cordillerano (*Asthenes modesta*), Golondrina Andina (*Orochelidon andecola*), Cachirla de Pico Corto (*Anthus furcatus*) y Pitajo de d'Orbigny (*Ochthoeca oenanthoides*), se distribuyen al sur de Perú según Schulenberg *et al.* (2010), no Colorespondiendo a su área de distribución del área estudio.

Las especies registradas en el área de estudio son consideradas residentes, es decir, se reproducen dentro del territorio peruano, por lo que no se registró especies migratorias boreales ni australes (Schulenberg *et al.*, 2010). Sin embargo, se conoce que las especies de la familia Anatidae (patos) realizan desplazamientos altitudinales dentro del territorio y utilizan las lagunas para reproducirse, siendo consideradas aves acuáticas según Wetlands International (2012).

La mayoría de las especies registradas se encuentran dentro de su rango de distribución conocida, según Schulenberg *et al.* (2010); sin embargo, se obtuvo un nuevo registro para el departamento de Cajamarca: el Pato Crestón (*Lophonetta specularioides*), el cual no ha sido reportado en estudios ornitológicos en el departamento de Cajamarca (Sánchez 2006, Miranda 2008, Roncal & Barrantes 2013).

El Pato Crestón (*L. specularioides*) fue registrado en la laguna Muyoc. Esta especie se encuentra usualmente solitarios y en parejas en lagunas y en ríos, es poco común a frecuentemente común en los Andes de Perú (3500 - 4800 m s. n. m.), desde Ancash hasta Tacna (Schulenberg *et al.*, 2010). Según Barrio & Guillén (2004) esta especie ha sido registrada en la laguna Conococha, Ancash (límite norte de su distribución). Por lo que este registro de esta especie en la laguna Muyoc, se puede considerar como una nueva localidad de registro ampliando su distribución al norte de Perú (Figura 8-85).

De los 6 hábitats evaluados en el área de estudio presentaron una mixtura de avifauna, encontrando especies generalistas y especialistas en cada tipo de hábitat. La diversidad de especies estuvo influenciada por la variedad de hábitats que presenta esta zona geográfica (Sánchez & Dillon, 2006).

Con relación a los ecosistemas frágiles, en el área de estudio se identificaron 3 tipos de ecosistemas frágiles (lagunas altoandinas, bofedales y bosque de *Polylepsis*) (Ley N° 29895).

Las lagunas altoandinas evaluadas registraron 10 especies de aves, que representa el 18,52 % de la riqueza total (54 especies). La menor riqueza de especies se registró en la laguna Rinconada (1 especie) y en la laguna Muyoc se registró la mayor riqueza (7 especies). Las especies más abundantes fueron el Pato Barcino (*Anas flavirostris*), la Gallareta Andina (*Fulica ardesiaca*) y el Pato Rana o llamado localmente Pato Diablo (*Oxyura jamaicensis*), estas son especies acuáticas.

En la laguna Muyoc y Yanacocha se evidenció registros reproductivos directos e indirectos (Figura 8-85c), lo que demuestra la importancia de las lagunas para la reproducción de las aves acuáticas (Franke, 2011). El potencial de hidrogeno (pH) en la laguna Muyoc presentó un promedio de 8,5 y las demás lagunas valores menores

OEFA - SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
L
M
A
S
H

⁷⁰ Cuarta Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración Minera El Galeno. Aprobado por Resolución Directoral N° 346-2014-MEM-DGAAM el 7 de julio de 2014



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

a 5 unidades de pH, posiblemente esté parámetro de la calidad el agua influye en la riqueza de especies.



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*).

Los bofedales evaluados registraron 16 especies, que representan el 29,62 % de la riqueza total (54 especies); de las cuales 14 son especies terrestres y 2 especies acuáticas. El estudio que abarco más hábitats respecto a su relación con las especies que prefieren o frecuentan estos hábitats, fue realizado por Stotz *et al.* (1996), quienes reportaron 15 especies de aves que son típicas de bofedales. Asimismo, Gibbons *et al.* (2016) establecieron esta misma relación con énfasis en los bofedales de la zona altoandina del centro y sur del Perú, quienes reportaron 19 especies que tienen estrecha relación con los bofedales. De las especies reportadas en ambos estudios, solo 3 especies son asociadas a bofedales registradas en el área de estudio (*Gallinago andina*, *Asthenes humilis*, *Phrygilus unicolor*).

De las 16 especies registradas en el bofedal, 10 especies y 2 géneros presentan en común con las especies registradas en los bofedales en la parte sur y centro del Perú (Tellería *et al.*, 2006; Servat *et al.*, 2010; Servat *et al.*, 2013; Franke, 2017). Para los bofedales en la parte sur y centro del Perú, en total se ha reportado 86 especies, siendo 36 aves acuáticas y 50 aves terrestres (Tellería *et al.*, 2006; Servat *et al.*, 2010;



Handwritten notes in blue ink, 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.



Servat *et al.*, 2013; Franke, 2017). Esto nos indica que el hábitat bofedal es frecuentado por especies terrestres del género *Asthenes*, siendo las más abundantes.

En el área de estudio se registraron 6 individuos de la especie Becasina de la Puna (*Gallinago andina*) en el hábitat bofedal, teniendo 4 individuos en la zona EF8 (microcuenca La Chorrera) y 2 individuos en la zona EF4 (microcuenca Milpo). El hábitat preferido de esta especie acuática son los bofedales (Stolz *et al.*, 1996; Gibbons *et al.*, 2016). Esto se confirma con la evaluación de campo, ya que de los 6 hábitats evaluados, esta especie solo se registró en el hábitat bofedal.

En el hábitat bosque de *Polylepis*, se registró 16 especies que representan el 29,62 % de la riqueza total (54 especies). Las especies son características de matorral, teniendo como especie abundante al Azulito Andino (*Xenodacnis parina*), fue observada en la parte media de la copa de los árboles de *Polylepis* (forrajeando), y vocalmente activa en el periodo de evaluación. Según Schulenberg *et al.* (2010), esta especie es característica de bosque de *Polylepis* con presencia de arbustos del género *Gynoxys*, y se le encuentra entre los 3200 y 4600 m s. n. m., además se alimenta principalmente de insectos y de las secreciones azucaradas de *Gynoxys* y de otros árboles y arbustos.

Por otro lado, el hábitat pajonal es uno de los hábitats que caracteriza a la jalca peruana conformada mayormente por herbáceas; en este hábitat se registró 18 especies que representa el 33,33 % de la riqueza total (54 especies). Las especies registradas son típicas de la jalca del departamento de Cajamarca (Sánchez, 2006), y tuvo como especies terrestres más abundantes el Canastero Multilistado (*Asthenes flammulata*) y el Canastero de Garganta Rayada (*Asthenes humilis*). Además se registró 2 especies endémicas de Perú, el Tijeral de Corona Castaña (*Leptasthenura pileata*) y la Bandurrita Peruana (*Geocerthia serrana*) (Figura 8-86b y c) que fueron encontradas en pequeños arbustos en el hábitat pajonal; cabe señalar que estas especies son características de áreas arbustivas (Schulenberg *et al.*, 2010).

El hábitat roquedal, aledaño al pajonal, lagunas altoandinas y bofedal, presentó la mayor riqueza de especies, que representa el 59,25 % de la riqueza total (54 especies). En este hábitat se registró 3 especies endémicas de Perú (*Cranioleuca baroni*, *Geocerthia serrana* y *Microspingus alticola*) (Schulenberg *et al.*, 2010), y 6 especies de picaflores incluidas en el apéndice II de CITES (Figura 8-86d). Asimismo, este hábitat que se encuentra en pequeños parches con matorral es importante para la avifauna endémica y amenazada.





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



Handwritten blue ink marks and arrows pointing to the stamp.

Handwritten blue ink marks, possibly initials or a signature.



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.

En general, la riqueza de especies y abundancia de aves en las zonas de ecosistemas frágiles estuvo influenciada por los hábitats evaluados en cada zona. Los resultados muestran que las zonas de ecosistemas frágiles que presentaron la mayor riqueza, abundancia y diversidad fueron EF7 (microcuenca Milpo), EF8 (microcuenca La Chorrera) y EF12 (microcuenca Yanacocho), debido a que estas zonas albergaban la mayor diversidad de hábitats y presentaron áreas con cobertura arbustiva. Por el contrario, las zonas de ecosistemas frágiles que presentan la menor riqueza fueron EF5 (microcuenca Milpo) y EF9 (microcuenca Yanacocho), debido a que sólo se evaluó el hábitat laguna.

Solo las zonas evaluadas en la microcuenca Milpo (EF1, EF2, EF3, EF4 y EF5) se ubican cercanos a una fuente de perturbación antropogénica (vías de acceso, campamento).

Las especies registradas que se comparten en los hábitats son especies comunes de ecosistemas altoandinos en el norte de Perú, características de lagunas altoandinas, pajonal, bofedal, bosques relictos con áreas abiertas, áreas arbustivas y agroecosistemas (Schulenberg *et al.*, 2010).

Entre las especies importantes de avifauna por nivel de amenaza encontradas en el periodo de evaluación (febrero) y por presentar baja abundancia, tenemos a la Monterita de Cajamarca (*Microspingus alticola*) (Figura 8-86a), registrada en el hábitat roquedal, donde se reportó 2 individuos en la zona EF 12 (microcuenca Yanacocho) y 1 individuo capturado en red de niebla en la zona EF 7 (microcuenca Milpo). Esta especie es endémica de Perú y amenazada en la categoría En Peligro (EN) según la



legislación peruana y la IUCN a nivel internacional. Esta especie está restringida a una pequeña región de los Andes del oeste en el norte de Perú, entre los 3100 y 4600 m s. n. m., en las regiones de Cajamarca, La Libertad y Ancash (Schulenberg *et al.*, 2010). Esta especie ha sido reportada anteriormente en la línea base⁷¹.

La otra especie, el Zambullidor Plateado (*Podiceps occipitalis*), es una ave acuática considerada como Casi Amenazada según la legislación peruana (Decreto supremo N°004-2014-MINAGRI) (Figura 8-85b). Esta especie fue registrada en el cuerpo de agua de 6 lagunas con 22 individuos, de las 8 evaluadas, siendo la zona EF7 (laguna Muyoc), la que presentó mayor abundancia con 11 individuos; y la de menor abundancia fue en la zona EF5 (laguna Milpo) con 1 individuo. Asimismo en las zonas EF1 (laguna La Rinconada) y EF10 (laguna Kerosene) no hubo registro de esta especie.

Durante la evaluación se registró 10 especies incluidas en el Apéndice II de CITES (lista que regula su comercio y tráfico), que cumplen gran importancia ecológica; de las cuales, 7 corresponden a los picaflores que son polinizadores y 3 a rapaces diurnas que son carnívoros ubicados en lo alto de la cadena alimenticia. Los registros de estas especies en el área de estudio fueron de vital importancia por la riqueza que proporcionaron y por el equilibrio ecosistémico que generan.

El área de estudio se encuentra dentro de una zona biogeográfica de alto valor biológico y endemismo (Sánchez & Dillon, 2006), esto se observó reflejado en la diversidad de aves, encontrando 5 especies endémicas de Perú y 12 especies restringidas al bioma de los Andes Centrales. Los resultados de la presente evaluación ayudarán a completar la información de especies endémicas de la zona norte de Perú.

C. Mamíferos

Durante la evaluación para documentar la diversidad de mamíferos silvestres, se usaron dos metodologías, el censo por transecto y el uso de cámaras trampa.

Por medio de los censos por transectos se encontraron 14 evidencias (todas indirectas) pertenecientes a 5 especies de mamíferos; de ellos 2 evidencias pertenecieron al zorrino o añas (*Conepatus semistriatus*), 3 evidencias de vizcacha (*Lagidium viscacia*), 5 evidencias del zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), 3 evidencias del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y una (1) del conejo silvestre (*Sylvilagus brasiliensis*).

En la línea de base⁷² se registraron 3 especies de mamíferos, entre ellos el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) y la vizcacha (*Lagidium viscacia*). Estos resultados se obtuvieron a través de búsqueda visual y acústica (registros directos), así como de huellas (registros indirectos).

En otro estudio⁷³ realizado en el área de evaluación se utilizó 2 metodologías para documentar la diversidad de mamíferos, entre ellos el censo por transecto y las entrevistas. Para el caso del censo, recorrieron un transecto lineal de 100 m en donde

⁷¹ Cuarta Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración Minera El Galeno. Aprobado por Resolución Directoral N° 346-2014-MEM-DGAAM el 7 de julio de 2014

⁷² Evaluación Ambiental del Proyecto de Exploración "El Galeno" (categoría C), aprobado mediante R.D. N°049-2005-MEM/AAM

⁷³ Evaluación Ambiental del Proyecto de Exploración "El Galeno" (categoría C), aprobado mediante R.D. N°170-2007/MEM-AAM



registraron huellas, escarbados (rastros de alimentación), heces y pelos. En dicho estudio realizaron un esfuerzo de muestreo de 1100 m de censos y lograron registrar 2 especies de mamíferos, entre ellos la vizcacha (*Lagidium viscacia*) y el ratón de pelo suave (*Akodon mollis*). Por entrevistas, asumen que en el área evaluada se desarrollan las especies de fauna silvestre de los géneros *Dusicyon*, *Lagidium*, *Conepatus* y *Cavia*.

Asimismo, se realizó un compilado⁷⁴ de las especies de fauna registradas desde 2006 hasta 2010, y documentaron 9 especies de mamíferos; entre ellas el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), zorro andino (*Dusicyon culpaeus*), zorrino hocico de cerdo (*Conepatus semistriatus*), conejo o liebre amazónica (*Sylvilagus brasiliensis*), cuy silvestre (*Cavia tschudii*), vizcacha (*Lagidium viscacia*), ratón campestre de pelo suave (*Akodon mollis*), ratón campestre (*Akodon* sp.) y *Nephelomys* sp.

A diferencia de los estudios anteriores, en la presente evaluación se usaron cámaras trampa para el registro de mamíferos silvestres, por lo que se distribuyeron 10 cámaras en los diferentes hábitats del área de estudio. Dichas cámaras estuvieron activas por un periodo de 12 días, lo que permitió registrar de manera gráfica (fotos y videos) a las especies de mamíferos existentes en los ecosistemas frágiles y hábitats asociados.

Desde hace varios años el fototrampeo se ha convertido en una herramienta muy útil para el estudio de especies difíciles de observar directamente, como los grandes carnívoros y en general para el estudio de toda la biodiversidad (Díaz-Pulido & Payán Garrido 2012).

El esfuerzo de muestreo empleado por las cámaras trampa nos permitió registrar 5 especies de mamíferos; entre ellos el zorrino (*Conepatus semistriatus*), el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), la vizcacha (*Lagidium viscacia*), el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y el conejo silvestre (*Sylvilagus brasiliensis*) (Figura 8-87).

La especie con mayor número de registros, tanto en los censos por transectos y en las cámaras trampa, fue el cánido conocido localmente como zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), esta especie se distribuye a ambos lados de la cordillera de los andes (Guzmán, 2008) y habita en zonas de páramo y bosque andino entre los 2000 y 3700 m s.n.m. (Jorgenson *et al.*, 2006 in: Noguera-Urbano 2016).

Mediante el censo por transecto se registraron 5 observaciones de zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), de las cuales 2 ocurrieron en el transecto 7 (EF1), y en los transectos 2 (EF7), 4 y 5 (EF8) se registró una (1) observación para cada uno de ellos. Todas las observaciones corresponden a evidencias indirectas principalmente huellas y heces.

El registro del zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), por cámara trampa (Figura 8-87), ocurrió en las cámaras GALENO-03 (EF7), GALENO-05 Y GALENO-06 (EF8). Con este registró se confirmó que esta especie de carnívoro ocupa una gran variedad de hábitats (Beltrán –Ortiz, 2017) y no muestra preferencia solo por áreas con abundante cobertura vegetal (Trujillo & Trujillo, 2007 en: Beltrán –Ortiz, 2017), sino que también frecuenta áreas abiertas como los pastizales de puna y roquedales, que fueron los tipos de hábitats donde se instalaron las cámaras trampa.

74

Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración Minera "El Galeno" (categoría C), aprobado mediante R.D. N°365-2011-MEM/AAM y rectificada mediante R.D. N° 401-2012-MEM-AAM



Otro carnívoro registrado en las cámaras trampa fue el zorrino o añas (*Conepatus semistriatus*), esta especie es un pequeño carnívoro conocido en tres regiones disyuntas en el Neotrópico: desde el sur de México hasta la frontera occidental de Panamá, desde el norte de Perú hasta Venezuela, y en un área aislada en el este de Brasil (Esser *et al.*, 2012).

Esta especie se registró tanto en censos como en las cámaras trampa, en los censos se encontraron 2 evidencias, una (1) ocurrió en el transecto 4 y otra (1) en el transecto 5 (EF8); ambas observaciones corresponden a registros indirectos (rastros de alimentación), dichos transectos estuvieron ubicados en los hábitats matorral y césped. Por otro lado, los registros del zorrino o añas (*Conepatus semistriatus*) por las cámaras trampa ocurrieron en las cámaras GALENO-06 (EF8) y GALENO-10 (EF1), la primera cámara estuvo ubicada en un matorral cercano a la laguna Milpo a 3762 m s.n.m. y la segunda cámara estuvo instalada en una pequeña cueva ubicada en un roquedal a 4018 m s.n.m.

Esta especie de carnívoro hace uso de diferentes tipos de hábitats; en Brasil, la especie fue reportada desde el Cerrado y la Caatinga hasta las ecorregiones de tipo sabana y matorral a 500 m s.n.m (Noguiera *et al.*, 1998). En el sur de México (Medellín *et al.*, 1992 en: Esser, 2012) capturaron un macho adulto de *C. semistriatus* en una gran selva tropical primaria. En Venezuela, en un estudio con radiocollar una hembra de *C. semistriatus* pasó más del 60 % de su tiempo en bosques cerrados. Finalmente, en Panamá, todas las observaciones de *C. semistriatus* ocurrieron en paisajes perturbados, como bordes de bosques y claros junto a tierras agrícolas y plantaciones de café rodeadas por pastos y fragmentos de bosque secundario (Araúz, 2005 en: Esser, 2012). Los resultados de esta evaluación proporcionan nuevos datos sobre el uso de hábitats de la especie y su distribución de acuerdo a pisos altitudinales.

El único roedor registrado, tanto en censos como en las cámaras trampa, fue la vizcacha (*Lagidium viscacia*); esta especie es un roedor de aproximadamente 2 kg que se distribuye en hábitats rocosos desde el sur del Perú, a lo largo de la cordillera de los Andes, hasta el centro-sur de Chile y Argentina (Redford & Eisenberg, 1992 en: Galende, 2002). A través de los censos, en el transecto 3 (EF8) se reportó 2 registros y en el transecto 7 (EF1) se reportó un (1) registro.

Los registros de la vizcacha (Figura 8-87) ocurrieron en las cámaras trampa GALENO-02, GALENO-03 (EF8) y GALENO-10 (EF1), las cámaras estuvieron instaladas en cuevas ubicadas en los roquedales cercanos a la laguna Lipiac y parte alta del bofedal Guagayoc. De acuerdo a Pearson (1948 en: Tarifa *et al.*, 2004), este tipo de hábitat es esencial para las vizcachas porque les provee de sitios seguros para asolearse, descansar, hacer nidos y refugiarse de predadores. La presencia de rocas ha sido destacada como un recurso crítico y se ha considerado a las vizcachas como especialistas de hábitats rocosos. Es importante mencionar, que durante la evaluación no se observaron especímenes de vizcacha de manera directa.

En esta evaluación también se reportó a uno de los grandes herbívoros silvestres, conocido localmente como venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*), por medio de los censos y por las cámaras trampa. Los registros por censos ocurrieron en los transectos 1, 2 (EF7) y 5 (EF8); ubicados en roquedales, césped y matorral. Esta especie de la familia Cervidae, se distribuye en el sur de Canadá, Estados Unidos, por toda América Central, Venezuela, Colombia, Perú y el norte de Brasil (Flores-Arenillas *et al.*, 2013).



Vertical handwritten signature in blue ink.



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

Esta especie de cérvido también fue reportado al norte de la zona de evaluación, en los bosques nublados y páramos del Bosque de Protección Pagaibamba (Jiménez *et al.*, 2010). Esta especie de cérvido es considerado como una especie de gran plasticidad adaptativa, tolerante a las actividades humanas y se presenta en áreas altamente perturbadas como zonas agrícolas y ganaderas (Flores-Arenillas *et al.*, 2013).



Handwritten signature and vertical text: G. T. S. M.



Figura 8-87. Especies registradas en la evaluación: 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



9. CONCLUSIONES

9.1 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 Pulluicana (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 (Ti-ma), 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 filtra 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.

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



1
An
A
A
S
H



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 desciende 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.



9.1.1 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 Pulluicana (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 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



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

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-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



Handwritten signature and vertical text in blue ink.



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 Orthocladiinae (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.

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.

9.1.2 Microcuenca de la quebrada Yanacocha

Los 7 afloramientos evaluados en la microcuenca de la quebrada Yanacocha 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 Yanacocha 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 Chimú (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 Yanacocha fue ácido y no registró cambio en su facie sulfatada-bicarbonatada cálcica y sulfatada cálcica; sin embargo, presentó 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.

9.1.3 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). 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 Haptotaxidae 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* (Rotífera), 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 *Ectemnostega* (Hemiptera), característico de ambientes con calidad regular, fue dominante en ambos puntos (HIB-LSeca1 y HIB-LSeca2); y el taxa Chironominae (Chironomidae, 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



Handwritten signature and vertical text on the left margin.



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

alumínica y sulfatada alumínica, 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 (Cu²⁺), 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 ficoperifiton, 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 vegetación riparia determinaron una calidad hidromorfológica mala para este punto. En consecuencia, este punto presentó una calidad ecológica mala.

Handwritten notes and a circular stamp on the left margin. The stamp contains the text: "ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - WASHINGTON SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA". Below the stamp are several handwritten marks, including a large blue checkmark and a vertical list of letters: "l", "M", "A", "T", "S", "H".



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.

9.1.4 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 algunos 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* (queuñal); 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, confirmándose 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 *Alotanytus*, 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.

9.2 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 queuñal), 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 queuñal 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 queuñales. Por otro lado, las zonas más diversas se encontraron en la microcuenca Milpo (EF7, EF2 y EF3).



MASH

MASH



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 queuñal 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.

9.3 Fauna Silvestre

9.3.1 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 stigmosus* 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 stigmosus* 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.

9.3.2 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 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



Handwritten blue ink marks on the left margin, including a vertical line with an arrow pointing up, a checkmark, and several other scribbles.



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.

9.3.3 Mamíferos

Con 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.

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.

10. RECOMENDACIÓN

10.1 Agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas

Aprobar el informe de la evaluación ambiental 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 a la Dirección de Supervisión Ambiental en Minería y Energía para los fines que se estimen convenientes.

10.2 Flora Silvestre

Establecer un plan de monitoreo de los bofedales, lagunas y vegetación asociada a estos ecosistemas mediante imágenes satelitales de alta resolución en el área de influencia del del PM El Galeno.

10.3 Fauna Silvestre

• Anfibios y reptiles

Se recomienda aplicar un plan de monitoreo constante para las especies de anfibios y reptiles que se encuentren bajo alguna categoría de amenaza (*Pristimantis simonsii*, *Pristimantis simonsii* y *Petracola ventrimaculata*), de manera que sus poblaciones no se vean afectadas por las futuras actividades del proyecto minero El Galeno.

Realizar monitoreos ambientales en aquellas zonas de ecosistemas frágiles donde se presentaron valores altos de riqueza y abundancia de anfibios y reptiles, como las pertenecientes a las microcuencas La Chorrera y Yanacochoa.

Complementar la información obtenida en esta evaluación con datos de la temporada seca, lo cual permitiría tener visión más completa acerca de las abundancias de las poblaciones de anfibios y reptiles presentes en el área.



Handwritten signature and initials in blue ink.



- **Aves**

Se recomienda desarrollar un plan de monitoreo para las especies de aves endémicas de Perú y aquellas que se encuentran bajo alguna categoría de amenaza (*Microspingus alticola* y *Podiceps occipitalis*), de manera que sus poblaciones no se vean afectadas por las futuras actividades del proyecto El Galeno.

Se recomienda que los fragmentos de áreas arbustivas en el área de estudio en lo posible se conserven debido que albergan a la especie En Peligro y especies endémicas de Perú.

Se recomienda realizar monitoreos ambientales periódicos de aquellos ecosistemas frágiles donde se presentaron valores altos de riqueza y abundancia de aves, en el caso de las lagunas (Muyoc, Yanacocha y Lipiac), y los ecosistemas frágiles Colorespondientes a la Microcuenca La Chorrera, Yanacocha y Milpo.

Se recomienda complementar la información obtenida de esta evaluación con datos de la temporada seca, lo cual permitiría conocer la estacionalidad de las especies de aves.

- **Mamíferos**

Realizar monitoreos ambientales en aquellas zonas de ecosistemas frágiles donde se presentaron valores altos de riqueza y abundancia de mamíferos.

11. ANEXOS

Anexo A: Informe del plan de evaluación ambiental (Informe N.º 179-2018-OEFA-DEAM-STEC)

Anexo B: Informe de la evaluación ambiental temprana (informe EAT 2017 N° 093-2017-OEFA-DE-SDCA-CMVA)

Anexo C: Reporte de campo

Anexo D: Reporte de resultados

Anexo E: Agua superficial y afloramientos

Anexo E.1: Mapa de ubicación de los puntos (2017 y 2018)

Anexo E.2: Resultados

Anexo E.2.1: Error de balance iónico

Anexo E.2.2: Facies hidroquímicas

Anexo E.2.3: Clasificación geoquímica

Anexo E.2.4: Análisis multivariado

Anexo E.2.5: Valores de potencial electrónico (pe)

Anexo E.2.6: Resultados del análisis *phreeqc*



Anexo F: Sedimentos

Anexo F.1: Mapa de ubicación de los puntos (2017 y 2018)

Anexo G: Comunidades hidrobiológicas

Anexo G.1: Mapa de ubicación de los puntos (2017 y 2018)

Anexo G.2: Resultados

Anexo H: Flora y fauna silvestre

Anexo H.1: Reporte de campo

Anexo H.2: Reporte de resultados

Anexo I: Caracterización hidrológica de afloramientos 2018

Anexo J: Participación ciudadana

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**Agua y Sedimentos**

- Alonso, M. (1998). Las Lagunas de la España Peninsular. *Limnetica*, 1-176.
- Agarwal, A., Singh, R., Mishra, S., & Bhunya, P. (2005). ANN-based sediment yield models for Vamsadhara river basin (India). *Water S.A.*, 31(1), 95-100.
- ANA-A. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos*. Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA, Autoridad Nacional del Agua (ANA), Lima-Perú.
- ANA-B. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental*. Resolución Jefatural N.º 004-2017-MINAM, Autoridad Nacional del Agua (ANA), Lima-Perú.
- ANA-C. (2018). *Clasificación de los Cuerpos de Aguas Continentales Superficiales*. Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA, Autoridad Nacional del Agua (ANA), Lima-Perú.
- American Public Health Association, A. W. (2012). 1030 E. Checking Analyses' Correctness. En R. B. Eugene W. Rice (Ed.), *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater* (22 nd ed., pág. 1-24). United States of America.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life for Fresh Water (CEQG-SQG) - Summary tables, update 2002. Quebec: Canada. Dicha guía fue actualizada en el 2014, según la siguiente web: <http://st-ts.ccme.ca/en/index.html?lang=en>.
- Custodio Gimena, E., & Llamas Madurga, M. (1976). El análisis químico. En *Hidrología Subterránea* (2da ed., pág. 1157). Barcelona: Omega.
- Domenech, X., & Peral, J. (2006). *Química ambiental de sistemas terrestres*. Barcelona, España: Reverté.



- EPA. (2006). *Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners*. Environmental Protection Agency (EPA), Office of Environmental Information, Whashington, DC 20460.
- EPA. (2014). Project Quality Assurance and Quality Control - Glossary. *Test Methods for Evaluating Solid Waste: Physical/Chemical Methods Compendium (SW-846), 2, Update V, 14*. United States of America: Environmental Protection Agency (EPA). Recuperado el 01 de agosto de 2018, de <https://www.epa.gov/hw-sw846/chapter-one-sw-846-compendium-project-quality-assurance-and-quality-control>
- Farnham, I. M., Singh, A. K., Stetzenbach, K. J., & Johannesson, K. H. (2002). Treatment of nondetects in multivariate analysis of groundwater geochemistry data. *Chemometrics and Intelligent laboratory systems, 60*(1-2), 265-281. doi:10.1016/S0169-7439(01)00201-5.
- Ficklin, W., Plumlee, G., Smith, K., & McHugh, J. (1992). Geochemical classification of mine drainages and natural drainages in mineralized areas. (Y. Kharaka, & A. Maes, Edits.) *Proceedings of water-rock interaction no 7, Vol I. Balkema, Rotterdam*, 381-394.
- Geladi, P., Manley, M., & Lestander, T. (2003). Scatter plotting in multivariate data analysis. *Journal of Chemometrics, 17*(8-9), 503-511. doi:10.1002/cem.814.
- Helsel, D. R. (2012). *Statistics for Censored Environmental Data Using Minitab and R*. Hoboken, New Jersey, United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- James, C. N., Copeland, R. C., & Lytle, D. A. (2004). Relationship between Oxidation-Reduction Potential, Oxidant, and pH in Drinking Water. 13. Cincinnati, United States of America: WQTC Conference.
- Kannel, P. R., Lee, S., Kanel, S. R., & Khan, S. P. (2007). Chemometric application in classification and assessment of monitoring location of an urban river system. doi:10.1016/j.aca.2006.09.006.
- Kowalkowski, T., Zbytniewski, R., Szejna, J., & Buszewski, B. (2006). Application of chemometrics in river water classification. *Water Research*(40), 744-752. doi:10.1016/j.watres.2005.11.042.
- Lewis, D. W., & McConchie, D. (2012). *Practical Sedimentology* (2nd ed.). (S. S. Media, Ed.) London, United Kingdom: Springer-Verlag.
- Lumina, C. (2005). Evaluación Ambiental del Proyecto de Exploración "El Galeno" (Categoría C). Lima: R.D. N.º 049-2005-MEM/AAM.
- Lumina, C. (2007). Evaluación Ambiental del Proyecto de Exploración Minera El Galeno (Categoría C). Lima: R.D. N.º 170-2007 MEM-AAM.
- Lumina, C. (2009). Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración Minera "El Galeno". Lima: R.D. N.º 214-2009-EM/AMM.



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

- Lumina, C. (2010). Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración Minera "El Galeno". Lima: R.D. N.º 054-2010-MEM/AAM.
- Lumina, C. (2012). Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración Minera "El Galeno" (Categoría II). R.D. N.º 365-2011-MEM/AAM y Rectificada mediante R.D. N.º 401-2012-MEM-AAM.
- Lumina, C. (2013). Informe Técnico Sustentatorio Ampliación del Cronograma Tercera Modificación de EIASd. Lima: R.D. N.º 493-2013-MEM-AMM.
- Lumina, C. (2014). Cuarta Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración Minera "El Galeno". Lima: R.D. N.º 346-2014-MEM- DGAAM y rectificada mediante R.D. N.º 514-2014- MEM-DGAAM.
- Lumina, C. (2017). Primer Informe Técnico Sustentatorio de la IV Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado Categoría II de las actividades de exploración "El Galeno". Lima: Resolución Directoral N.º 253-2017-MEM-DGAAM.
- (MECCS), M. d. (2013). PART A. Quality Control and Quality Assurance. Field Sampling Manual, 26. British Columbia, Canada: Ministry of Water, Land and Air Protection. Recuperado el 01 de agosto de 2018, de https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/research-monitoring-and-reporting/monitoring/emre/bc_field_sampling_manual_part_a.pdf.
- Nordstrom, D., Blaine McCleskey, R., & Ball, J. (2009). Sulfur geochemistry of hydrothermal waters in Yellowstone National Park: IV Acid-sulfate waters. *Applied Geochemistry*, 24, 191-207.
- Prakash Raj Kannel, S. L. (2007). Chemometric application in classification and assessment of monitoring locations of an urban river system. *Analytica Chimica Acta*, 582(2), 390-399. doi:10.1016/j.aca.2006.09.006.
- Ramis Ramos G., C. G.-C. (2001). *Quimiometría*. Madrid, España: Síntesis.
- Rivera Cornejo, R. (2007). Características Metalogénicas de los Yacimientos Asociados al Volcanismo Cenozoico (Grupo Calipuy) en el Norte de Perú, Región Cajamarca. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Dirección de Recursos Minerales y Energéticos, Lima.
- Roldán Pérez, G., & Ramírez Restrepo, J. J. (2008). Fundamentos de limnología netropical (2da ed.). Medellín, Colombia: Universidad de Antioquía.
- Shrestha S., Kazama F. (2007). Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. *Environmental Modelling & Software*, 22(4), 464-475. doi:10.1016/j.envsoft.2006.02.001.
- StatSoft. (2014). *STATISTICA (data analysis software system)*. Recuperado el Agosto de 2018, de www.statsoft.com.



Handwritten signature and initials in blue ink.



- Strigrow, B. (2017). *Field Measurement of Oxidation-Reduction Potential (ORP). Operating Procedure*, U.S Environmental Protection Agency, Science and Ecosystem Support Division, Georgia.
- U.S Geological Survey (USGS). (2015). *Protocolo National Field Manual for the Collection of Water-Quality*.
- Wang YB, L. C. (2015). Characterization and risk assessment of PAH-contaminated river sediment by using advanced multivariate methods. *Science of the Total Environment*, 524-525, 63-73. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.04.019.



Comunidades hidrobiológicas

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 035-64.
- Barragán, M. F., Tamaris-Turizo, C. E., & Rúa-García, G. A. (2017). Comunidades de insectos acuáticos de los tres flancos de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Biota Colombiana*, 17(2), 47-61.
- Betancur González, E. M., Ruales, C. A. D., & Gutiérrez, L. A. (2016). Diversidad del perifiton presente en un sistema de producción de tilapia en biofloc. *Revista Lasallista de Investigación*, 13(2), 163-177.
- Buenaño, M., Vásquez, C., Zurita-Vásquez, H., Parra, J., & Pérez, R. (2018). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador. *Intropica*.
- Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22: 361-369.
- Castro, R & L, Casatti (1997). The fish fauna from a small forest stream of the upper Paraná River basin, southeastern Brazil. *Ichthyo. Expl. Freshwaters*, 7, 337-352.
- Clarke, K. R. & Gorley, R. N. (2006). *Primer v6 Permanova+*. Primer-E Ltd., Plymouth, UK.
- Crisci, J.V.; López Armengol, M.F. (1983). *Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica*. Washington, DC: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, OEA, Serie de Biología.
- Custódio, M., Villasante, S., Cremades, J., Calado, R., & Lillebø, A. I. (2017). Unravelling the potential of halophytes for marine integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) a perspective on performance, opportunities and challenges. *Aquaculture Environment Interactions*, 9, 445-460.
- De la Lanza E. G., & Pulido, S. H. (2000). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. Plaza y Valdés.



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

- Encalada A.C., Rieradevall M., Ríos Touma B., García, N. y N. Prat. (2011). Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERAS-S). Quito: USFQ, UB, AECID, FONAG.
- Gamboa, M., Reyes, R., & Arrivillaga, J. (2008). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y salud ambiental*, 48(2), 109-120.
- Giacometti, J., & Bersosa, F. (2006). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. *Boletín Técnico*, 6, 17-32.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological statistics Software (Version 3.15) [Software]. Disponible desde: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>
- Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. (2010). Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58, 3-37.
- Jorcin, A., & Nogueira, M. G. (2008). Benthic macroinvertebrates in the Paranapanema reservoir cascade (southeast Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, 68(4), 1013-1024.
- Jørgensen, S. E. (Ed.). (2009). *Ecosystem ecology*. Academic press.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos* 113, 363-375.
- Li L., Zheng B. y Liu L. (2010). Biomonitoring and bioindicators used for river ecosystems: definitions, approaches and trends. *Procedia Environ. Sci* 2. 1510 – 1524.
- Liévano, A. & Ospina, R. (2007). *Guía ilustrada de los macroinvertebrados acuáticos del río Bahamón*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Lopez-Rodriguez, C., Leira Campos, M., & Carballeira Coego, R. (2016). Phycological biodiversity at the Natural Park Serra da Enciña da Lastra (Ourense, Spain).
- Lorenzen, C. J. (1967). DETERMINATION OF CHLOROPHYLL AND PHEOPIGMENTS: SPECTROPHOTOMETRIC EQUATIONS 1. *Limnology and oceanography*, 12(2), 343-346.
- Lumina, C. (2017). Primer Informe Técnico Sustentatorio de la IV Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado Categoría II de las actividades de exploración "El Galeno". Lima: Resolución Directoral N.º 253-2017-MEM-DGAAM.
- Madera, L. C., Angulo, L. C., Díaz, L. C., & Rojano, R. (2016). Evaluación de la Calidad del Agua en Algunos Puntos Afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación. *Información tecnológica*, 27(4), 103-110.



- Mann, K. H. (1991). Organisms and ecosystems. *Fundamental of Aquatic Ecology*, 1-26.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Barcelona: Omega
- Mariano-Astocóndor, M. (2001). Composición y estructura de la comunidad fitoplanctónica en la laguna Tranca Grande (Junín, Peru). *Revista Peruana de Biología*, 8(2), 114-124.
- Marmorek, D. R., & Korman, J. (1993). The use of zooplankton in a biomonitoring program to detect lake acidification and recovery. *Water, Air, and Soil Pollution*, 69(3-4), 223-241.
- Martínez García, N. (2010). Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del Balneario Hurtado, Río Guatapurí, Valedupar-Cesar. *Trabajo de grado para optar al título de especialista en química ambiental. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.*
- Martins, F. S. T. (2017). Seasonal dynamics of macroinvertebrates communities in alpine ponds.
- Molina, C. I., Gibon, F. M., Pinto, J., & Rosales, C. (2008). Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino de la Cordillera Real, Bolivia: variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales. *Ecología aplicada*, 7(1-2), 105-116.
- Moreno, D. P. F., Manzano, J. Q., & Cuevas, A. L. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *ContactoS*, 78, 25-33.
- Moreno, C. E., Barragán, F., Pineda, E., & Pavón, N. P. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82(4), 1249-1261.
- Moreno, Y. M., & Aguirre, N. (2013). Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia. *Gestion y ambiente*, 16(3), 91-117.
- Moya, N., Gibon, F. M., Oberdorff, T., Rosales, C., & Domínguez, E. (2009). Comparación de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos intermitentes y permanentes del altiplano boliviano: implicaciones para el futuro cambio climático. *Ecología aplicada*, 8(1-2), 105-114.
- Muñoz, E., Mendoza, G., & Valdovinos, C. (2001). Evaluación rápida de la biodiversidad en cinco sistemas lénticos de Chile central: macroinvertebrados bentónicos. *Gayana (Concepción)*, 65(2), 173-180.
- Norris, R. H., & Hawkins, C. P. (2000). Monitoring river health. *Hydrobiologia*, 435(1-3), 5-17.
- Ortega-Murillo, M. D. R. (2015). El perifiton de la subcuenca del río Cupatizío, Michoacán, México. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, 16(2), 1-12.



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

- Peet, R. K. (1974). The measurement of species diversity. *Annual review of ecology and systematics*, 5(1), 285-307.
- Pennak, R. W. *Freshwater invertebrates of United States*. 1978 John Wiley and sons. *New York*.
- Pereira, A. P. S., do Vasco, A. N., Britto, F. B., Júnior, A. V. M., & de Souza Nogueira, E. M. (2011). Biodiversidade e estrutura da comunidade zooplancônica na Subbacia Hidrográfica do Rio Poxim, Sergipe, Brasil. *Revista Ambiente e Água*, 6(2).
- Pérez, G. R. & Restrepo, J. J. R. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical* (Vol. 15). Universidad de Antioquia.
- Pielou, E. C. (1975). Ecological diversity (No. 574.524018 P5).
- Pringle, C.M., F.N. Scatena, P. Paaby-Hansen & M. Nuñez-Ferrera. (2000). River conservation in Latin America and the Caribbean, p 39-75. *In* P.J. Boon & G.E. Petts (eds.). *Global perspectives on river conservation: science, policy and practice*, John Wiley and Sons, Nueva York, EEUU.
- Rada, F. (2005). Indicadores fisicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del Lago Titikaka (Bolivia). *Ecología aplicada*, 4(1-2), 135-141.
- Ramírez, J. J. (1987). Contribución al conocimiento del las condiciones limnológicas de la laguna del Parque Norte. *Actualidades Biológicas*, 16(59), 12-30.
- Ríos-Touma, Blanca; Acosta, Raúl; Prat, Narcís. (2014). The Andes families and index performance evaluation. *Revista de Biología Tropical*, Abril, 249-273.
- RIVERA-USME, J. J., Pinzon, D. L. C., & BOTERO, A. B. (2008). Estructura numérica de la entomofauna acuática en ocho quebradas del departamento del Quindío-Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 13(2), 133-146.
- Roldán, G. (1992). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Edit. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia 529 p.
- Roldán, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 23(88): 375-387.
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia. Uso del Método BMWP/Col. Medellín, Colombia: Ed Universidad de Antioquia.
- Roldán, G., & Ramírez, J. J. (2008). *Limnología neotropical*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Roldán, G., M. del C. Zuñiga, H. Zamora, L. Álvarez, G. Reinoso y M. Longo. (2014). Colombia. Capítulo 2. Pp: 63-116. *En*: Alonso-Eguáalis, P., Mora, J. M., Campbell, B., & Springer, M. (Eds.). (2014). *Diversidad, conservación y uso de los macroinvertebrados dulceacuícolas de México, Centroamérica, Colombia, Cuba y*



Puerto Rico. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Universidad Autónoma de Querétaro.

- Schindler, D. W. (1991). Lakes and oceans as functional wholes. *Fundamentals of aquatic ecology*, 91-107.
- Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental pollution*, 100(1-3), 179-196.
- Sokal, R. R. & Michener, C. D. (1958). A statistical method for evaluating systematic relationships. *U. Kansas Sci. Bull.*, 38, 1409-1438.
- Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) - Museo de Historia Natural (MHN) y Ministerio del Ambiente (Minam). 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. LIMA, PERU. / Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología, Lima: Ministerio del Ambiente. 75 p.
- Van Dam, H., Mertens, A., & Sinkeldam, J. (1994). A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Aquatic Ecology*, 28(1), 117-133.
- Zúñiga, M. D. C., Cardona, W., Cantera, J., Carvajal, Y., & Castro, L. (2009). Bioindicadores de calidad de agua y caudal ambiental. *Caudal ambiental: conceptos, experiencias y desafíos*, 1.
- Zúñiga, M. D. C. (2010). Diversidad, distribución y ecología del orden Plecoptera (Insecta) en Colombia, con énfasis en Anacroneuria (Perlidae). *Momentos de Ciencia*, 7(2).

Flora silvestre

- Bascopé, S. Francisco. & Jørgensen, Peter M. Caracterización de un bosque montano húmedo: Yungas, La Paz. *Ecología en Bolivia*, 2005. Vol. 40, nº 3, p. 365-379.
- Cerrate, Emma. Vegetación del Valle de Chiquian, 1979 (Provincia de Bolognesi) (Departamento de Ancash). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.
- Cerrate, Emma. Manera de preparar Plantas para el Herbario. Museo de Historia Natural, Serie de Divulgación, N°1. 1969. 10 p.
- CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2017.
- Clench, H. How to make a regional list of butterflies: some thoughts. *Journal of the Lepidopteran society*, 1979. N° 33, p. 216-231.
- Ferreyra, Ramón. A revision of the Peruvian species of *Monnina* (Polygalaceae). *J. Arnold Arbor*. 1946. Vol. 27, N.º 2, p. 123-167.



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

- Flores, Arturo. "Las Praderas Nativas del Perú" 1992. Malpartida y San Martín *Manual de Forrajes para Zonas Áridas y Semiaridas Andinas*. Lima. Red de Rumiantes Menores. pp 55-124.
- Flores, Mercedes, José ALEGRÍA y Arturo GRANDA. Diversidad Florística Asociada a las lagunas andinas Pomacocha y Habasocha, 2005. Junín, Perú. Rev. Peru. biol. 12(1): 125-134. Facultad de Ciencias Biológicas - UNMSM.
- Flores, Arturo y Efraín MALPARTIDA. Manejo de praderas nativas y pasturas en la región altoandina del Perú, tomo I. Lima 1987: Banco Agrario, Fondo del Libro.
- Revisión del género *Onoseris*. J. Arnold Arbor. 1944. Vol. 25 n° 3, p. 349-395.
- The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 01 June 2018.
- León, Blanca; Roque, José; Ulloa-Ulloa, Carmen; Pitman, Nigel; Jorgensen Peter M. Y Cano, Asunción. El libro rojo de las especies endémicas del Perú. Rev. per. Biol. 2007. Número especial vol. 13, n° 2, 971 p.
- Macbride, J. Francis. et al. Flora of Peru. Botanical Series. Field Museum of Natural History. Botanical Series. Chicago. 1936 y siguientes.
- Matteucci, S. D & A. Colma. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Monografía Científica N° 22, Serie de Biología, Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington DC.
- Molau Ulf. The genus *Bartsia* (Scrophulariaceae-Rhinanthoideae). Opera Bot. 1990. n° 102, p 1-99.
- Mostacero, J. L., Rosa RAMÍREZ y Freddy MEJÍA. Caracterización biológica y química de los humedales altoandinos de la Libertad, Perú, 2008. Rebiol. Vol. 28, N.º2.
- Odum, E. 1972. *Ecología*. Editorial Interamericana. México. 639 pp.
- ONERN Inventario y Evaluación de los recursos naturales de la zona altoandina del Perú (reconocimiento) Departamento de Huancavelica 1984. Volumen I. Lima.
- Sagástegui, Abundio. Y Leiva, Salvador. Flora invasora de los cultivos del Perú. 1nd ed. Trujillo, Editorial Libertad EIRL. , 1993. 539 p.
- Soberón, J. & Llorente, J. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. Conserv. Biol. 1993. Vol 7, p. 480-488.
- Salvador, F y Asuncion CANO. "Lagunas y oconales: los humedales del trópico andino". *Cuadernos de biodiversidad*. Universidad de Alicante, 2002. Centro Iberoamericano de la Biodiversidad. N° 11 pp. 4-9.
- Tovar, Oscar. 1973. "Comunidades Vegetales de la Reserva Nacional de Vicuñas de Pampa Galeras, Ayacucho, Perú". Publicaciones del Museo de Historia Natural "Javier Prado". Botánica Serie B N° 27. Lima.





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

- Tovar, Oscar. 1993. Las gramíneas (Poaceae) del Perú. Ruizia. 1993, vol. 13, pp. 480.
- Villarreal, H; Álvarez, M; Córdoba, S; Escobar, F; Fagua, G; Gast, F; Mendoza, H; Ospina, M; Umaña, M. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventario de biodiversidad. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, CO. 236 p.
- Weberbauer, Augusto. El Mundo Vegetal de los Andes Peruanos. Estudio Fitogeográfico. Lima, Edit. Lumen. Ministerio de Agricultura, 1945. 776p.
- Mostacedo, B y Fredericksen, Todd S. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOS). Santa Cruz- Bolivia, Ed. El País, 2000. 92 p.
- Whittaker, R. 1975. Communities and Ecosystems. Macmillan Publishing Co., Inc, New York. 385 pp.
- SMITH, Alan R.; PRYER, Kathleen M.; SCHUETTPELZ, Eric; et al. A classification for extant ferns. Taxon. 2006, vol. 55, nº 3, p. 705-731.
- Shannon, Claude E. 1948. "A Mathematical Theory of Communication". Bell System Technical Journal 27 (3): 379-423.
- Cuadras, M. (2014). Nuevos Métodos de Análisis Multivariante. Barcelona: CMC Editions.
- Atayupanqui F. V. (1987). Caracterización de bofedales y selectividad de alpacas en dos sitios diferentes en el Sur de Perú Proyecto de desarrollo de la crianza de alpacas (No. RISPAL-0264). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima (Perú) Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura-IVITA, Lima (Perú). Centro de Investigaciones Centro de Investigación Científica de Camélidos Sudamericanos, Lima (Perú) Cooperación Técnica Suiza, Lima (Perú).
- Canales, C. & Tapia M. (1987) Producción y Manejo de Forrajes en los Andes del Perú (Production and Management of Forage in the Peruvian Andes). Proyecto Investigación de los Sistemas Agropecuarios Andinos, PISA (INIPA, CIID, ACDI), Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga, Lima, 304 pp. (in Spanish).
- Garcia, E. & S. G. Beck. 2006. Puna, pp. 51-76. En: M. Moraes, B. Øllgaard, L. P. Kivst, F. Borchsenius, & H. Balslev (eds.). Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Nacional Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Gentry, A. H. 1993. Overview of Peruvian Flora. In Brako, L. & J. Zarucchi, Catalogue of Flowering Plants and Gymnosperms. Missouri Botanical Garden, Monographs in Systematic Botany 45: 29-39.
- Cano, A. y N. Valencia. 1992. Composición Florística de los Bosques Nublados Secos de la Vertiente Occidental de los Andes Peruanos. En: Young, K. y N. Valencia (Eds.), Biogeografía, Ecología y Conservación del Bosque Montano en el Perú. Memorias del Museo de Historia Natural, UNMSM (Lima), 21: 171-180.



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

- Brako, L. y J. Zarucchi. 1993. Catálogo de las Angiospermas y Gymnospermas del Perú. Missouri Botanical Garden, Monographs in Systematic Botany, 45: 1-1286.
- Monasterio, M. 1980. Las formaciones vegetales de los páramos de Venezuela. En: Monasterio, M. (Ed). Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos. Editorial de la Universidad de Los Andes, Mérida, pp. 93-158.
- Luteyn, J. L. 1999. Páramos. A checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature. Mem. New York Bot. Gard. 84: 1-278.
- Tovar, O. 1983. Las gramíneas (Poaceae) del Perú. Ruizia 13: 1-480.
- Tryon, R.M. & R.G. Stolze. 1989a. Pteridophyta of Peru. Parte I. Ophioglossaceae-Cyatheaceae. Fieldiana Botany N.S. 20: 1-145.
- Sánchez, V. I. & M. Dillon. 2006. Jalcas. En: Ed. M. Moraes et al. Botánica Económica de los andes Centrales. La Paz - Bolivia. pp 77 - 90.

Anfibios y Reptiles

- AmphibiaWeb. (2018). <<https://amphibiaweb.org>> University of California, Berkeley, CA, USA. accessed 25 June 2018.
- Baev, P. V., & Penev, L. D. (1995). BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. *Pensoft*, Sofia, Bulgaria.
- Chao, A., Ma, K. H., and Hsieh, T. C. (2016) iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. Program and User's Guide published at http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/.
- CITES (2017). Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. <<https://www.cites.org>> Downloaded on 01 June 2018
- Clarke, K. R. & Gorley, R. N. (2006). PRIMER v6: User Manual/Tutorial. Plymouth: PRIMER-E.
- Colwell, R. K., Chao, A., Gotelli, N. J., Lin, S. Y., Mao, C. X., Chazdon, R. L., & Longino, J. T. (2012). Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of plant ecology*, 5(1), 3-21.
- Crump, M. & Scott, L. (1994). Visual Encounter Survey. En: Measuring and Monitoring Biological Diversity, Standard Methods for Amphibians. Heyer, W. R., Donnelly, M.A
- Duellman, W. E., & Trueb, L. (2015). Marsupial frogs: Gastrotheca and allied genera. *JHU Press*.
- Echevarría Espinosa, L. Y. (2014). Revisión del estado actual de la taxonomía de *Petracola ventrimaculatus* (Boulenger, 1900) utilizando evidencias morfológicas y



Handwritten notes in blue ink, including a vertical line of checkmarks and the word 'Caudal' written vertically.



ecológicas. Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Agraria La molina, Lima, Perú.

- Frost, D.R. (2018). Amphibian species of the world: an online reference. Versión 6.0. Museo Americano de Historia Natural. Nueva York, <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>.
- García, A. & Cabrera-Reyes. A. (2008). Estacionalidad y estructura de la vegetación en la comunidad de anfibios y reptiles de Chamela, Jalisco, México. *Acta zoológica mexicana*, vol. 24, no 3, p. 91-115.
- Gosner, K. L. (1960). A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica*, 16(3), 183-190.
- Hammer, O., D.A.T. Harper & P.D. Ryan. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontological Electronica* 4 (1):9.pp. Disponible en http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- IUCN (2018). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-1. <<http://www.iucnredlist.org>>. Downloaded on 01 June 2018
- Kizirian, D., Bayefsky-Anand, S., Eriksson, M. y Donnelly, M. (2008). A new Petracola and a re-description of *P. ventrimaculatus* (Squamata: Gymnophthalmidae). *Zootaxa*, 1700: 53- 62
- Krebs, Ch. (1989). *Ecological Methodology*. Harper and Row Publishers, New York. 654 pp.
- Lehr, E., & Duellman, W. E. (2009). Terrestrial-breeding frogs (Strabomantidae) in Peru. *Natur und Tier Verlag*.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Ministerio del Ambiente (MINAM) (2015). Guía de inventario de la fauna silvestre. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima, Perú. 83 pp.
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) (2014). Actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre, aprobada mediante Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI.
- Navas, C. A. (1996). The effect of temperature on the vocal activity of tropical anurans: a comparison of high and low-elevation species. *Journal of Herpetology* 30: 488-497
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M & T - Manuales y Tesis SEA, vol 1, Zaragoza, 84 pp.
- Peet, R. K. (1974). The measurement of species diversity. *Annual review of ecology and systematics*, 5(1), 285-307.



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

- Peters, J. A. & Donoso-Barros, R. (1970). Catalogue of the Neotropical Squamata: Part II. Lizards and Amphisbaenians. *Bulletin of the United States National Museum*, 297: 1-293.
- Rodríguez, L. O., Córdova, J. H. & Icochea, J. (1993). Lista preliminar de los anfibios del Perú. *Publicaciones del Museo de Historia Natural. UNMSM (A)* 45: 1-22.
- Sánchez, I. & M. O. Dillon. 2006. Jalcas. En: *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. Pág. 77-90.
- Torres-Carvajal, O. (2007). Phylogeny and biogeography of a large radiation of Andean lizards (Iguania, Stenocercus). *Zoologica Scripta*, 36(4), 311-326.
- Wells, K. D. (2010). The ecology and behavior of amphibians. *University of Chicago Press*.
- Uetz, P., Freed, P. & Hošek, J. (2018). The Reptile Database. Available from: <http://www.reptile-database.org> (accessed 25 June 2018).

Aves

- Angulo Pratolongo, F. (2009). Peru. Important Birds Areas Peru. Pp 307 - 316 in C. Devenish, D. F. Díaz Fernández, R. P. Clay, I. Davidson & I. Yépez Zabala Eds. *Important Bird Areas Americas - Priority sites for biodiversity conservation*. Quito, Ecuador: BirdLife International. BirdLife Conservation Series No. 16.
- Barrio, J. & Guillen, C. (2004). *Aves de Conococha*. Antamina, INRENA y Parque Nacional Huscaran. Impreso en CEPREDIM-UNMS
- Bazan-Zurita, H., I. Sánchez-V., M. Cabanillas S. & A. Miranda-L. (eds.) 1998. *La jalca de oro: Biodiversidad, medio ambiente y minería en la Sierra de Cajamarca-Perú*. Minera Yanacocha, Cajamarca.
- Bibby C., Jones, M. & Marsden, S. (1998). *Expedition Field Techniques; bird surveys*, expedition advisory centre, London
- (CMS) Convention on Migratory Species. (2015). Appendices I and II. [Internet]. Recuperado en : <http://www.cms.int/en/page/appendix-i-ii-cms> (Acceso 6 de junio 2018).
- CITES. (2017). *Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres*. Apéndices I, II y III. Recuperado en: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml/> (Acceso 6 de junio 2018).
- El Peruano. (2012). *Ley que modifica el artículo 99 de la Ley 28611 del 6 de julio del 2012: Ley General del Ambiente, e incorpora los páramos y jalcas al conjunto de ecosistemas frágiles*.
- El Peruano. (2014). *Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI del 8 de abril de 2014*. Lima: Decreto Supremo que aprueba la actualización de la lista de



clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas.

- Franke I. (2011). Importancia de las Lagunas Pequeñas para la Avifauna de la Zona Altoandina. Recuperado en <http://avesecologaymedioambiente.blogspot.com/2011/11/importancia-de-los-humedales-pequenos.html>.
- Franke I. (2017). Las aves de los bofedales altoandinos peruanos. Recuperado <http://avesecologaymedioambiente.blogspot.com/2017/04/las-aves-de-los-bofedales-altoandinos.html?q=bofedales>
- Gibbons, R. E., Zi Jia & Isabel Villalba Valdivia. (2016). Habitat use and seasonality of birds in the Peruvian puna with an emphasis on peatlands (bofedales). Boletín de la Unión de Ornitólogos del Perú (UNOP), 11 (2): 42-62.
- Gregory, D. R., Gibbons, W. D. & Donald, F. P. (2005). Bird census and survey techniques. En Sutherland, W. J., Newton, I., & Green, R., Bird Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques. Techniques in Ecology & Conservation Series Oxford University Press Inc., New York. pp.1-371.
- Hammer, O., D.A.T. Harper & P.D. Ryan. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Paleontological Electronica 4 (1):9 pp. Disponible en http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- IUCN) International Union for the Conservation of Nature. 2018. IUCN Red List of Threatened Species. [Internet] Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/>. [Acceso 6 junio de 2018].
- Miranda L., A. (2009). Aves silvestres de la laguna San Nicolás, Namora – 2008. Boletín de Lima, no. 157: 122-128.
- MWH (2014). Cuarta Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto de Exploración El Galeno.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2015). Guía de inventario de la fauna silvestre. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima, Perú.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza.
- Plenge, M. A. (2014). Especies y subespecies de las aves del Perú. Lima, Perú. Recuperado en <https://sites.google.com/site/boletinunop/subespecies> (Acceso 22 mayo del 2018).
- Plenge, M. A. (2018). Lista de las Aves de Perú. Recuperado en <https://sites.google.com/site/boletinunop/checklist> (Acceso 2 de abril del 2018).
- Plenge, M. A., Schulenberg T.S. & Valqui, T. (2018). Species lists of birds for South American countries and territories: [Perú]. Reuperado en <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCCountryLists.htm>. [Acceso 5 abril 2017].



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

- Sánchez, I. & M. O. Dillon. (2006). Jalcas. En: Botánica Económica de los Andes Centrales. Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. Pág. 77-90.
- Sánchez, Isidoro; M. Cabanillas, A. Miranda, W. Poma, J. Díaz, F. Terrones. (2006). La Jalca. El Ecosistema Frío del Noroeste Peruano – Fundamentos Biológicos y Ecológicos. Lima; Perú. Minera Yanacocha – Geográfica EIRL.
- Stattersfield, A.; Crosby, M; Long, A. y D. Wege. (1998). Endemic Bird Area of the World: Priorities for Biodiversity Conservation. BirdLife Conservation Series N 7. Cambridge U.K: BirdLife International.
- Servat, G.P., Caballero M., K.C. y Velásquez, J. L. (2010). Lista anotada de las aves de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca (Arequipa, Perú) En: Zeballos, H., 8a, J. A. y López, J (eds.). 2010. Diversidad biológica de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca, Arequipa – Moquegua. Lima: desco, PROFONANPE, SERNANP, 314 pp.
- Servat, G. P., Alcocer, F. R., Larico V. M. 2013. Riqueza y abundancia de las aves de bofedales dentro del área de influencia del gasoducto del Peru LNG en Abra Apacheta y la Cuenca de los ríos Pampas-Palmitos. 371-381 En: Alonso, A., Dallmeier, F. and Servat, G. P. 2013. Monitoreo de Biodiversidad: Lecciones de un Megaproyecto Transandino pp 371-381.
- Ralph, C.; Geupel, G.; Pyle, P.; Martin, T.; DeSante, D. & Milá, B. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR- 159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.
- Roncal, B. M & Barrantes, V. M (2013). Laguna San Nicolás, Namora, Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. Impreso en Martínez Compañón Editores S.R.L.
- Stolz, D.F., Fitzpatrick, J. W., Parker, T.A. & Moskovits, D. K. (1996). Neotropical birds: ecology and conservation: Chicago, EE.UU. Chicago University Press.
- Schulenberg, T.S.; Stoltz, D.F., Lane, D.F.; O'Neill, J. P. & Parker III, T. A. (2010). Aves de Perú. Serie Biodiversidad Corbidi 01. Centro de Ornitología y Biodiversidad-CORBIDI. Lima, Perú.
- Schulenberg, T., Marantz C. A. & English, P. H. (2000a). Voices of Amazonian birds. Birds of the rainforest of southern Peru and northern Bolivia, Vol 1: Tinamous (Tinamidae) through barbets (Capitonidae) (CD). Ithaca, NY: Cornell Laboratory of Ornithology.
- SERFOR .2018. Ecosistemas frágiles <https://www.serfor.gob.pe/modulos-sniiffs/informacion-especializada/ecosistemas-fragiles>
- Tellería, J. L., J. L. Venero & T. Santos. (2006). Conserving birdlife of Peruvian highland bogs: effects of patch-size and habitat quality on species richness and bird numbers. Ardeola 53:271-283.
- Valqui, T. (2006). Perú. Edén natural de aves. Editorial Graph & Consult. Lima.



Handwritten signature and initials in blue ink, including a large 'A' and 'S' at the bottom.



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

- Wetlands International (2012). Waterbird Population Estimates, Fifth Edition. Summary Report. Wetlands International, Wageningen. The Netherlands. Recuperado en <http://wpe.wetlands.org/bundles/voidwalkerswpe/images/wpe5.pdf>

Mamíferos

- AMEC 2004, Evaluación Ambiental Proyecto El Galeno Cajamarca, Perú, Preparado para Lumina Copper S.A.C
- Aquino, R., F.Cornejo., L. Cortez., F. Encarnación., E. Heymann., L. Marsh., R. Mittermeier., A., Rylands and J. Vermer. 2015. PRIMATES DE PERÚ, guía de identificación de bolsillo. Conservación Internacional.
- Aquino, R.; Bodmer, R.; Gil, J.G. 2001. Mamíferos de la cuenca del río Samiria: Ecología Poblacional y Sustentabilidad de la Caza. Imprenta Rosegraff, 108 pp. Lima, Perú.
- Beltrán-Ortiz E.P. Cadena-Ortiz H. Brito J. 2017. DIETA DEL ZORRO DE PÁRAMO *Lycalopex culpaeus* (MOLINA 1782) EN UN BOSQUE SECO INTERANDINO DEL NORTE DE ECUADOR. *Mastozoología Neotropical*, 24(2):437-441, Mendoza, 2017
- Boddicker, M.; Rodriguez, J. J. y J. Amanzo.(b) 2002. Indices for assessment and monitoring of large mammals within an adaptive management framework. *Environmental Monitoring and Assessment* 76: 105 – 123.
- Boubli, J.-P., Rylands, A.B., de la Torre, S. & Stevenson, P. 2008. *Saimiri sciureus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T41537A10494364
- Burnham, K. P.; Anderson, D. R. and J. L. Laake. 1980. Estimation of density from line transects sampling of biological population. *Wildlife Monographs*, 71: 1 – 203.
- CITES. (2017). Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Apéndices I, II y III. Disponible en: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml/> (Acceso 5 de setiembre de 2017).
- Colwell, R. K. 2011. EstimateS, Version 8.2: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide). Freeware for Windows and Mac OS. (EstimateS has been downloaded more than 40,000 times by users in more than 100 countries. It has been cited in more than 3500 publications.)
- Díaz-Pulido, A. y E. Payán Garrido. 2012. Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia. 32 pp.
- Emmons, L. H. y F. Feer. 1996. Neotropical rainforest mammals, a field guide. 2da ed. The University of Chicago Press.
- ESSER, H J. LIEFTING Y, KAYS R. and. JANSEN P.A. 2012. A record of Striped Hog-nosed Skunk *Conepatus semistriatus* in central Panama, between two known sub-ranges. *Small Carnivore Conservation*, Vol. 47: 62–64, December 2012



- Fajardo U., D. Cossíos y V. Pacheco. 2014. Dieta de *Leopardus colocolo* (Carnívora: Felidae) en la Reserva Nacional de Junín, Junín, Perú. *Rev. Peru. biol.* 21(1): 061- 070 (Mayo 2014). doi: <http://doi.org/10.15381/rpb.v21i1.8248>
- Flores-Armillas, V.H. Botello F. Sánchez-Cordero V. García-Barrios R. Jaramillo F. Gallina-Tessaro S. 2013. Caracterización del hábitat del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus mexicanus*) en los bosques templados del Corredor Biológico Chichinautzin y modelación de su hábitat potencial en Eje Transvolcánico Mexicano THERYA, agosto, 2013 Vol.4(2):377-393 DOI: 10.12933/therya-13-118
- Galende G.I., y Trejo A. 2003. DEPREDACIÓN DEL ÁGUILA MORA (*Geranoaetus melanoleucus*) Y EL BÚHO (*Bubo magellanicus*) SOBRE EL CHINCHILLÓN (*Lagidium viscacia*) EN DOS COLONIAS DEL NOROESTE DE PATAGONIA, ARGENTINA *Mastozoología Neotropical / J. Neotrop. Mammal.*; 10(1):143-147
- GEMA. (2013). Estudio de impacto ambiental (EIA) perforación de 2 (02) pozos exploratorios y 6 (06) pozos confirmatorios lote 131.
- Guzmán-Sandoval, J., Sielfeld, W., & Ferrú M. 2007 DIETA DE *Lycalopex culpaeus* (MAMMALIA: CANIDAE) EN EL EXTREMO NORTE DE CHILE (REGION DE TARAPACA). *Gayana* 71(1): 1-7, 2007.
- IUCN International Union for the Conservation of Nature. 2017. IUCN Red List of Threatened Species. [Internet] [citado 4 setiembre de 2017]. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/>
- Jiménez., C., Quintana, H., Pacheco, V., Melton, D., Torrealva, J., and Tello, G. 2010. Camera trap survey of medium and large mammals in a montane rainforest of northern Peru. *Rev. Peru. biol.* 17(2): 191 – 196, Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM
- MWH, 2006, PROYECTO DE EXPLORACIÓN MINERA "EL GALENO" CATEGORIA C EVALUACIÓN AMBIENTAL, preparado para Lumina Copper, Noviembre 2006.
- MWH, 2011, TERCERA MODIFICACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL SEMIDETALLADO DEL PROYECTO DE EXPLORACIÓN MINERA "EL GALENO" PREPARADO PARA LUMINA COPPER, MAYO 2011
- MWH, 2011, TERCERA MODIFICACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL SEMIDETALLADO DEL PROYECTO DE EXPLORACIÓN MINERA "EL GALENO", INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA PREPARADO PARA LUMINA COPPER, JULIO 2011.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego del Peru). 2014. Decreto Supremo que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas. Decreto Supremo No. 004-2014-MINAGRI. Diario Oficial El Peruano, Lima.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Manuales & Tesis SEA, Vol. 1, Zaragoza. 84 pp.



Handwritten signature in blue ink, possibly reading 'C. A. A. V. H.'



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

- Noguera-Urbano E. A., Ramírez-Chaves H. E & Torres-Martínez M. 2016. Análisis geográfico y conservación del zorro andino *Lycalopex culpaeus* (Mammalia, Canidae) en Colombia. *Iheringia. Série Zoologia*
- NOGUEIRA F. NOGUEIRA R. SAMPAIO V. S. B. e CÁSSIA R. P. 1998. Composição florística em trechos de vegetação de caatinga e brejo de altitude na região do Vale do Pajeú, Pernambuco. *Revta brasil. Bot., São Paulo, V.21, n.1, p.7-15, abr. 1998*
- Pacheco V. (2002). Mamíferos del Perú. Páginas 503-549. En: G. Ceballos y J. Simonetti (editores) *Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales CONABIO-UNAM*. México, D.F.
- Pacheco V., Cadenillas R., Salas E., Tello C. & Zeballos H. (2009). Diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú. *Revista Peruana de Biología*. 16(1): 5-32.
- Quintana H., Pacheco, V., Salas, E. (2009). Diversidad y conservación de los mamíferos de Ucayali, Peru. *Ecología Aplicada* 8(2): 91-113.
- Rodríguez, J. R. y J. Amanzo. 2001. Medium and large mammals of the southern Vilcabamba region, Peru. En: *Biological and Social Assessments of the Cordillera de Vilcabamba, Peru*. L. E. Alonzo, T. S. Schulenberg y F. Dollmeier (eds), pp. 117 – 126. *Rapid Assessment Program 12. Smithsonian Institution, Monitoring and Assessment of Biodiversity Program*.
- SERFOR. 2018. Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú. Primera edición. SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre), Lima., Perú, pp. 1- 532 páginas
- TOBLER, M. 2013. Camera Base Version 1.6, User guide. Available on line at <http://www.atriumbiodiversity.org/tools/camerabase/files/CameraBaseDoc1.6.pdf>
- Tarifa T. Fontúrbel D.A.F. Rodríguez J.F. Molina C. López M.C., Baudoin M.R, Buitrón C. Canseco A. García M. Higuera Y. Kopp D. Pacajes J. Romecin P & Urrelo V. 2004. Vizcachas (*Lagidium viscacia*, Chinchillidae) en hábitats fragmentados en la ciudad de La Paz y sus alrededores: bases para su conservación. *Ecología en Bolivia*, 39(1): 53-74, Julio de 2004.