



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

Abundancia

En la evaluación de 2018 se registraron 343 960 organismos de perifiton vegetal, siendo el phylum Bacillariophyta el más dominante, con 139 600 organismos (40,59 % del total), seguido de Cyanobacteria con 105 400 organismos (30,64 % del total), mientras que los demás phyla presentaron menores abundancias.

Los valores más altos de abundancia corresponden a los puntos de muestreo HID-Cor-bof42 y HID-Cor-bof46, con 113 280 y 85 680 organismos respectivamente; de igual forma, en estos puntos predominaron los organismos de los phyla Bacillariophyta y Charophyta respectivamente; mientras que en los puntos HID-QImag2 y HID-QImagA se registró un predominio de organismos del phylum Cyanobacteria (Figura 7-116). Las especies más abundantes fueron *Hyalotheca dissiliens* y *Tapinothrix varians*, con 36 000 y 23 800 organismos respectivamente.

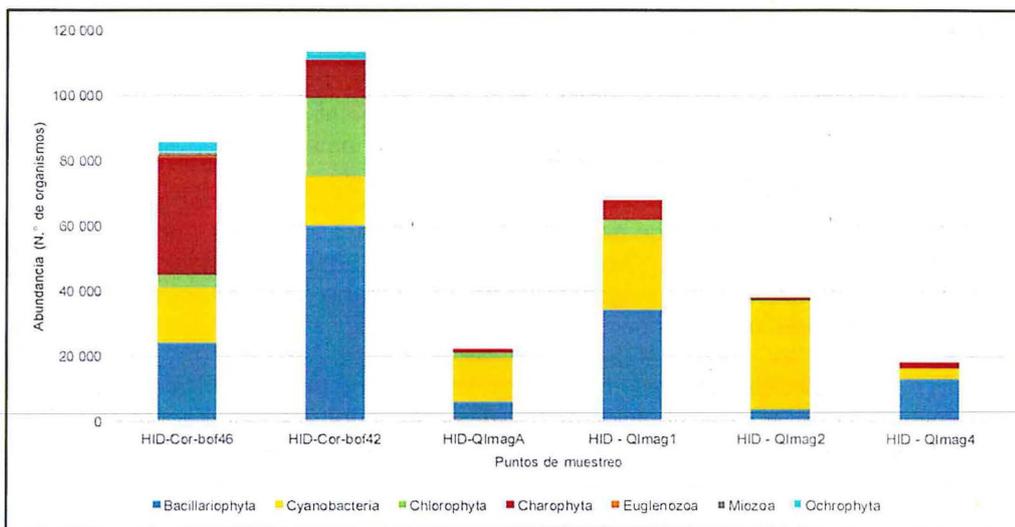


Figura 7-116. Abundancia de organismos del perifiton vegetal por punto de muestreo y phylum en la evaluación de 2018, en la Microcuenca Imaginamayu

Respecto a la relación entre los puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018, el phylum Cyanobacteria registró la mayor abundancia en la evaluación de 2017, con 70 786 organismos; seguido del phylum Bacillariophyta, con 69 586 organismos. Así también, en la evaluación de 2018, el phylum Cyanobacteria registró la mayor abundancia, con 59 800 organismos, seguido del phylum Bacillariophyta, con 50 000 organismos.

En la evaluación del 2017, el punto HID-QImag2 registró la mayor abundancia, con un predominio del phylum Cyanobacteria; mientras que, en la evaluación de 2018, el punto de muestreo con la mayor abundancia fue HID-QImag1, con un predominio del phylum Bacillariophyta (Figura 7-117).



Vertical handwritten text on the left margin: H, O, Y, A, PC, A, S.



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

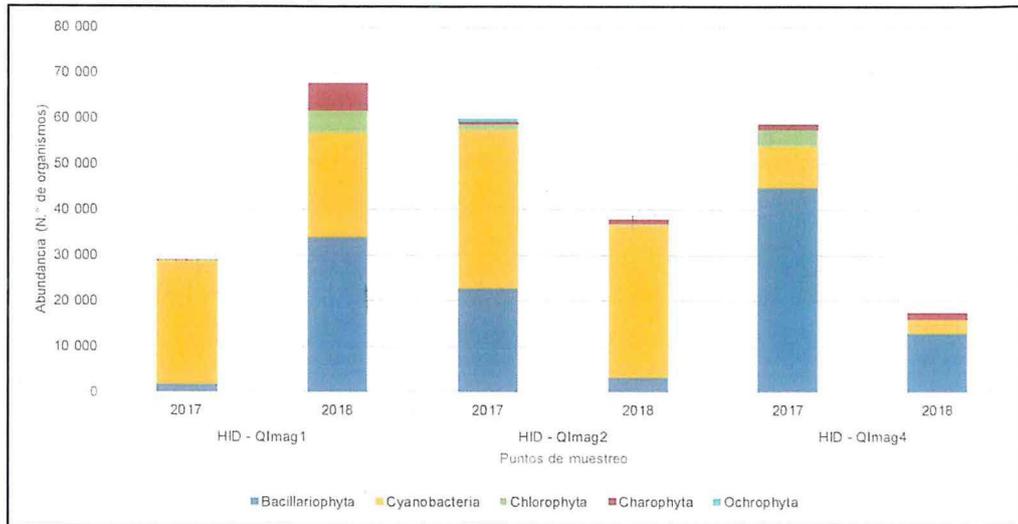


Figura 7-117. Comparación de la abundancia de perifiton vegetal por punto de muestreo y phylum, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la Microcuenca Imaginamayu

Diversidad alfa

En base a la riqueza de taxones y abundancia, en la Tabla 7-24 se detallan los valores del índice de diversidad de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de muestreo, en las evaluaciones de 2017 y 2018.

En la evaluación de 2017, los máximos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto de muestreo HID-Imga4, mientras que, el máximo valor de equidad de Pielou se registró en el punto HID-QImag2 (0,8407). Los menores valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto HID-QImag1; así también, el mínimo valor de equidad, con un valor de 0,7242.

En tanto que, en la evaluación de 2018, los máximos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto de muestreo HID-Cor-bof42, mientras que el máximo valor de equidad de Pielou se registró en el punto HID-QImag4 (0,9564). Los menores valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto HID-QImag2; así también, el mínimo valor de equidad, con un valor de 0,7939.

Tabla 7-24. Diversidad alfa del perifiton vegetal por punto de muestreo en las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Imaginamayu

Punto de muestreo	N1		N2		J'	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
HID-Cor-bof46	NE	16,07	NE	7,516	NE	0,8013
HID-Cor-bof42	NE	32,55	NE	26,5	NE	0,9204
HID-QImagA	NE	9,766	NE	8,257	NE	0,9171
HID - QImag1	6,409	21,41	4,031	16,1	0,7242	0,9195
HID - QImag2	11,89	7,19	8,899	5,166	0,8407	0,7939
HID - QImag4	14,34	12,48	9,024	11	0,8080	0,9564

N1 y N2: índices de diversidad de Hill; J': índice de equidad de Pielou; NE: no evaluado

Valores máximos de índices de diversidad alfa

Valores mínimos de índices de diversidad alfa



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»

Diversidad beta

El dendograma de similitud de Bray Curtis para la comunidad de perifiton vegetal, muestra agrupaciones con una similitud menor al 40 %, lo cual significa que existe una composición comunitaria muy diferenciada entre puntos de muestreo (Figura 7-118).

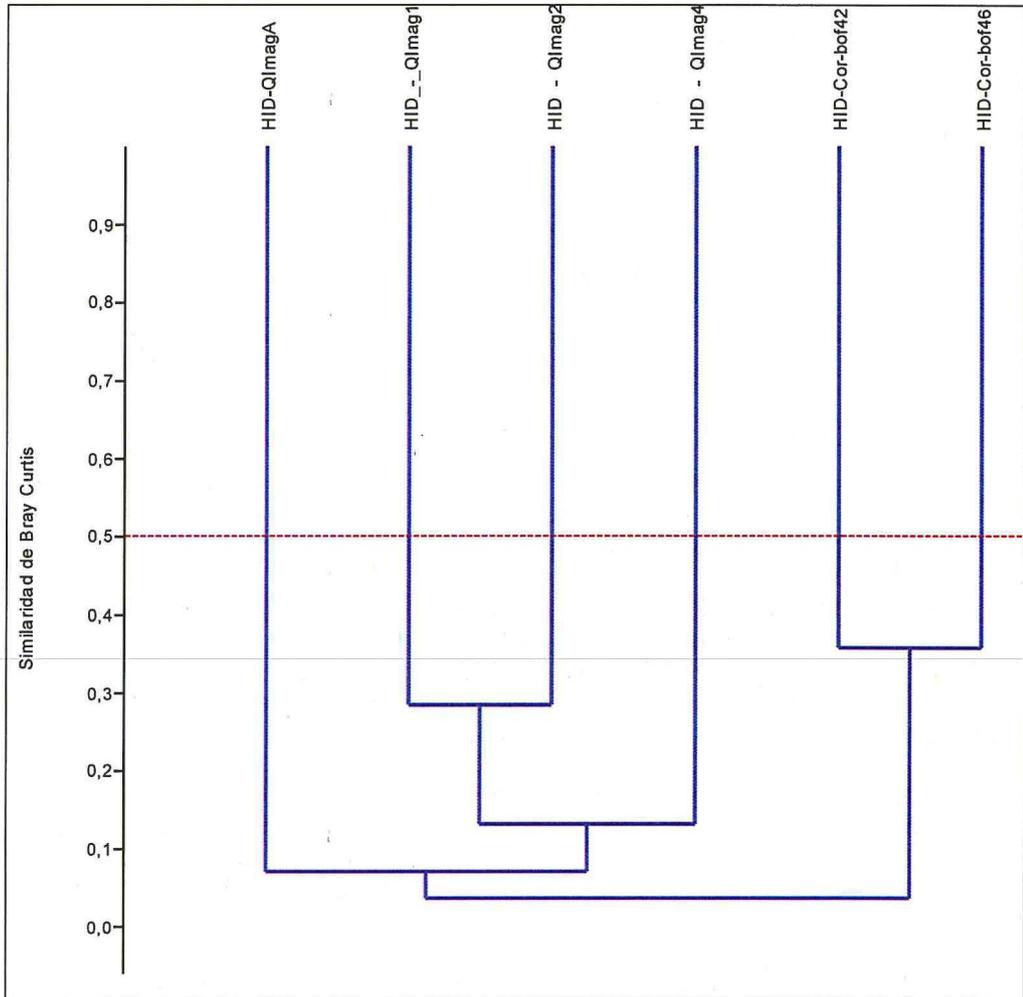


Figura 7-118. Dendograma de similitud de Bray Curtis del perifiton vegetal, en la evaluación de 2018, en la Microcuenca Imaginamayu

Perifiton animal

Composición, riqueza y abundancia

En la Tabla 7-26 se presentan los valores de riqueza y abundancia de perifiton animal por punto de muestreo, registrándose organismos solamente en dos de los seis puntos de muestreo evaluados en el 2018. En relación a los puntos antes mencionados, cabe precisar que en la evaluación de 2017 solamente se registraron organismos en el punto HID-QImag2; mientras que, el punto HID-Cor-bof42 solo se evaluó en el 2018.

El punto HID-Cor-bof42 fue la que presentó la mayor riqueza, con dos especies registradas; mientras que, el punto HID-QImag2 registró una sola especie distinta en



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»

cada una de las evaluaciones. Respecto a la abundancia, se registró el mayor número de organismos en los puntos evaluados en el 2018.

Tabla 7-25. Composición, riqueza y abundancia del perifiton animal, en las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Imaginamayu

Phylum	Riqueza (Taxón)	HID - QImag2		
		HID-Cor-bof42 2018	2017	2018
Cercozoa	<i>Corythion</i> sp.	0	0	16
Cercozoa	<i>Euglypha strigosa</i>	24	0	0
Ciliophora	<i>Holophrya</i> sp.	0	6	0
Nemata	«Nemátodo» sp. 1	8	0	0
S (Total de taxones)		2	1	1
N (abundancia)		32	6	16

Macroinvertebrados bentónicos

Composición y riqueza

En la evaluación de 2018 se determinó la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en 5 puntos de muestreo, donde se registraron 21 taxones, las cuales estuvieron agrupadas en 3 phyla, 5 clases, 9 órdenes y 19 familias.

Respecto a la riqueza de taxones, el orden Díptera fue dominante con 9 taxones (42,86 % del total), seguido de Trichoptera con 4 y Ephemeroptera con 2; mientras que, los demás órdenes registrados solamente fueron representados por un solo taxón. Cabe precisar que, el orden Díptera estuvo presente en todos los puntos de muestreo donde se registraron macroinvertebrados.

El valor de riqueza más alto corresponde al punto de muestreo HID-QImag1, con 12 taxones. Este punto también registró la mayor representatividad del orden Díptera (6 taxones) entre todos los puntos de muestreo.

En la mayoría de los puntos el orden Díptera presentó el mayor número de taxones, con excepción de HID-QImagA, en donde predominaron los taxones del orden Trichoptera (3 taxones). El orden Rhynchobdellida fue el de menor riqueza, registrándose solo un taxón en el punto de muestreo HID-Imag1 (Figura 7-119). El taxón más frecuente fue una especie indeterminada de la familia Tipulidae, presente en los 5 puntos de muestreo evaluados.



Handwritten signature and initials in blue ink, including the letters 'R', 'A', 'R', 'C', 'A', 'S', 'E'.



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

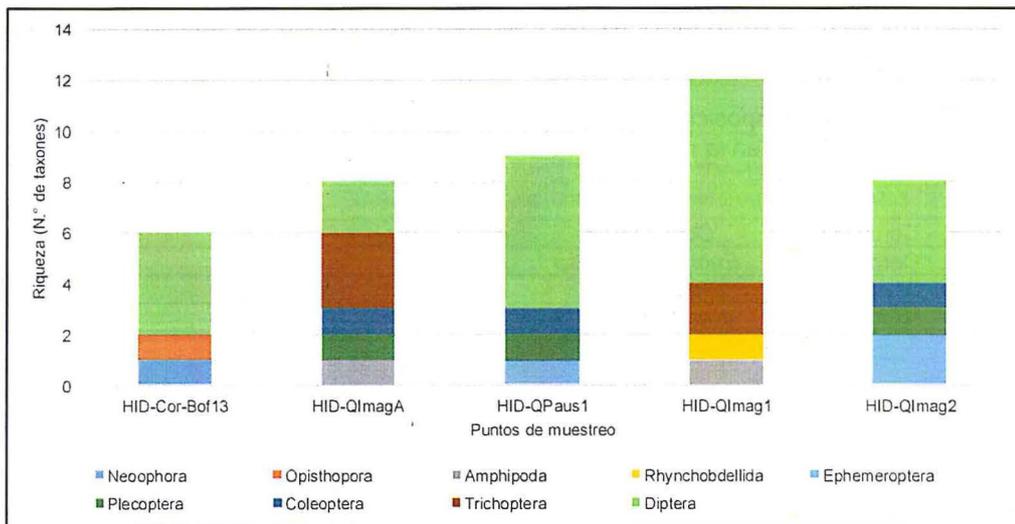


Figura 7-119. Riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden en la evaluación de 2018, en la microcuenca Imaginamayu. Acerca de la relación entre los puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018, la riqueza presentó un rango de variación entre 6 y 12 taxones por punto de muestreo para la evaluación de 2017; mientras que, en el 2018, la riqueza varió entre 8 y 12 taxones, lo cual sugiere una baja heterogeneidad comunitaria entre los puntos de muestreo en ambas evaluaciones.

El punto HID-QPaus1 presentó la mayor riqueza en la evaluación de 2017, con 12 taxones; mientras que, en la evaluación de 2018, el punto HID-QImag1 presentó la mayor riqueza, con 12 taxones.

En los puntos de muestreo HID-QImag1 y HID-QImag2 se evidenció un incremento en el número de taxones registrados en la evaluación de 2018, con respecto a la evaluación de 2017; mientras que, en el punto HID-Paus1 se evidenció una disminución de taxones en el 2018 (Figura 7-120).

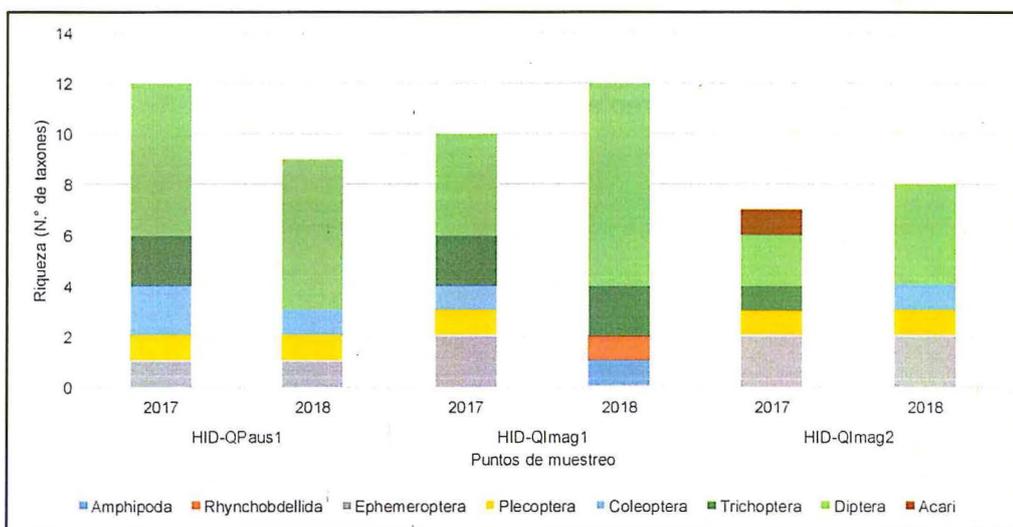


Figura 7-120. Comparación de la riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Imaginamayu



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Abundancia

En la evaluación de 2018 se registraron 3529 organismos de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, siendo el orden Díptera el más dominante, con 1755 organismos (49,73 % del total); mientras que, los demás órdenes registraron abundancias menores al 18 % del total.

Los valores de abundancia más altos corresponden a los puntos de muestreo HID-QImagA e HID-QImag2, con 1152 y 1093 organismos respectivamente. Así también, en estos puntos, se puede evidenciar las mayores abundancias de los órdenes Díptera y Ephemeroptera respectivamente. Cabe resaltar que, en los demás puntos de muestreo también fue dominante el orden Díptera (Figura 7-121). Los taxones más abundantes fueron *Simulium* sp. y *Cricotopus* sp., con 655 y 635 organismos respectivamente.

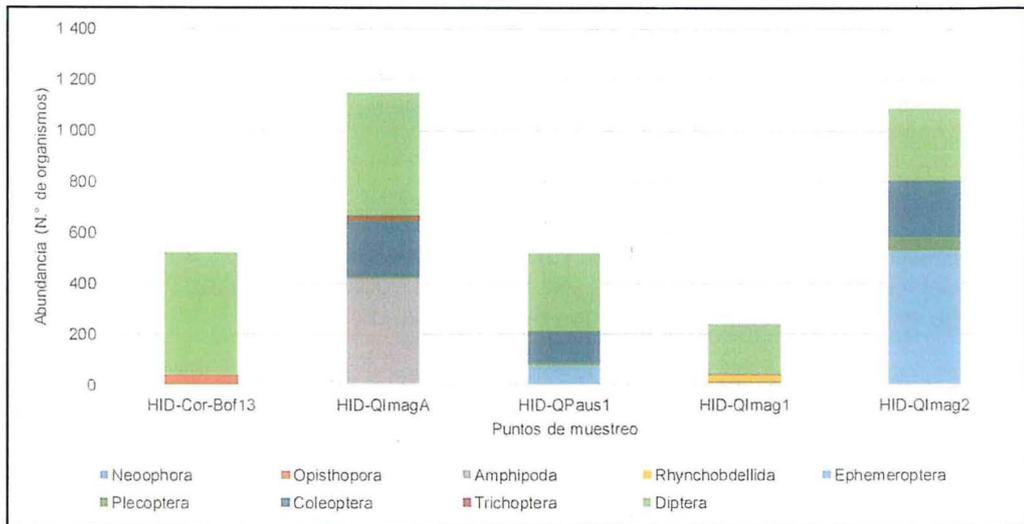


Figura 7-121. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden en la evaluación de 2018, en la Microcuenca Imaginamayu

Respecto a la relación entre los puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018, el orden Ephemeroptera registró la mayor abundancia en la evaluación de 2017, con 252 organismos. En la evaluación de 2018, el orden Díptera registró la mayor abundancia, con 792 organismos.

El punto de muestreo HID-QImag2 registró la mayor abundancia en ambas evaluaciones, con un predominio del orden Ephemeroptera en ambos casos. De forma general, se observa un incremento de organismos en la evaluación de 2018, con respecto a 2017 (Figura 7-122).



Vertical handwritten text on the left margin: "No", "9", "pe", "ca", "D", "E".



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

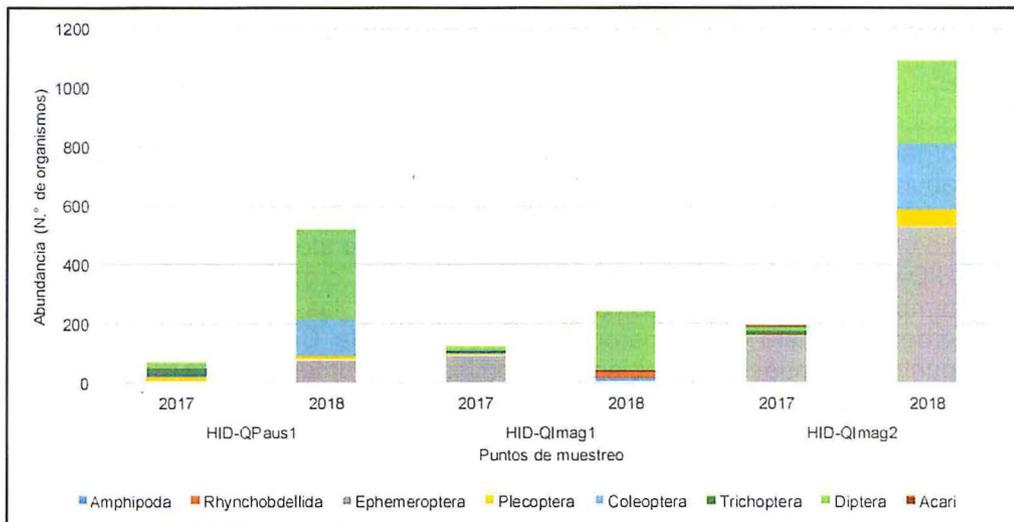


Figura 7-122. Comparación de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la Microcuenca Imaginamayu

Diversidad alfa

En base a la riqueza de taxones y abundancia, en la Tabla 7-26 se detallan los valores del índice de diversidad de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de muestreo, en las evaluaciones de 2017 y 2018.

En la evaluación de 2017, los máximos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto de muestreo HID-Paus1, así como el máximo valor de equidad de Pielou, con un valor de 0,88. Los más bajos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto HID-QImag2, así también el mínimo valor de equidad, con un valor de 0,37, debido a la fuerte dominancia de unos pocos taxones.

En tanto que, en la evaluación de 2018, los máximos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto HID-QImag1; con respecto al índice J', el mayor valor se presentó en el punto de muestreo HID-QPaus1, con un valor de 0,7456. Mientras que, los mínimos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en HID-Cor-Bof13, así como la menor equidad, con un valor de 0,5348.

Tabla 7-26. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Imaginamayu

Punto de muestreo	N1		N2		J'	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
HID-Cor-Bof13	NE	2,607	NE	2,049	NE	0,5348
HID-QImagA	NE	4,145	NE	3,605	NE	0,6838
HID-QPaus1	9,48	5,147	8,08	3,935	0,88	0,7456
HID-QImag1	4,66	5,26	3,38	3,945	0,64	0,6681
HID-QImag2	2,05	4,03	1,47	3,196	0,37	0,6703

N1 y N2: índices de diversidad de Hill; J': índice de equidad de Pielou; NE: no evaluado
Valores máximos de índices de diversidad alfa
Valores mínimos de índices de diversidad alfa



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»

Diversidad beta

El dendograma de similitud de Bray Curtis para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos evidenció una baja similitud (<50 %) entre los puntos de muestreo evaluados en el 2018 (Figura 7-121).

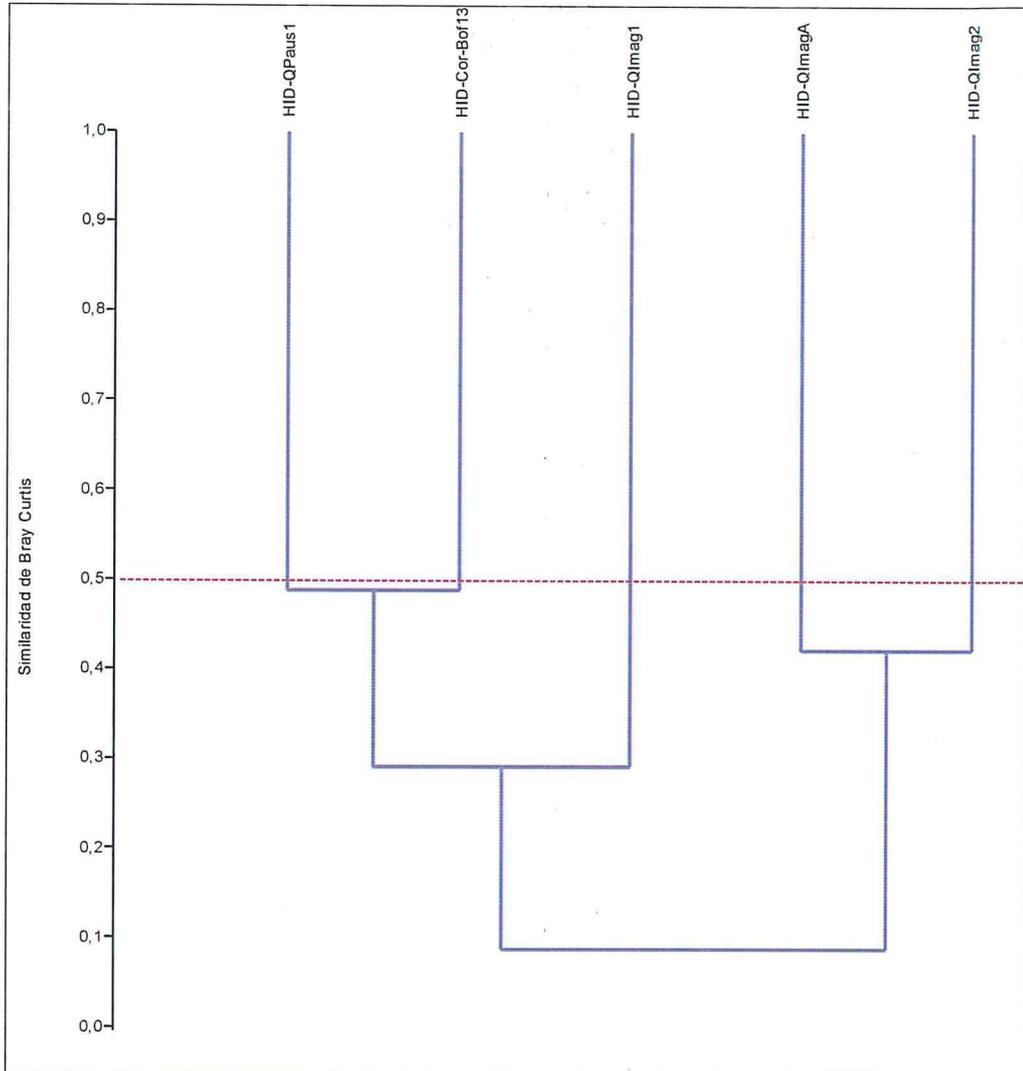


Figura 7-123. Dendograma de similitud de Bray Curtis de macroinvertebrados bentónicos, en la evaluación de 2018, en la Microcuenca Imaginamayu

Calidad ecológica

Considerando las evaluaciones de 2017 y 2018, en la Tabla 7-27 se presenta la calidad ecológica de las quebradas evaluadas; además, de un punto evaluado en bofedales. Los resultados de este análisis deben tomarse de forma referencial, puesto que el método original exige un muestreo multihabitat de naturaleza cualitativa.

En cuanto a los resultados, se observa que la mayoría de los puntos de muestreo presentaron una calidad ecológica moderada en ambas evaluaciones; mientras que solamente el punto HID-Cor-bof13 presentó una calidad mala en la evaluación de 2018.



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»

La calidad hidromorfológica y la calidad biológica (índice ABI) presentan una tendencia similar respecto a los resultados antes mencionados, con una buena calidad hidromorfológica en HID-Paus1 y HID-QImag2 en ambas evaluaciones.

Tabla 7-27. Calidad ecológica de acuerdo con el protocolo CERA-S, en la microcuenca Imaginamayu

Punto de muestreo	Calidad hidromorfológica		Calidad biológica (índice ABI)		Calidad ecológica	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
HID-Cor-Bof13	--	Mala	--	Mala	--	Mala
HID-QImagA	--	Moderada	--	Buena	--	Moderada
HID-QPaus1	Buena	Buena	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
HID-QImag1	Moderada	Moderada	Buena	Moderada	Moderada	Moderada
HID-QImag2	Buena	Buena	Moderada	Buena	Moderada	Buena

---: no corresponde

7.3.2.6. Microcuenca Quelcaya

Perifiton

El perifiton fue analizado en sus dos componentes: perifiton vegetal y perifiton animal.

Perifiton vegetal

Composición y riqueza

En la evaluación de 2018 se evaluaron 11 puntos de muestreo, donde se registraron 111 taxones de perifiton vegetal, las cuales están agrupadas en 5 phyla, 8 clases, 22 órdenes y 45 familias. Cabe destacar que, solamente los puntos de muestreo HID-Cor-bof35 y HID-Cor-bof34 presentaron los 5 phyla registrados en su composición comunitaria.

Respecto a la riqueza de taxones, el phylum Bacillariophyta fue dominante con 59 taxones (53,15 % del total), seguido de Cyanobacteria con 25, Charophyta con 13, Chlorophyta con 12, y Ochrophyta con 2 taxones. Cabe precisar que, los phyla Bacillariophyta y Cyanobacteria estuvieron presentes en todos los puntos de muestreo.

El más alto valor de riqueza corresponde al punto HID-Cor-bof35, con 43 taxones. En la mayoría de los puntos de muestreo el phylum Bacillariophyta presentó el mayor número de taxones, con excepción de los puntos HID-QSN3 y HID-QSiti1, en donde el phylum Cyanobacteria fue el de mayor riqueza. El phylum Ochrophyta fue el de menor riqueza, registrándose solo en los puntos de muestreo HID-Cor-bof35, HID-Cor-bof34 y HID-QQuel1 (Figura 7-124). Las especies más frecuentes fueron *Pinnularia divergens* y *Leptolyngbya* sp.1, presentes en 6 de los 11 puntos de muestreo evaluados.



↑

H. O. G. A. S. I. S. I. S.



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 and signature on the left margin

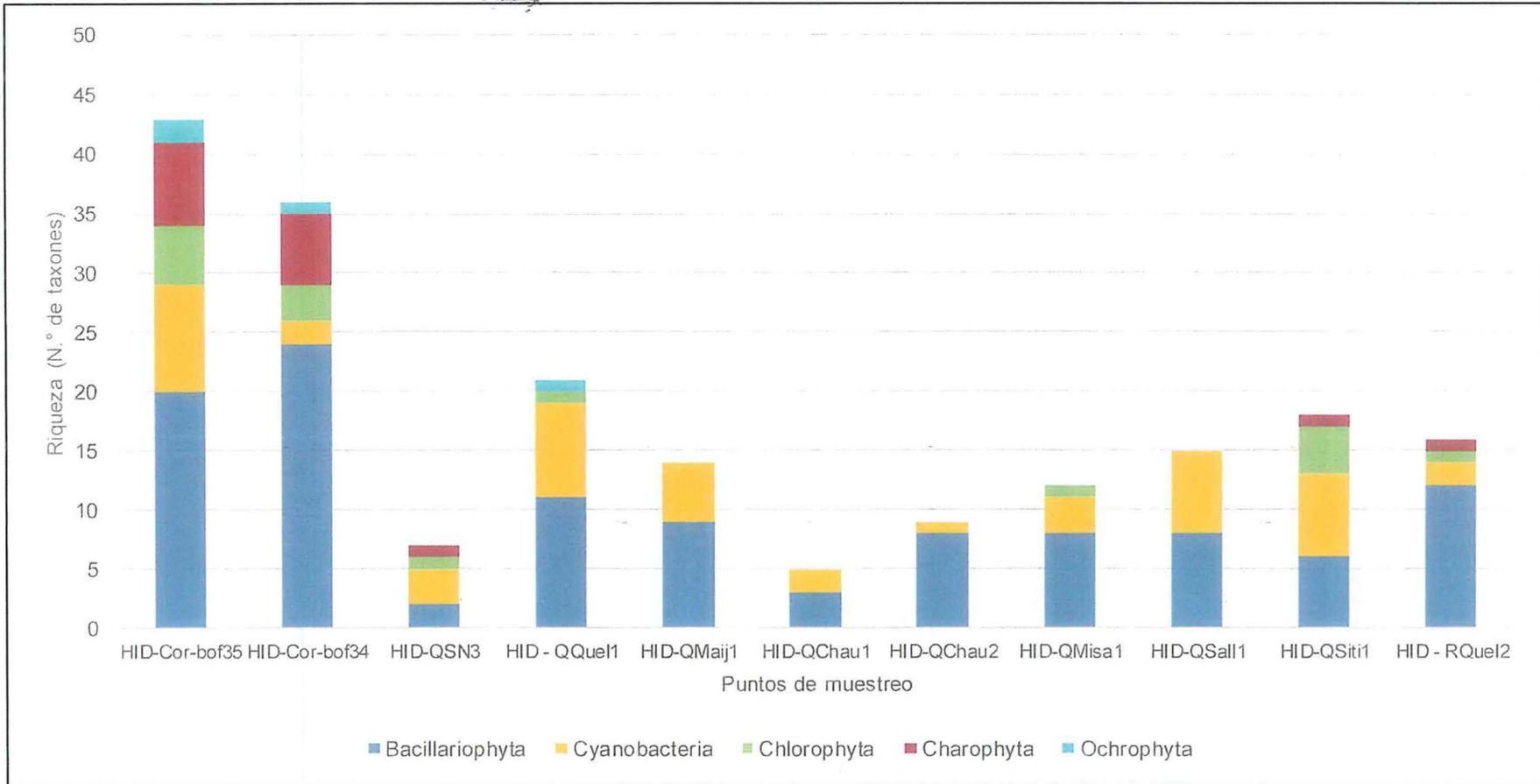


Figura 7-124. Riqueza de taxones de perifiton vegetal por punto de muestreo y phylum en la evaluación de 2018, en la microcuenca Quelcaya



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»

Acerca de la relación entre los puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018, solamente HID-RQuel2 fue evaluada en ambos periodos, registrando una riqueza de 17 taxones en 2017 y 16 taxones en 2018.

El phylum Bacillariophyta fue dominante en ambas evaluaciones, registrando 10 taxones en la evaluación de 2017; mientras que, en 2018, registró 12 taxones.

Abundancia

En la evaluación de 2018 se registraron 319 040 organismos de perifiton vegetal, siendo el phylum Bacillariophyta el más dominante, con 179 200 organismos (56,17 % del total), seguido de Cyanobacteria con 102 400 organismos (32,10 % del total), Charophyta con 22 240 organismos (6,97 % del total), Chlorophyta con 8 000 organismos (2,51 % del total), y Ochrophyta con 7 200 organismos (2,26 % del total).

Los mayores valores de abundancia corresponden a los puntos de muestreo HID-Cor-bof35 y HID-Cor-bof34, con 64 560 organismos, en ambos casos. Así también, en estos puntos, se puede evidenciar el predominio del phylum Bacillariophyta.

Los puntos HID-QQuel1 y HID-QSall1, también, presentaron una alta abundancia, con 50 400 y 36 800 organismos respectivamente, donde predominó el phylum Cyanobacteria. El punto HID-QSiti1 también presentó un predominio del phylum Cyanobacteria (Figura 7-125). El taxón más abundante fue *Leptolyngbya* sp.1, con 20 000 organismos; siendo dominante en el punto de muestreo HID-QSall1.



↑

Handwritten signature or initials in blue ink, possibly 'M. O. S. Ch. D. E.'



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»

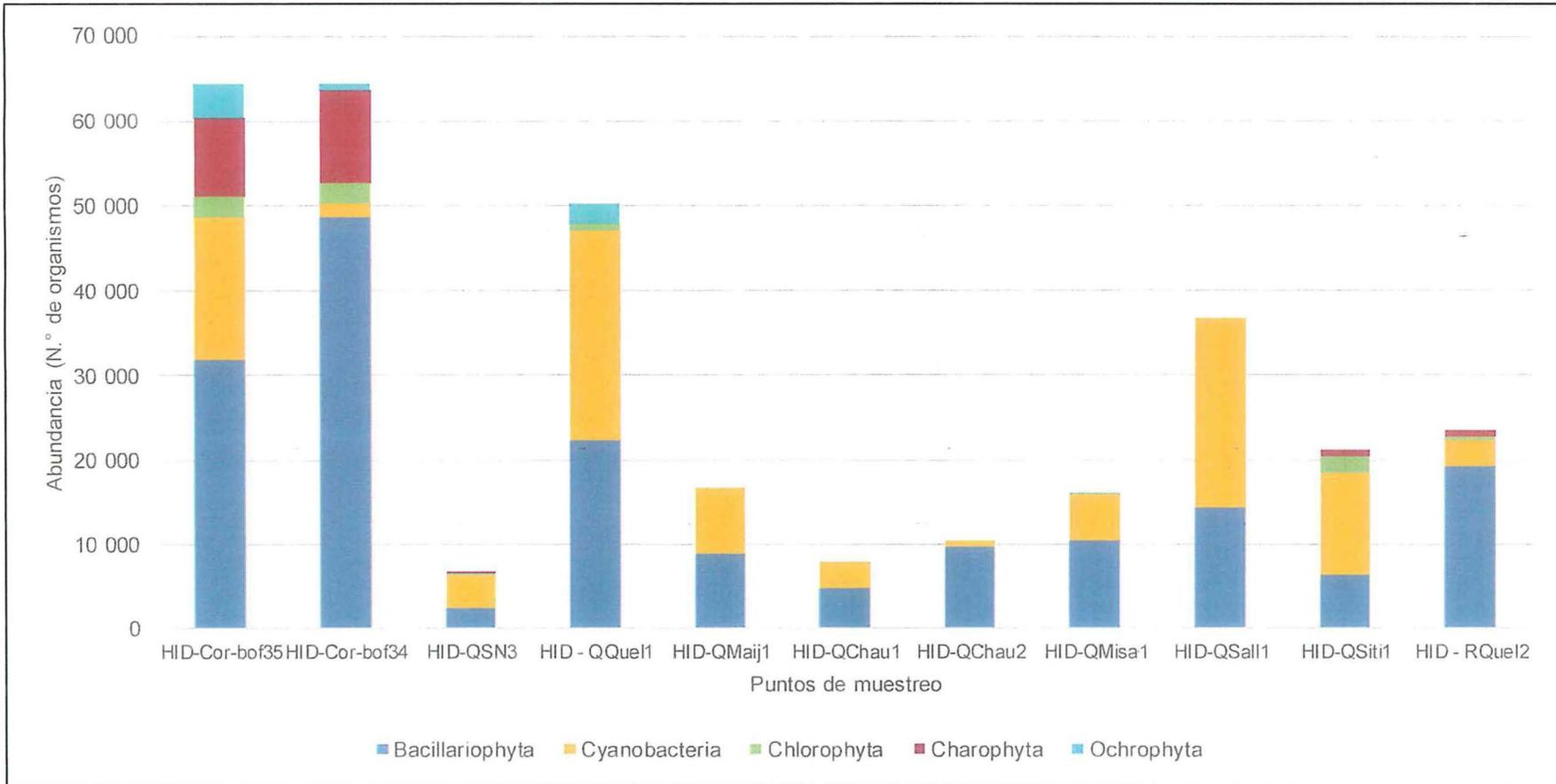


Figura 7-125. Abundancia de organismos del perifiton vegetal por punto de muestreo y phylum en la evaluación de 2018, en la microcuenca Quelcaya


 ↑
 12/05/2018
 Subdirección Técnica Científica



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

Respecto a la relación entre los puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018, solamente HID-RQuel2 fue evaluada en ambos periodos, registrando una abundancia de 56 389 organismos en 2017 y 23 520 organismos en 2018.

El phylum Bacillariophyta fue dominante en ambas evaluaciones, registrando 42 591 organismos en la evaluación de 2017; mientras que, en 2018, registró 19 200 organismos.

Diversidad alfa

En base a la riqueza de taxones y abundancia, en la Tabla 7-28 se detallan los valores del índice de diversidad de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de muestreo, en las evaluaciones de 2017 y 2018.

En la evaluación de 2018, los máximos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto de muestreo HID-Cor-bof35; mientras que, el máximo valor de equidad de Pielou se registró en HID-QMaij1 (0,9691). Los menores valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto HID-QChau1; en tanto que, el mínimo valor de equidad se registró en HID-QSiti1, con un valor de 0,9231.

Tabla 7-28. Diversidad alfa del perifiton vegetal por punto de muestreo en las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Quelcaya

Punto de muestreo	N1		N2		J'	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
HID-Cor-bof35	NE	33,32	NE	28,12	NE	0,9322
HID-Cor-bof34	NE	27,39	NE	21,75	NE	0,9238
HID-QSN3	NE	5,528	NE	5,011	NE	0,8786
HID - QQuel1	NE	16,99	NE	14,54	NE	0,9303
HID-QMaij1	NE	12,9	NE	11,92	NE	0,9691
HID-QChau1	NE	4,503	NE	4,167	NE	0,935
HID-QChau2	NE	8,151	NE	7,348	NE	0,9549
HID-QMisa1	NE	10,11	NE	9,18	NE	0,931
HID-QSall1	NE	12,37	NE	10,48	NE	0,9288
HID-QSiti1	NE	14,41	NE	12,08	NE	0,9231
HID - RQuel2	10,51	13,01	7,196	10,92	0,8303	0,9253

N1 y N2: índices de diversidad de Hill; J': índice de equidad de Pielou; NE: no evaluado

Valores máximos de índices de diversidad alfa

Valores mínimos de índices de diversidad alfa

Diversidad beta

El dendograma de similitud de Bray Curtis para la comunidad de perifiton vegetal, muestra agrupaciones con una similitud menor al 40 %, lo cual significa que existe una composición comunitaria muy diferenciada entre puntos de muestreo (Figura 7-126).



Handwritten signature and date: 10/06/2018



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

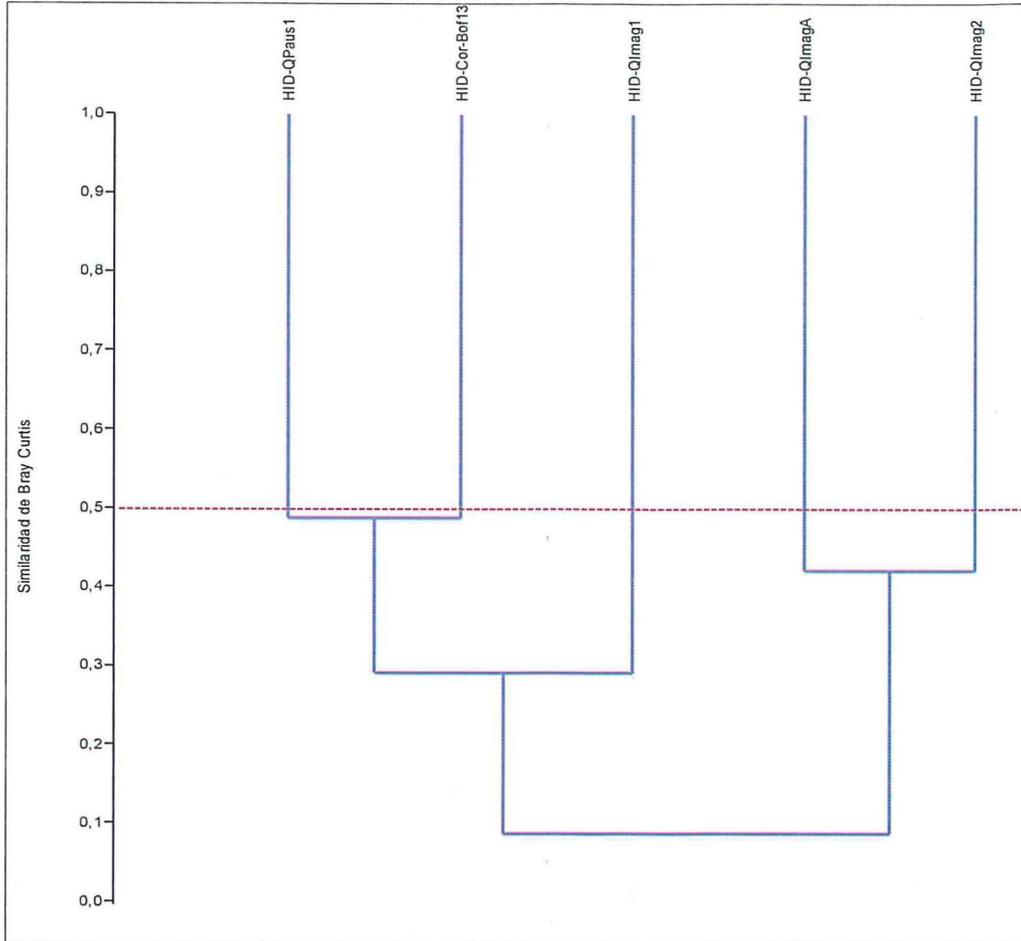


Figura 7-126. Dendrograma de similaridad de Bray Curtis del perifiton vegetal, en la evaluación de 2018, en la microcuenca Quelcaya

Perifiton animal

Composición, riqueza y abundancia

En la Tabla 7-29 se presentan los valores de riqueza y abundancia de perifiton animal por punto de muestreo, registrándose organismos solamente en 3 de los 11 puntos de muestreo evaluados en el 2018. Cabe precisar que, en la evaluación del 2017 no se registraron organismos en estos puntos de muestreo.

El phylum Cercozoa fue el más representativo, con tres taxones registrados en los tres puntos mencionados; mientras que, el nematodo (indeterminado) solamente se registró en HID-Cor-bof35 y HID-Cor-bof34.

Tabla 7-29. Composición, riqueza y abundancia del perifiton animal, en la evaluación de 2018, en la microcuenca Quelcaya

Phylum	Riqueza (Taxón)	HID-Cor-bof35	HID-Cor-bof34	HID-QSN3
Cercozoa	<i>Corythion</i> sp.	24	0	8
Cercozoa	<i>Euglypha strigosa</i>	0	24	0
Cercozoa	<i>Euglypha bryophila</i>	16	8	0
Nemata	«Nemátodo» sp. 1	16	8	0
S (Total de taxones)		3	3	1
N (abundancia)		56	40	8



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»

Macroinvertebrados bentónicos

Composición y riqueza

En la evaluación de 2018 se estimó la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en 11 puntos de muestreo, donde se registraron 21 taxones de macroinvertebrados bentónicos, agrupadas en 3 phyla, 5 clases, 9 órdenes y 19 familias.

Respecto a la riqueza de taxones, el orden Díptera fue dominante con 9 taxones (42,86 % del total), seguido de Trichoptera con 3, Ephemeroptera y Coleoptera con 2; mientras que, los demás órdenes registrados solamente fueron representados por un solo taxón. Cabe precisar que, el orden Díptera estuvo presente en todos los puntos de muestreo donde se registraron macroinvertebrados.

Los valores de riqueza más altos corresponden a los puntos de muestreo HID-QMaij1 y HID-RQue1, con 12 y 15 taxones respectivamente. Este último punto registró la mayor representatividad del orden Díptera (9 taxones) entre todos los puntos de muestreo (Figura 7-127). El taxón más frecuente fue una especie indeterminada de la familia Tabanidae, presente en 9 de los 11 puntos de muestreo evaluados.

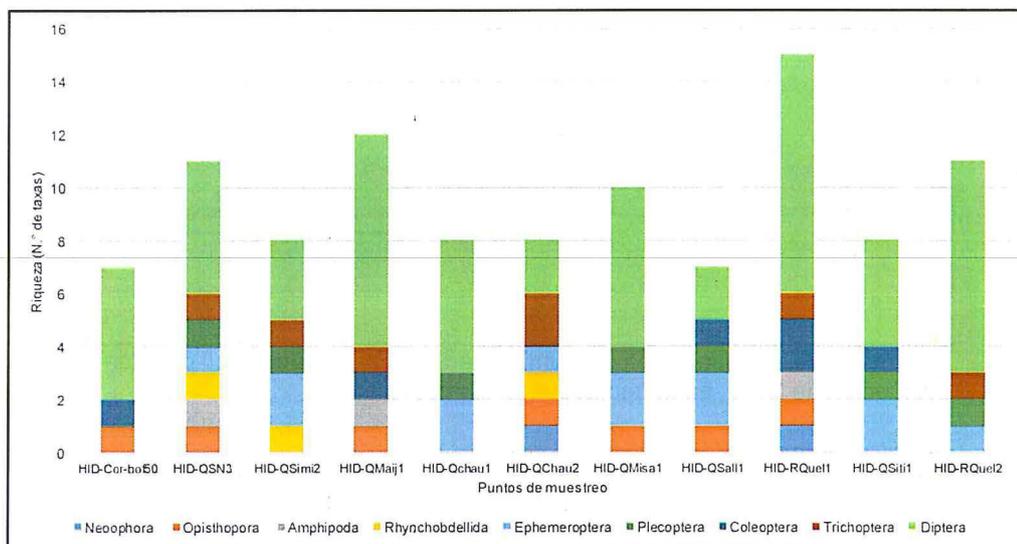


Figura 7-127. Riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden en la evaluación de 2018, en la microcuenca Quelcaya

Acerca de la relación entre los puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018, la riqueza presentó un rango de variación entre 12 y 17 taxones por punto para la evaluación de 2017; mientras que, en el 2018, la riqueza varió entre 11 y 15 taxones, lo cual sugiere una baja heterogeneidad comunitaria entre los puntos de muestreo en ambas evaluaciones

El punto de muestreo HID-RQue2 presentó la mayor riqueza en la evaluación de 2017, con 17 taxones; mientras que, en la evaluación de 2018, el punto HID-RQue1 presentó la mayor riqueza, con 15 taxones.

El punto de muestreo HID-RQue1 se evidenció un incremento en el número de taxones registrados en la evaluación del 2018, con respecto a la evaluación de 2017; mientras que, en el punto HID-RQue2 se evidenció una disminución de taxones en el 2018 (Figura 7-128).



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including the word 'HID' and various initials.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

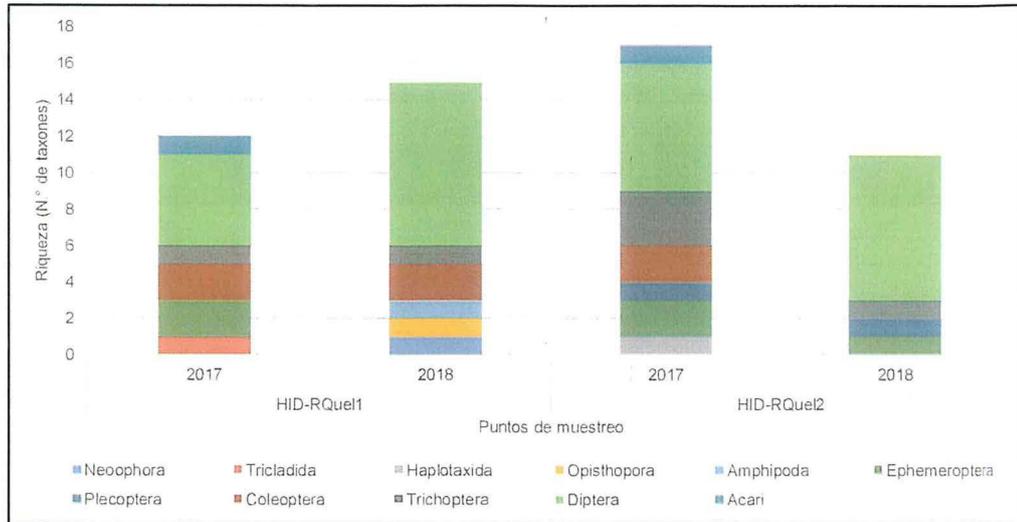


Figura 7-128. Comparación de la riqueza de taxones de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Quelcaya

Abundancia

En la evaluación de 2018 se registraron 8815 organismos de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, siendo el orden Díptera el más dominante, con 3265 organismos (36,94 % del total); mientras que, los demás órdenes registraron abundancias menores al 18 % del total.

El valor de abundancia más alto corresponde al punto de muestreo HID-QSall1, con 1936 organismos. En este punto también destaca la dominancia de organismos del orden Ephemeroptera (Figura 7-129). Los taxones más abundantes fueron *Claudioperla* sp. y la especie indeterminada de la familia Lumbricidae, con 1551 y 1300 organismos respectivamente.



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a vertical arrow pointing up and several illegible signatures.



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

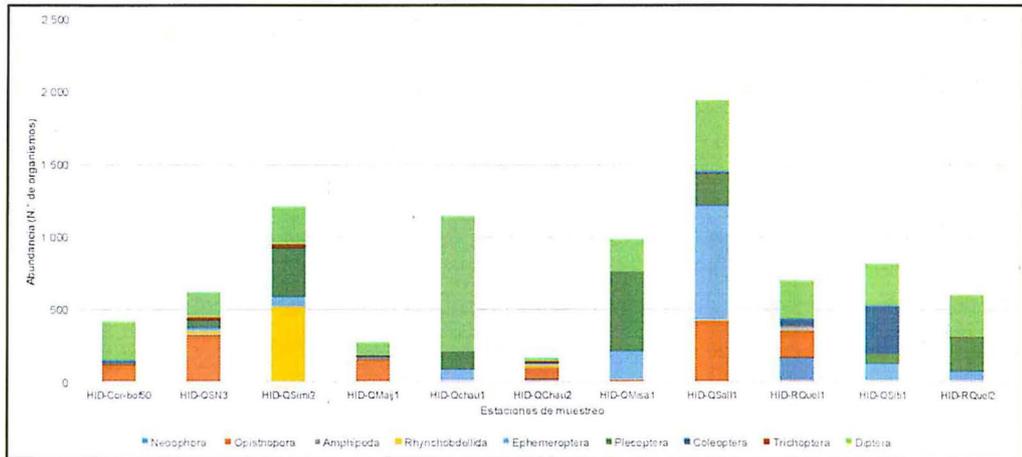


Figura 7-129. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden en la evaluación de 2018, en la Microcuenca Quelcaya

Respecto a la relación entre los puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018, el orden Díptera registró la mayor abundancia en ambas evaluaciones.

El punto de muestreo HID-RQue2 registró la mayor abundancia en la evaluación de 2017; mientras que, en la evaluación de 2018, la mayor abundancia se registró en HID-RQue1. De forma general, se observa un incremento de organismos en la evaluación de 2018, con respecto al de 2017 (Figura 7-130).

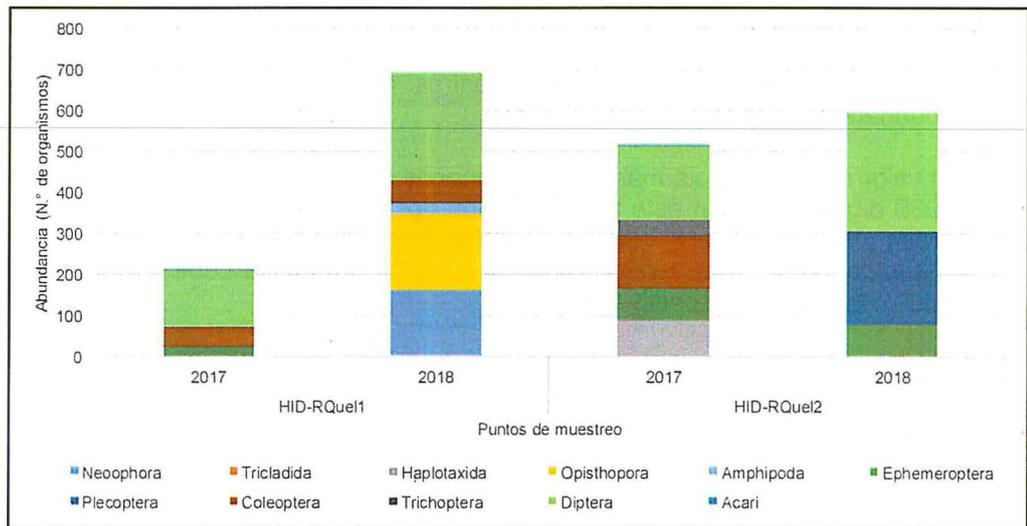


Figura 7-130. Comparación de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y orden, entre las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Quelcaya

Diversidad alfa

Con respecto a la riqueza de taxones y abundancia, en la Tabla 7-30 se detallan los valores del índice de diversidad de Hill (N1 y N2) y la equidad de Pielou (J') para cada punto de muestreo, en las evaluaciones de 2017 y 2018.

En la evaluación de 2017, los máximos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto de muestreo HID-RQue2; así también, el máximo valor de equidad de

Vertical handwritten text on the left margin, possibly a signature or initials.



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

Pielou, con un valor de 0,79. Los más bajos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto HID-RQuel1; de igual manera, el mínimo valor de equidad, con un valor de 0,53.

En tanto que, en la evaluación de 2018, los máximos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en el punto HID-RQuel1; mientras que, el mayor valor de equidad de Pielou se registró en el punto HID-QSall1, con un valor de 0,8958. Los mínimos valores de diversidad N1 y N2 se registraron en los puntos HID-RChau1 y HID-QMisa1 respectivamente; mientras que, el mínimo valor de equidad se registró en el punto HID-QMisa1, con un valor de 0,6265.

Tabla 7-30. Diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las evaluaciones de 2017 y 2018, en la microcuenca Quelcaya

Punto de muestreo	N1		N2		J'	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
HID-Cor-bof50	NE	4,539	NE	3,862	NE	0,7774
HID-QSN3	NE	5,323	NE	3,236	NE	0,6973
HID-QSimi2	NE	4,041	NE	3,331	NE	0,6716
HID-QMaij1	NE	4,879	NE	2,883	NE	0,6378
HID-Qchau1	NE	3,958	NE	3,104	NE	0,6616
HID-QChau2	NE	4,746	NE	3,216	NE	0,7489
HID-QMisa1	NE	4,232	NE	2,801	NE	0,6265
HID-QSall1	NE	5,716	NE	5,236	NE	0,8958
HID-RQuel1	3,78	7,055	2,45	5,767	0,53	0,7215
HID-QSiti1	NE	4,358	NE	3,468	NE	0,7079
HID-RQuel2	9,39	4,844	7,59	4,076	0,79	0,658

N1 y N2: índices de diversidad de Hill; J': índice de equidad de Pielou; NE: no evaluado

Valores máximos de índices de diversidad alfa

Valores mínimos de índices de diversidad alfa

Diversidad beta

El dendograma de similaridad de Bray Curtis para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, muestra la conformación de tres agrupaciones que superan un porcentaje de similitud del 50 % (Figura 7-131).

Agrupación 1: Conformada por los puntos HID-QSN3 y HID-RQuel1, las cuales tienen en común el predominio de organismos de la familia Lumbricidae.

Agrupación 2: Conformada por los puntos HID-QMisa1 y HID-RQuel2, las cuales tienen en común el predominio de organismos del taxón *Claudioperla* sp. y una composición similar de los taxones del orden Díptera.

Agrupación 3: Conformada por los puntos HID-QMaij1 y HID-Cor-bof50, las cuales tienen una composición comunitaria similar.



Handwritten notes in blue ink on the left margin, including a vertical line and various symbols.



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

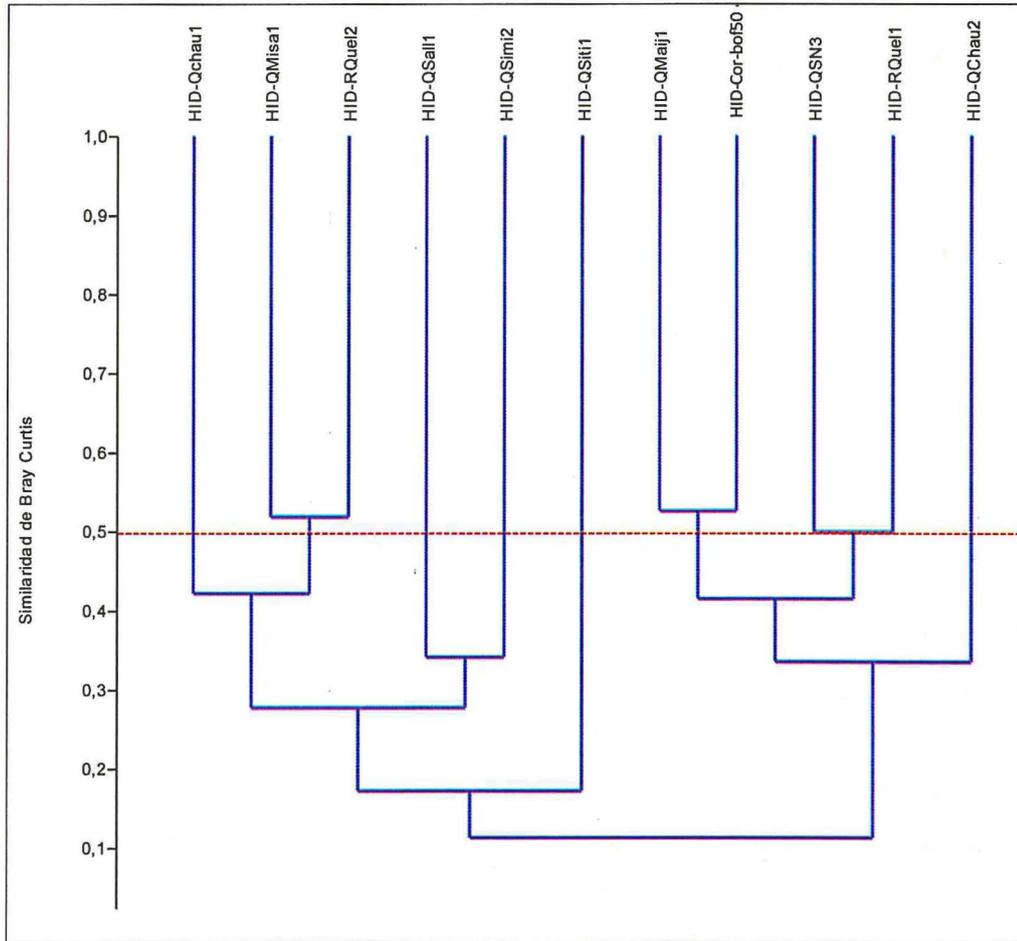


Figura 7-131. Dendrograma de similaridad de Bray Curtis de macroinvertebrados bentónicos, en la evaluación de 2018, en la Microcuenca Quelcaya

Calidad ecológica

Teniendo en cuenta las evaluaciones de 2017 y 2018, en la Tabla 7-31 se presenta la calidad ecológica de las quebradas y ríos evaluados; además, de un punto evaluado en bofedales. Los resultados de este análisis deben tomarse de forma referencial, puesto que el método original exige un muestreo multihábitat de naturaleza cualitativa.

En cuanto a los resultados, se observa que la mayoría de los puntos de muestreo (10) presentan una calidad ecológica moderada en la evaluación de 2018; mientras que, solamente el punto HID-Cor-bof50 presentó una calidad mala, lo cual se podría relacionar al predominio de organismos de los órdenes Chironomidae y Lumbricidae. La calidad hidromorfológica y la calidad biológica (índice ABI) presentan una misma tendencia respecto a los resultados antes mencionados.



Handwritten notes in blue ink on the left margin.



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

Tabla 7-31. Calidad ecológica de acuerdo con el protocolo CERA-S, en la microcuenca Quelcaya

Punto de muestreo	Calidad hidromorfológica		Calidad biológica (índice ABI)		Calidad ecológica	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
HID-Cor-bof50	--	Mala	--	Mala	--	Mala
HID-QSN3	--	Moderada	--	Buena	--	Moderada
HID-QSimi2	--	Moderada	--	Moderada	--	Moderada
HID-QMaij1	--	Moderada	--	Moderada	--	Moderada
HID-Qchau1	--	Moderada	--	Moderada	--	Moderada
HID-Qchau2	--	Moderada	--	Moderada	--	Moderada
HID-QMisa1	--	Moderada	--	Moderada	--	Moderada
HID-QSall1	--	Moderada	--	Moderada	--	Moderada
HID-RQuel1	Moderada	Moderada	Moderada	Buena	Moderada	Moderada
HID-QSiti1	--	Moderada	--	Buena	--	Moderada
HID-RQuel2	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada

---: no corresponde

7.3.3. Evaluación hidroquímica

La caracterización hidroquímica se enfocó en los puntos de muestro ubicados en las microcuencas Supayhuasi (zona I), Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (zona II), Imaginamayu (zona III), y Quelcaya (zona IV) de agua superficial (quebradas, ríos, bofedales, lagunas y manantiales), subterránea (piezómetros) y efluentes⁴².

Diagramas (facies) hidroquímicos

Para efectos de este análisis se utilizaron las concentraciones de los componentes iónicos mayoritarios del agua (cationes: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ ; y, aniones: HCO_3^- , SO_4^{2-} y Cl^-), mediante los diagramas de Piper y Stiff.

De la evaluación, se ha realizado una clasificación del agua superficial, agua subterránea (piezómetros y manantiales) y efluentes; a través, del diagrama de Ficklin, el cual se basa en la suma de los metales disueltos (zinc, cobre, cadmio, plomo, cobalto y níquel) con respecto a los valores de pH. Es importante señalar que, el diagrama de Ficklin, no considera a las concentraciones de manganeso, aluminio y hierro, debido a que estos elementos presentan un comportamiento geoquímico muy diferente (Favas *et al.*, 2016).

Error de balance iónico (EBI)

El EBI se calculó en base a los aniones: sulfatos (SO_4^{2-}), cloruros (Cl^-) y bicarbonatos (HCO_3^-), y los cationes: hidronio (H_3O^+), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), sodio (Na^+), aluminio (Al^{3+}), litio (Li^+), bario (Ba^{2+}), hierro (Fe^{2+}), manganeso (Mn^{2+}), estroncio (Sr^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}).

Desde la Tabla 7-32 hasta la 7-35, se muestran las concentraciones de aniones y cationes considerados para la evaluación del balance iónico. En los puntos que superan el EBI, se observa que la suma de aniones y cationes es menor a 1 meq/L. A

⁴² Denominado así, a los pasivos ambientales con drenajes, los cuales descargan a cuerpos de agua como ríos y quebradas, según el Primer Informe Técnico Sustentatorio del administrado. Aprobado mediante Resolución Directoral N.º 012-2016-MEM-DGAAM, con fecha 19 de enero de 2016. En adelante, solo se hará mención a efluente.



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»

este nivel, los valores de concentración se encuentran muy cerca al límite de cuantificación (LC), y las desviaciones aceptables para valores cercanos al LC es 50 %, debido a la variabilidad relativa existente a este nivel; por lo que podría esperarse que el EBI supere el ± 10 % para niveles de concentración bajos, donde la suma de aniones y cationes no supera 5 meq/L, más aún si la suma es menor a 1 meq/L. Nordstrom *et al.* (2008), consideró válidos los datos del balance de carga con desviación estándar ± 20 %.



9
10
11
12
13
14
15



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

Tabla 7-32. Balance iónico de los cuerpos agua en la microcuenca Supayhuasi

N.º	Componente	Código de Muestreo	Concentraciones (mg/L)																Balance Iónico	
			H ₃ O ⁺	Aluminio (Al ³⁺)	Hierro (Fe ²⁺)	Manganeso (Mn ²⁺)	Bario (Ba ²⁺)	Estroncio (Sr ²⁺)	Litio (Li ⁺)	Calcio (Ca ²⁺)	Magnesio (Mg ²⁺)	Potasio (K ⁺)	Sodio (Na ⁺)	ΣCationes	Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	Cloruros (Cl ⁻)	Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	ΣAniones		
1	Agua subterránea (piezómetros)	MGW-CO-07	0,0001	0,00011	0,05196	0,01885	0,00565	0,00282	0,03188	0,82	1,19	0,17	0,17	2,45	1,796	0,00	0,81	2,60	-3,03%	
2		MGW-CO-08	0,0000	0,00011	0,00249	0,00076	0,01830	0,00194	0,11817	0,31	0,34	0,21	1,05	2,05	2,226	0,01	0,01	2,24	-4,49%	
3		MGW-CO-09	0,0000	0,01201	0,00413	0,00070	0,00189	0,00069	0,04676	0,07	0,02	0,04	7,99	8,19	6,497	0,00	0,19	6,69	10,12%	
4		MGW-CO-11	0,0001	0,00378	0,00873	0,00060	0,00003	0,00006	0,02274	0,02	0,02	0,02	0,46	0,55	0,703	0,00	0,04	0,74	-14,65%	
5	Quebradas	QMina3	0,0006	0,01445	0,00406	0,00022	0,00005	0,00003	0,00418	0,02	0,01	0,01	0,06	0,12	0,095	0,04	0,00	0,14	-6,28%	
6		QMina4	0,0007	0,00789	0,00363	0,00012	0,00002	0,00002	0,00350	0,01	0,00	0,01	0,07	0,10	0,082	0,05	0,00	0,13	-12,07%	
7		QSN1A	0,0005	0,00400	0,01259	0,00675	0,00367	0,00008	0,00082	0,02	0,01	0,01	0,01	0,09	0,059	0,04	0,01	0,11	-12,85%	
8		QSN1B	0,0007	0,00245	0,00211	0,00103	0,00655	0,00010	0,00001	0,01	0,01	0,02	0,00	0,05	0,036	0,04	0,02	0,09	-27,79%	
9		QSN1	0,0003	0,01045	0,01010	0,00683	0,00365	0,00010	0,00092	0,02	0,02	0,02	0,02	0,11	0,062	0,04	0,02	0,12	-6,16%	
10		QSN2	0,2291	0,09340	0,17308	0,02651	0,00471	0,00017	0,00135	0,02	0,02	0,02	0,02	0,61	0,010	0,04	0,49	0,55	5,64%	
11		QSala1	0,2884	0,14721	0,01052	0,00624	0,00121	0,00017	0,00073	0,03	0,01	0,03	0,01	0,53	0,010	0,04	0,58	0,64	-9,25%	
12		QSala2	0,4571	0,25651	0,29968	0,00809	0,00113	0,00017	0,00107	0,03	0,02	0,04	0,01	1,12	0,010	0,04	1,39	1,44	-12,69%	
13		QMina1	0,2399	0,21326	0,23185	0,07092	0,00349	0,00022	0,00317	0,07	0,04	0,02	0,04	0,95	0,010	0,05	1,09	1,15	-9,56%	
14		QPiru2	0,0048	0,01223	0,00886	0,00182	0,00221	0,00009	0,00030	0,03	0,04	0,02	0,01	0,13	0,010	0,19	0,00	0,20	-19,51%	
15		QPiru1	0,0550	0,07739	0,00839	0,01021	0,00166	0,00015	0,00046	0,04	0,05	0,03	0,01	0,29	0,010	0,03	0,24	0,28	2,19%	
16		QMina2	0,0912	0,10151	0,07685	0,03628	0,00320	0,00028	0,00262	0,10	0,05	0,03	0,04	0,53	0,010	0,04	0,51	0,56	-3,00%	
17		QInti4	0,0005	0,00634	0,00001	0,00040	0,00059	0,00004	0,00246	0,01	0,00	0,00	0,07	0,10	0,087	0,04	0,00	0,13	-16,26%	
18		QInti2	0,0001	0,00901	0,00001	0,00029	0,00090	0,00005	0,00385	0,01	0,00	0,00	0,06	0,09	0,082	0,03	0,01	0,12	-14,89%	
19		QInti3	0,0002	0,01279	0,00074	0,00016	0,00013	0,00002	0,00233	0,00	0,00	0,00	0,06	0,08	0,075	0,04	0,00	0,12	-19,42%	
20		QInti1A	0,0006	0,00945	0,00034	0,00023	0,00015	0,00006	0,00056	0,01	0,00	0,00	0,05	0,08	0,082	0,03	0,00	0,12	-20,67%	
21		QInti1	0,0002	0,01112	0,00027	0,00010	0,00052	0,00005	0,00264	0,01	0,00	0,01	0,06	0,10	0,090	0,04	0,01	0,14	-15,73%	
22		QPinc1	0,0004	0,00812	0,00421	0,00077	0,00025	0,00012	0,00001	0,03	0,00	0,00	0,05	0,10	0,075	0,04	0,02	0,13	-13,58%	
23		QPinc2	0,0004	0,01245	0,00401	0,00034	0,00019	0,00019	0,00046	0,04	0,01	0,01	0,09	0,16	0,115	0,04	0,02	0,17	-3,15%	
24		QSant1	0,0003	0,00511	0,00269	0,00026	0,00014	0,00005	0,00039	0,02	0,01	0,00	0,04	0,08	0,067	0,04	0,00	0,10	-11,76%	
25		QSupa2	0,0741	0,09662	0,08065	0,03301	0,00294	0,00029	0,00274	0,09	0,05	0,03	0,05	0,51	0,010	0,04	0,44	0,49	1,36%	
26		QEsca1	0,0001	0,00233	0,00073	0,00012	0,00002	0,00015	0,00395	0,04	0,00	0,01	0,25	0,32	0,220	0,05	0,03	0,30	2,62%	
27		QSupa3	0,0012	0,04970	0,03904	0,02121	0,00132	0,00032	0,00235	0,09	0,05	0,02	0,08	0,36	0,010	0,05	0,35	0,41	-6,85%	
28		Efluentes	EF-BC-08	1,5488	1,12744	3,01646	0,02521	0,00019	0,00025	0,00277	0,02	0,08	0,14	0,01	5,97	0,010	0,13	8,69	8,83	-19,35%
29			EF-BC-03A	3,3113	6,67235	14,68297	2,19047	0,00018	0,00179	0,05153	1,58	2,05	0,27	0,12	30,93	0,010	0,11	50,87	50,98	-24,47%
30			EF-BC-03	0,8913	0,67202	1,78309	1,91015	0,00013	0,00124	0,04901	2,48	3,66	0,05	0,10	11,60	0,010	0,08	17,13	17,23	-19,53%
31			EF-BC-02	0,1660	0,29965	0,52142	0,87226	0,00078	0,00133	0,04133	1,03	1,23	0,07	0,33	4,57	0,010	0,10	7,67	7,78	-25,98%
32	Bofedales	Cor-bof26	0,0007	0,00623	0,00029	0,00008	0,00003	0,00003	0,00324	0,01	0,00	0,00	0,05	0,08	0,079	0,04	0,00	0,12	-16,36%	
33		Cor-bof28	0,0017	0,00856	0,00143	0,00014	0,00003	0,00003	0,00310	0,02	0,00	0,01	0,07	0,11	0,079	0,04	0,00	0,12	-2,90%	
34		Cor-bof27	0,0013	0,01356	0,00141	0,00024	0,00010	0,00004	0,00141	0,01	0,00	0,00	0,05	0,08	0,048	0,04	0,00	0,09	-1,03%	
35		Cor-bof13A	0,0013	0,00901	0,00139	0,00010	0,00001	0,00004	0,00437	0,01	0,00	0,00	0,07	0,10	0,070	0,04	0,00	0,12	-6,26%	
36		B Mina2	0,0020	0,00578	0,00140	0,00009	0,00002	0,00002	0,00382	0,01	0,00	0,00	0,07	0,09	0,090	0,04	0,00	0,13	-15,69%	
37		Cor-bof19	1,3183	0,48833	33,04385	1,33059	0,00027	0,00079	0,01946	1,29	0,88	0,04	0,08	38,49	0,010	0,13	40,25	40,39	-2,41%	



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a large arrow pointing upwards and some illegible scribbles.



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 7-33. Balance iónico de los cuerpos agua en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

N.º	Componente	Código de Muestreo	Concentraciones (meq/L)																Balance Iónico
			H ₃ O*	Aluminio (Al ³⁺)	Hierro (Fe ²⁺)	Manganeso (Mn ²⁺)	Bario (Ba ²⁺)	Estroncio (Sr ²⁺)	Litio (Li ⁺)	Calcio (Ca ²⁺)	Magnesio (Mg ²⁺)	Potasio (K ⁺)	Sodio (Na ⁺)	ΣCationes	Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	Cloruros (Cl ⁻)	Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	ΣAniones	
1	Agua subterránea (piezómetros)	MGW-CO-01	0,0004	0,00345	0,54041	0,02211	0,00038	0,00101	0,00677	0,24	0,19	0,08	0,09	1,17	0,010	0,00	1,06	1,08	4,09%
2		MGW-CO-05	0,0002	0,00367	0,14482	0,00599	0,00018	0,00052	0,00246	0,19	0,08	0,04	0,22	0,70	0,320	0,00	0,33	0,66	2,89%
3		MGW-CO-04	0,0001	0,00156	0,02182	0,00913	0,00063	0,00085	0,00235	0,46	0,11	0,06	0,17	0,83	0,583	0,00	0,37	0,96	-6,88%
4		MGW-CO-06	0,0044	0,06649	0,09014	0,00603	0,00066	0,00109	0,00222	0,20	0,06	0,07	0,03	0,54	0,010	0,00	0,49	0,50	3,66%
5	Laguna	LCoch1	0,0010	0,00356	0,00324	0,00183	0,00040	0,00015	0,00001	0,06	0,02	0,02	0,01	0,12	0,039	0,03	0,09	0,16	-13,17%
6	Quebradas y ríos	QColl1	0,0427	0,05826	0,01770	0,00260	0,00039	0,00028	0,00120	0,06	0,03	0,02	0,03	0,27	0,010	0,04	0,24	0,28	-2,38%
7		QColl2	0,0575	0,07983	0,02101	0,00430	0,00054	0,00022	0,00131	0,06	0,04	0,03	0,03	0,32	0,010	0,03	0,23	0,26	10,18%
8		QMinac1	0,0001	0,01012	0,00205	0,00022	0,00005	0,00044	0,00231	0,11	0,03	0,01	0,10	0,27	0,200	0,03	0,03	0,25	2,62%
9		QColl3	0,0003	0,02835	0,00769	0,00226	0,00034	0,00043	0,00138	0,10	0,04	0,02	0,06	0,27	0,070	0,02	0,12	0,22	11,24%
10		QColc1	0,0003	0,05682	0,01633	0,00241	0,00030	0,00069	0,00219	0,16	0,05	0,02	0,09	0,40	0,126	0,03	0,12	0,28	17,78%
11		QSill1	0,0004	0,01401	0,00762	0,00076	0,00006	0,00024	0,00220	0,07	0,01	0,02	0,04	0,16	0,082	0,04	0,04	0,16	1,06%
12		RChac1	0,0015	0,01968	0,01246	0,00583	0,00045	0,00042	0,00203	0,10	0,05	0,02	0,07	0,28	0,048	0,00	0,18	0,23	9,33%
13		RJara2	0,0014	0,01957	0,01162	0,00737	0,00053	0,00046	0,00311	0,11	0,05	0,02	0,08	0,30	0,043	0,00	0,24	0,28	3,36%
14	Manantiales	Mana7	0,0003	0,00645	0,00385	0,00025	0,00004	0,00029	0,00442	0,09	0,01	0,01	0,21	0,34	0,270	0,03	0,01	0,32	3,33%
15		Mana8	0,0002	0,01090	0,00338	0,00006	0,00005	0,00235	0,00474	0,30	0,04	0,02	0,14	0,53	0,205	0,04	0,09	0,34	21,34%
16		Mana13	0,0001	0,01356	0,03357	0,00173	0,00003	0,00009	0,00713	0,03	0,00	0,01	0,09	0,20	0,121	0,04	0,00	0,17	9,04%



140
A
D
PE
ch.
D.
E



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

Tabla 7-34. Balance iónico de los cuerpos agua en la microcuenca Imaginamayu

N.º	Componente	Código de Muestreo	Concentraciones (meq/L)															Balance iónico	
			H ₃ O ⁺	Aluminio (Al ³⁺)	Hierro (Fe ²⁺)	Manganeso (Mn ²⁺)	Bario (Ba ²⁺)	Estroncio (Sr ²⁺)	Litio (Li ⁺)	Calcio (Ca ²⁺)	Magnesio (Mg ²⁺)	Potasio (K ⁺)	Sodio (Na ⁺)	ΣCationes	Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	Cloruros (Cl ⁻)	Sulfatos (SO ₄ ²⁻)		ΣAniones
1	Laguna	LChul1	0,0001	0,0137	0,0063	0,0004	0,0001	0,0002	0,0153	0,0584	0,0248	0,0455	0,2318	0,3966	0,2393	0,0113	0,0101	0,2607	20,68%
2	Quebradas	QImagA	0,0010	0,01712	0,00188	0,00060	0,00004	0,00007	0,00231	0,02	0,02	0,01	0,06	0,13	0,051	0,00	0,05	0,10	12,18%
3		QPaus1	0,0026	0,01056	0,00699	0,00076	0,00004	0,00012	0,00551	0,04	0,02	0,02	0,07	0,17	0,051	0,00	0,06	0,12	17,67%
4		QImag1	0,0015	0,00801	0,00203	0,00025	0,00002	0,00013	0,00294	0,03	0,02	0,01	0,06	0,14	0,090	0,00	0,02	0,11	11,70%
5		QImag2	0,0010	0,01145	0,00227	0,00048	0,00004	0,00013	0,00427	0,03	0,02	0,01	0,06	0,15	0,067	0,00	0,04	0,11	16,02%
6		QImag4	0,0003	0,00912	0,00213	0,00036	0,00002	0,00013	0,00630	0,03	0,01	0,01	0,09	0,16	0,102	0,00	0,02	0,13	10,53%
7	Bofedales	Cor-bof42	0,0022	0,02035	0,87704	0,03699	0,00013	0,00008	0,00144	0,06	0,04	0,01	0,05	1,10	0,023	0,03	0,00	0,06	90,46%
8		Cor-Bof13	0,0009	0,01668	0,00242	0,00015	0,00002	0,00005	0,00538	0,01	0,01	0,01	0,07	0,14	0,056	0,00	0,02	0,08	29,22%
9		Cor-Bof9	0,0009	0,01546	0,00384	0,00032	0,00005	0,00021	0,00742	0,05	0,03	0,01	0,12	0,24	0,126	0,00	0,00	0,13	31,33%
10		Cor-bof46	0,0021	0,00567	0,08824	0,00384	0,00008	0,00008	0,00190	0,05	0,02	0,01	0,04	0,22	0,036	0,03	0,00	0,06	55,01%
11		Cor-bof35	0,0015	0,01112	0,00539	0,00066	0,00006	0,00018	0,00138	0,07	0,01	0,01	0,04	0,16	0,075	0,03	0,00	0,10	22,32%
12		Cor-bor34	0,0007	0,01268	0,00286	0,00058	0,00005	0,00036	0,00134	0,07	0,01	0,01	0,04	0,14	0,070	0,04	0,00	0,11	14,90%

Tabla 7-35. Balance iónico de los cuerpos agua en la microcuenca Quelcaya

N.º	Componente	Código de Muestreo	Concentraciones (meq/L)															Balance iónico	
			H ₃ O ⁺	Aluminio (Al ³⁺)	Hierro (Fe ²⁺)	Manganeso (Mn ²⁺)	Bario (Ba ²⁺)	Estroncio (Sr ²⁺)	Litio (Li ⁺)	Calcio (Ca ²⁺)	Magnesio (Mg ²⁺)	Potasio (K ⁺)	Sodio (Na ⁺)	ΣCationes	Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	Cloruros (Cl ⁻)	Sulfatos (SO ₄ ²⁻)		ΣAniones
1	Agua subterránea (piezómetros)	MGW-CO-02	0,0224	0,22627	0,62277	0,02893	0,00024	0,00123	0,00171	0,47	0,59	0,13	0,10	2,19	0,010	0,00	2,49	2,51	-6,64%
2		MGW-CO-03	0,0000	0,00011	0,00150	0,00103	0,00005	0,00031	0,12150	0,06	0,00	0,01	4,38	4,57	5,246	0,00	0,07	5,32	-7,58%
3	Quebradas y ríos	QSN3	0,0001	0,00901	0,00127	0,00048	0,00005	0,00024	0,00316	0,06	0,03	0,02	0,13	0,25	0,200	0,04	0,04	0,28	-5,47%
4		QSimi1	0,0013	0,01123	0,00150	0,00091	0,00005	0,00029	0,00171	0,07	0,03	0,02	0,05	0,19	0,056	0,03	0,13	0,21	-6,31%
5		QSimi2	0,0002	0,03725	0,00327	0,00073	0,00005	0,00027	0,00244	0,07	0,03	0,02	0,08	0,24	0,098	0,04	0,06	0,20	9,56%
6		QQuel1	0,0007	0,02068	0,00643	0,00232	0,00008	0,00029	0,00239	0,10	0,04	0,02	0,07	0,27	0,075	0,04	0,11	0,23	7,16%
7		QMaj1	0,0007	0,00534	0,00292	0,00292	0,00128	0,00010	0,00029	0,02	0,03	0,02	0,03	0,12	0,070	0,04	0,02	0,12	-3,29%
8		QChau1	0,0032	0,00612	0,00188	0,00067	0,00017	0,00005	0,00184	0,01	0,01	0,01	0,04	0,09	0,062	0,04	0,03	0,13	-15,15%
9		QChau2	0,0013	0,01401	0,00619	0,00082	0,00004	0,00008	0,00153	0,02	0,01	0,01	0,05	0,11	0,138	0,04	0,00	0,17	-23,03%
10		QMisa1	0,0005	0,00912	0,00281	0,00242	0,00024	0,00022	0,00174	0,07	0,03	0,02	0,06	0,20	0,087	0,03	0,06	0,18	6,37%
11		QSall1	0,0012	0,01401	0,00739	0,00105	0,00009	0,00026	0,00254	0,07	0,04	0,03	0,05	0,22	0,051	0,02	0,08	0,16	17,12%
12		RQuel1	0,0001	0,01657	0,00449	0,00155	0,00018	0,00036	0,00233	0,18	0,04	0,03	0,08	0,34	0,090	0,00	0,08	0,17	32,81%
13		QSit1	0,0001	0,01123	0,00162	0,00019	0,00002	0,00012	0,00448	0,03	0,00	0,01	0,09	0,15	0,087	0,00	0,02	0,11	15,09%
14		RQuel2	0,0002	0,01312	0,00329	0,00074	0,00010	0,00059	0,00519	0,14	0,04	0,02	0,08	0,30	0,157	0,00	0,09	0,25	10,30%
15		Bofedales	Cor-bof50	0,0015	0,00245	0,00327	0,00146	0,00006	0,00001	0,01	0,01	0,02	0,01	0,07	0,051	0,04	0,00	0,09	-15,12%
16	Manantial	Mana10	0,0000	0,00011	0,00001	0,00041	0,00043	0,00650	0,01497	1,68	0,30	0,04	0,78	2,82	2,119	0,00	0,91	3,03	-3,66%

**7.3.3.1. Microcuenca Supayhuasi (zona I)****Diagramas de Piper y Stiff**

Los puntos muestreados en la microcuenca Supayhuasi se agrupan en facies o dominios con concentraciones conforme a lo siguiente (Figura 7-132 y Anexo 2 - mapa hidroquímico).

Durante la evaluación en julio 2017 (en adelante, época seca), se presentaron facies sulfatadas mixtas (sódicas cálcicas) en los puntos QMina1, QMina2, QSupa2 y QSupa3; facies sulfatadas-magnésicas en el punto QPiru1; en tanto, facies bicarbonatadas sódicas en los puntos BMina2, QSN1, QMina3, QInti1, QMina4 y QEsca1; mientras que, facies sulfatadas sódicas en el punto QSN2 (Figura 7-132).

Mientras que, en la evaluación de febrero 2018 (en adelante, época húmeda); se mostraron facies sulfatadas magnésicas en los puntos EF-BC-03, EF-BC-03A, sulfatadas mixtas (magnésico sódico) en el punto EF-BC-02, sulfatadas cálcicas en el punto Cor-bof19, cloruradas mixtas (magnésico sódico) en el punto QPiru2, sulfatadas mixtas (sódico cálcico) en los puntos QPiru1, QMina1, QMina2 y QSupa2, sulfatadas mixtas (cálcico sódico) en los puntos QSN2 y QSupa3; mientras que, se tienen facies bicarbonatadas magnésicas en los puntos QSN1, MGW-CO-07 y MGW-CO-08; y facies sulfatadas sódicas en los puntos QSala2, QSala1, QEsca1 y EF-BC-08. Finalmente, facies de tipo bicarbonatadas-sódicas en los puntos MGW-CO-11, Cor-bof13A, BMina2, Cor-bof26, Cor-bof28, Cor-bof27, QMina3 QMina4, QSN1A, QSN1B, QSN1, QInti4, QInti2, QInti3, QInti1a, QInti1, QPinc1, QPinc2, QSant1 y MGW-CO-09 (Figura 7-132).

Los cuerpos de agua evaluados en la microcuenca Supayhuasi tuvieron rangos de mineralización durante la evaluación, donde las facies sulfatadas predominan en un mayor rango de concentración del anión SO_4^{2-} , siendo los puntos de efluentes y Cor-bof19 con mayor rango (Tabla 7-36 y Figura 7-133).

Tabla 7-36. Rango de variaciones de concentraciones de SO_4^{2-} en la microcuenca Supayhuasi, por periodo de evaluación

Rango	Periodo de evaluación	Puntos de muestreo
0-1,5 meq/L de SO_4^{2-}	Época seca	BMina2, BSN1, BMina3, BMina1, QPiru1, QSupa3, QEsca1 y QInti1
	Época húmeda	Cor-bof13A, BMina2, Cor-bof26, Cor-bof28, Cor-bof27, QMina3 QMina4, QSN1A, QSN1B, QSN1, QInti4, QInti2, QInti3, QInti1a, QInti1, QPinc1, QPinc2 QSant1, QSN2, QSala1, QSala2, QMina1, QPiru2, QPiru1, QMina2 y QSupa2
1,5 a 3 meq/L de SO_4^{2-}	Época seca	QSN2, QMina2, Qmina1 y QSupa2
	Época húmeda	--
3 a 10 meq/L de SO_4^{2-}	Época seca	--
	Época húmeda	EF-BC-08
10 a 20 meq/L de SO_4^{2-}	Época seca	--
	Época húmeda	EF-BC-03
20 a 50 meq/L de SO_4^{2-}	Época seca	--
	Época húmeda	Cor-bof19 y EF-BC-03A

---: no se registró punto en este rango



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

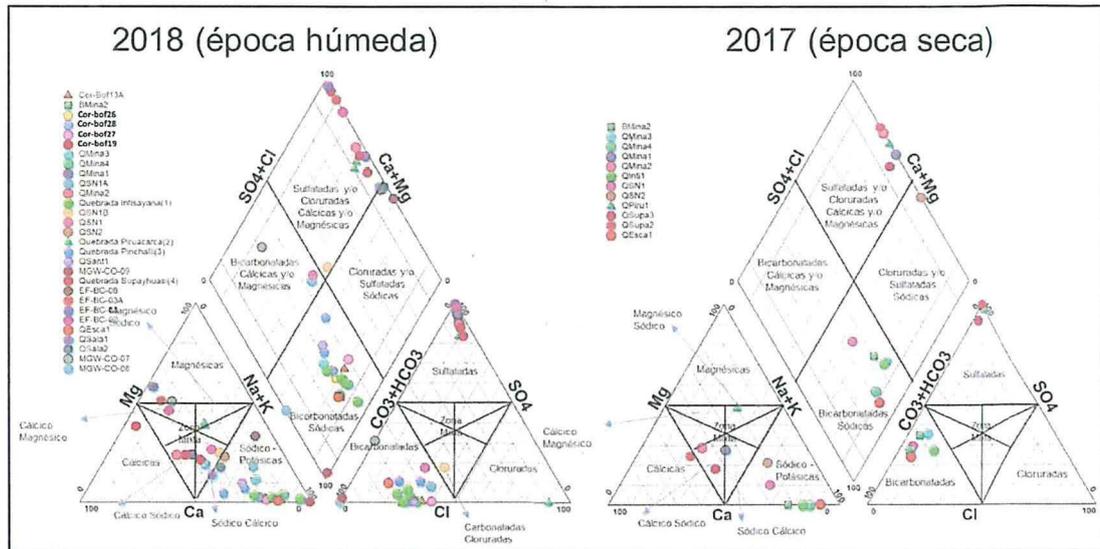


Figura 7-132. Diagramas de Piper en la microcuenca Supayhuasi, en épocas seca y húmeda

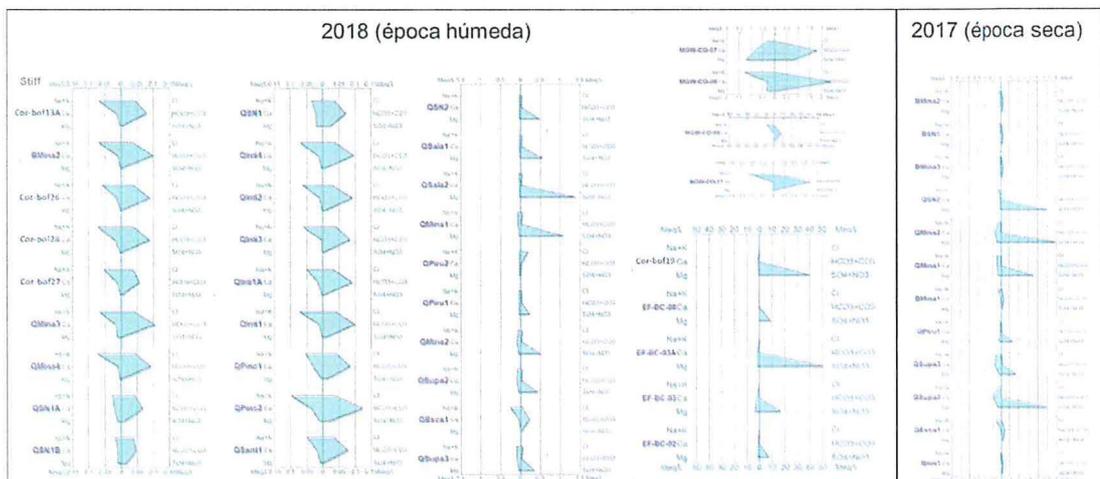


Figura 7-133. Diagramas de Stiff en la microcuenca Supayhuasi, en épocas seca y húmeda

Diagrama de Ficklin

De acuerdo al diagrama de Ficklin, en la microcuenca Supayhuasi, los puntos QSN2, QSala1, QSala1, QMina2, Qsupa2, EF-BC-03 y EF-BC-02 se clasifican como aguas ácidas con alta carga de metales; los puntos EF-BC-03A y Cor-bof19 fueron clasificados como aguas de elevada acidez y carga extrema de metales; mientras que, el punto de bocamina EF-BC-08 se clasifica como agua de elevada acidez y alta carga de metales; los puntos QPiru1 y QPiru2 fueron clasificados como ácidos con baja carga de metales; y, el punto QSupa3 como casi neutro con elevada carga de metales. Los demás puntos de muestreo ubicados en la microcuenca Supayhuasi, se clasifican como casi neutro con baja carga de metales (Figura 7-134).



Handwritten notes in blue ink, including a vertical line and the letters 'H', 'O', 'A', 'D', 'E', 'P'.



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

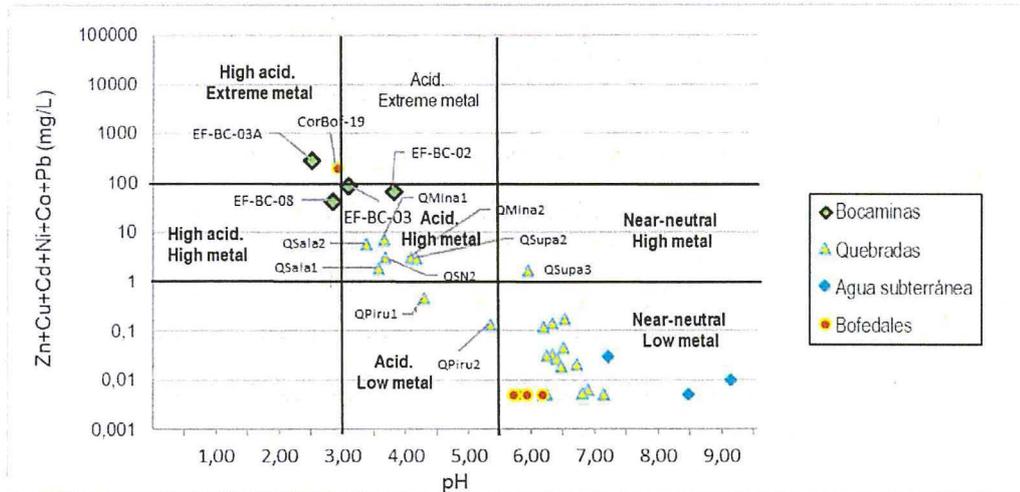


Figura 7-134. Clasificación hidroquímica según el diagrama de Ficklin en la microcuenca Supayhuasi, en época húmeda

Procesos de interacción agua-roca

Respecto al diagrama de Gibbs para agua subterránea (época húmeda), el punto MGW-CO-07 se ubica en la zona de interacción con la roca, por lo que los procesos de disolución/precipitación de minerales o el intercambio iónico deberían controlar su química, y los puntos MGW-CO-08 y MGW-CO-09 se ubican en la zona de evaporación (flujo local) (Figura 7-135).

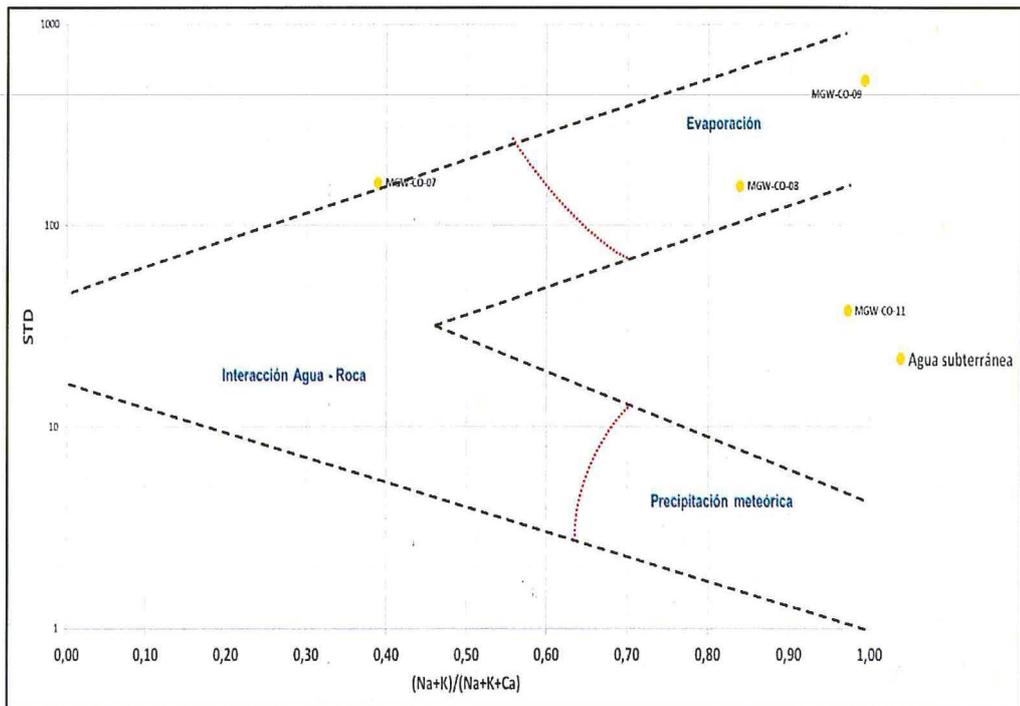


Figura 7-135. Diagrama de Gibbs en la microcuenca Supayhuasi, para agua subterránea, en época húmeda

Handwritten notes in blue ink, including a vertical line and some illegible characters.



7.3.3.2. Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (zona II)

Diagramas de Piper y Stiff

Durante la evaluación en época seca, se presentaron facies bicarbonatadas cálcicas en los puntos QColc1 y Mana8; cloruradas cálcicas mixtas (sulfatadas bicarbonatadas) en el punto RJara2; bicarbonatadas sódicas en los puntos Mana7 y RJara1, y sulfatadas sódicas en el punto QSill1 (Figura 7-136).

En tanto que, en la evaluación en época húmeda, se obtuvieron facies sulfatadas cálcicas en los puntos LCOch1, QColc1 y MGW-CO-05; sulfatadas mixtas (cálcicas sódicas) en los puntos MGW-CO-01, QColl2, QColl1, RJara2 y RChac1; sulfatadas mixtas (sódicas cálcicas) en los puntos MGW-CO-06 y RJara1; cálcica mixtas (bicarbonatadas sulfatadas) en el punto QColl3; bicarbonatadas mixtas (cálcico sódico) en los puntos QSill1 y QMinac1; bicarbonatadas cálcicas en los puntos Mana8 y MGW-CO-04; y, bicarbonatadas sódicas en los puntos Mana13 y Mana7 (Figura 7-136).

Los resultados del diagrama de Stiff presentan similares características en las épocas húmeda y seca, para los puntos en común en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa; a excepción de, los puntos QColc1, RJara2 y RJara1 que cambiaron de facies bicarbonatadas a sulfatadas, cloruradas a sulfatadas, y bicarbonatadas a sulfatadas, de época seca a húmeda, respectivamente (Figura 7-137).

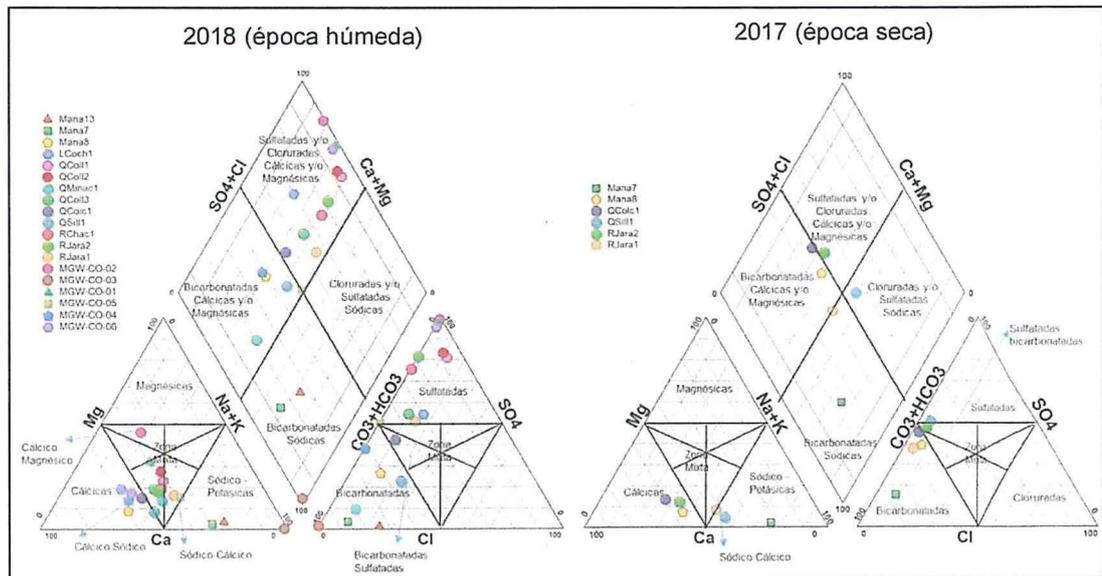


Figura 7-136. Diagramas de Piper en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, en épocas seca y húmeda

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»

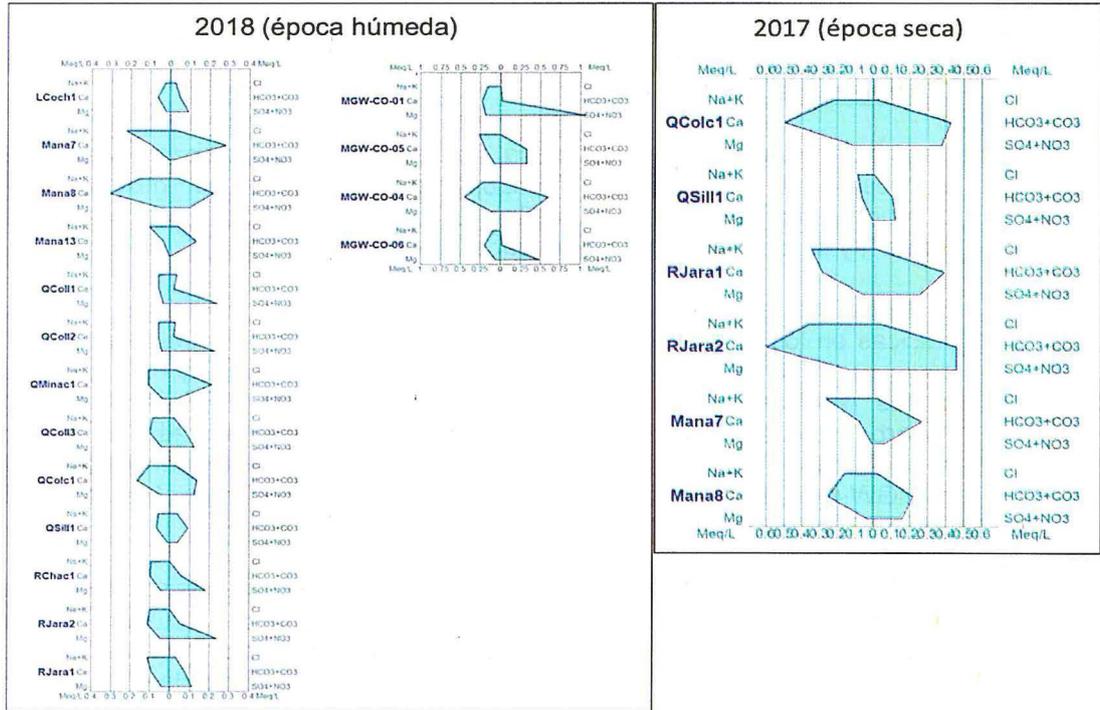


Figura 7-137. Diagramas de Stiff en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, en épocas seca y húmeda

Diagrama de Ficklin

Conforme con el diagrama de Ficklin, en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, los puntos de muestreo QColl1, QColl2, MGW-CO-06 se clasifican como aguas ácidas con baja carga de metales, y el punto MGW-CO-02 se clasifica como ácido con elevada carga de metales. Los demás puntos en la mencionada microcuenca, fueron clasificados como casi neutro con baja carga de metales (Figura 7-138).

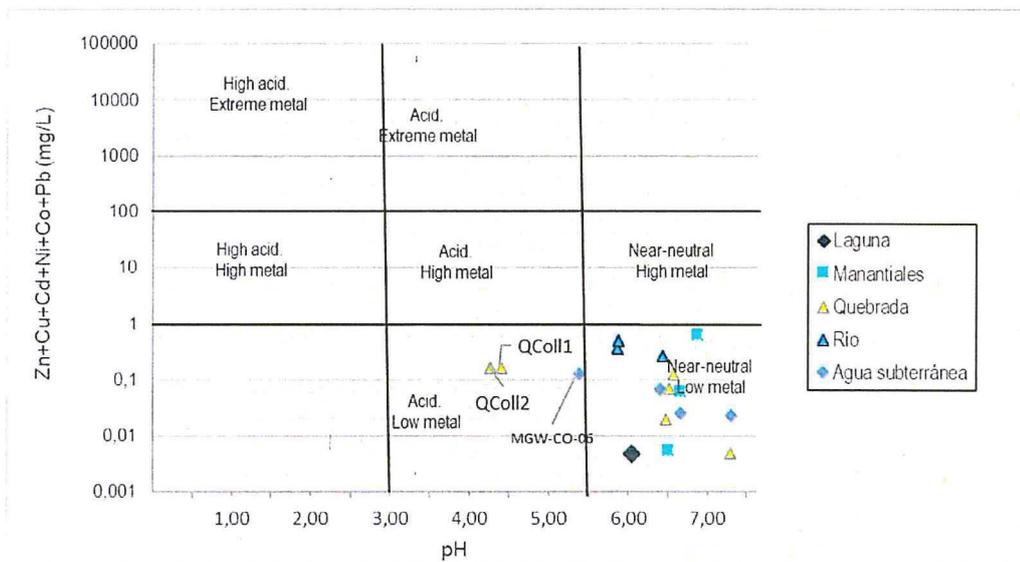


Figura 7-138. Clasificación hidroquímica según el diagrama de Ficklin en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, en época húmeda



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»

Procesos se interacción agua-roca

Del análisis del diagrama de Gibbs para agua subterránea en época húmeda, los puntos MGW-CO-06, MGW-CO-05 y MGW-CO-04, se ubican en la zona de interacción con la roca, por lo que los procesos de disolución/precipitación de minerales o el intercambio iónico deberían controlar su química, y el punto MGW-CO-01 se ubica en la zona de evaporación (flujo local) (Figura 7-139).

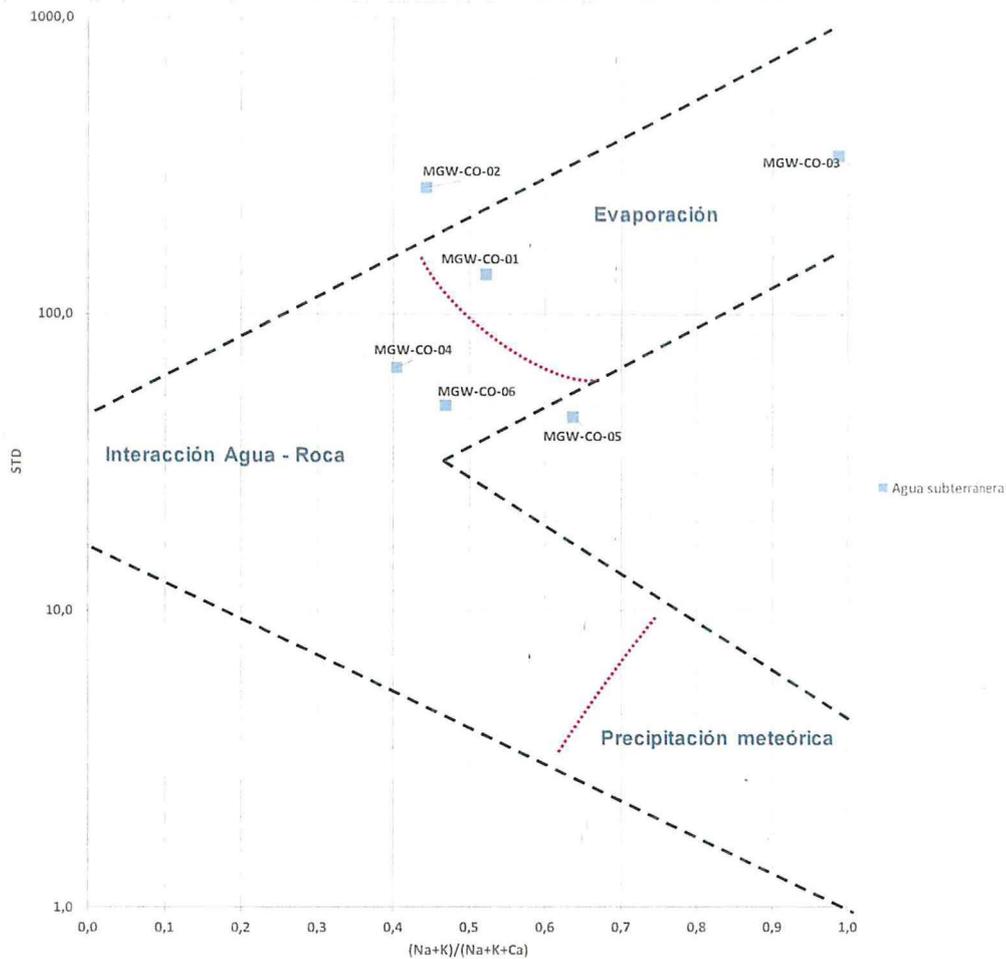


Figura 7-139. Diagrama de Gibbs en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, en época húmeda

7.3.3.3. Microcuenca Imaginamayu (zona III)

Diagramas de Piper y Stiff

Durante la evaluación en época seca, se presentaron facies bicarbonatadas sódicas en los puntos Cor-bof46, QPaus1, LChul1, QImag1, QImag2 y QImag4; y, sulfatadas sódicas en el punto Cor-bof42 (Figura 7-140).

Mientras que, en época húmeda, se mostraron facies tipo bicarbonatadas sódicas en los puntos Cor-Bof13, Cor-bof42, Cor-bof46, Cor-Bof9, LChul1, QImagA, QImag1, QImag2 y QImag4; y, sulfatadas sódicas en el punto QPaus1 (Figura 7-140).

Los resultados del diagrama de Stiff presentan similares características en las épocas seca y húmeda, para los puntos en común en la microcuenca Imaginamayu, donde



Handwritten notes and signatures on the left margin, including the date '14/07/12' and several illegible signatures.



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

predominaron las facies bicarbonatadas, a excepción de los puntos QPaus1 y Corbof42 que cambiaron de facies bicarbonatadas a sulfatadas y de sulfatadas a bicarbonatadas de época seca a húmeda, respectivamente (Figura 7-141).

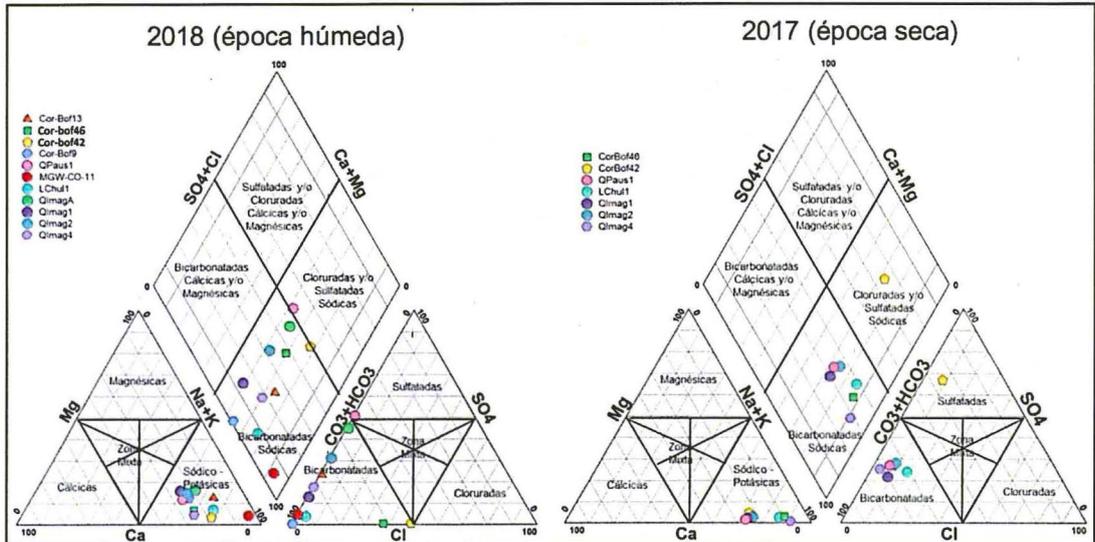


Figura 7-140. Diagramas de Piper en la microcuenca Imaginamayu, en épocas seca y húmeda

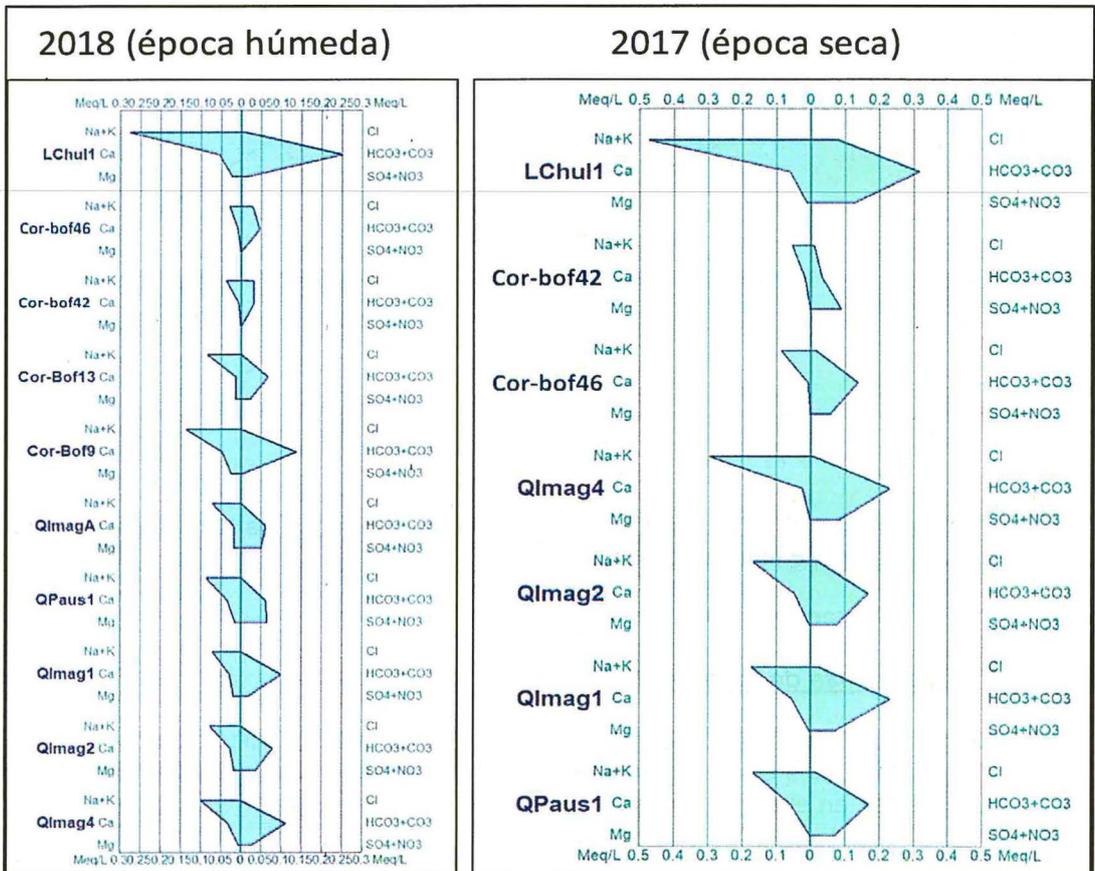


Figura 7-141. Diagramas de Stiff en la microcuenca Imaginamayu, en épocas seca y húmeda

Handwritten notes and signatures in blue ink, including a large signature at the top and several smaller marks below.



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

Diagrama de Ficklin

Acorde con el diagrama de Ficklin, todos los puntos evaluados en la microcuenca Imaginamayu, se clasifican como casi neutros con baja carga de metales (Figura 7-142).

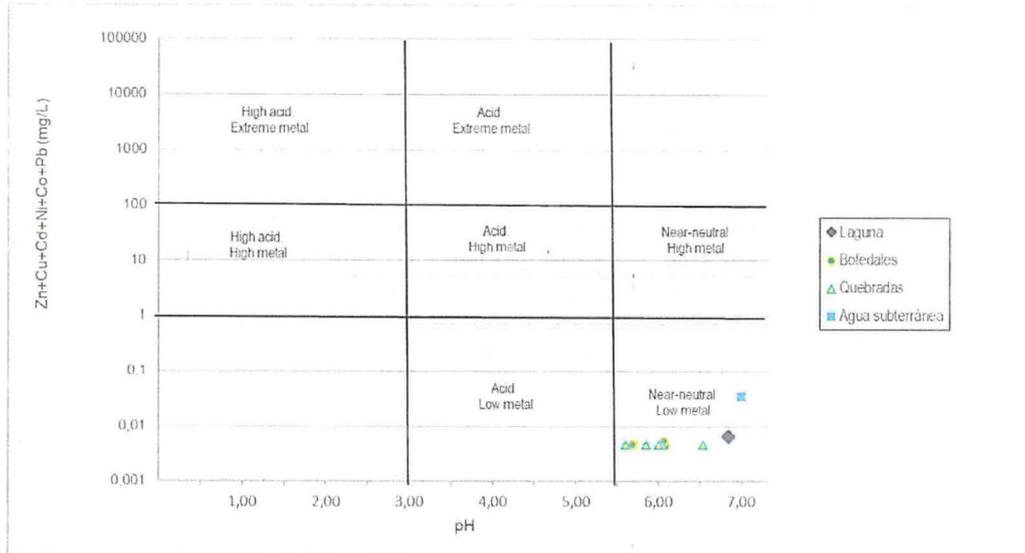


Figura 7-142. Clasificación hidroquímica según el diagrama de Ficklin en la microcuenca Imaginamayu, en época húmeda



7.3.3.4. Microcuenca Quelcaya (zona IV)

Diagramas de Piper y Stiff

Durante la evaluación en época seca, se clasificaron con facies bicarbonatadas sódicas en el punto Mana10, bicarbonatadas mixtas (cálcicas sódicas) en el punto RQuel2, sulfatadas sódicas en el punto RQuel1, y bicarbonatadas sódicas en el punto QSiti1 (Figura 7-143).

En tanto que, en época húmeda, se obtuvieron facies sulfatadas mixtas (cálcicos sódicos) en el punto QSimi1; en zona mixta (sulfatadas bicarbonatadas-cálcicas sódicas) en los puntos QSall1 y QQuel1; bicarbonatadas cálcicas en los puntos RQuel2, Mana10, RQuel1, Cor-bof34 y Cor-bof35; bicarbonatadas mixtas (potásico cálcicas) en los puntos QSimi2, QMisa1; bicarbonatadas sódicas en los puntos MGW-CO-03, QMaij1, Cor-bof50, QSN3, QChau1, QSiti1, QChau2 y QChau1; y, sulfatadas mixtas (cálcico magnésico) en el punto MGW-CO-02 (Figura 7-143).

Los resultados del diagrama de Stiff presentan similares características en las épocas seca y húmeda, para los puntos en común en la microcuenca Quelcaya, donde predominaron las facies bicarbonatadas (Figura 7-144).

Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a vertical list of characters and a large signature at the bottom.



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

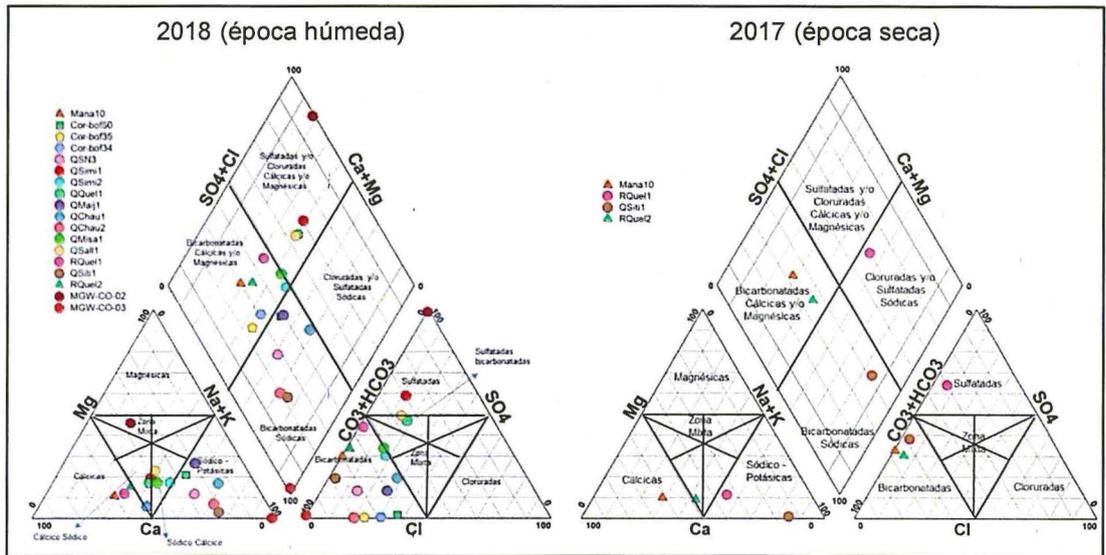


Figura 7-143. Diagramas de Piper en la microcuenca Quelcaya, en épocas seca y húmeda

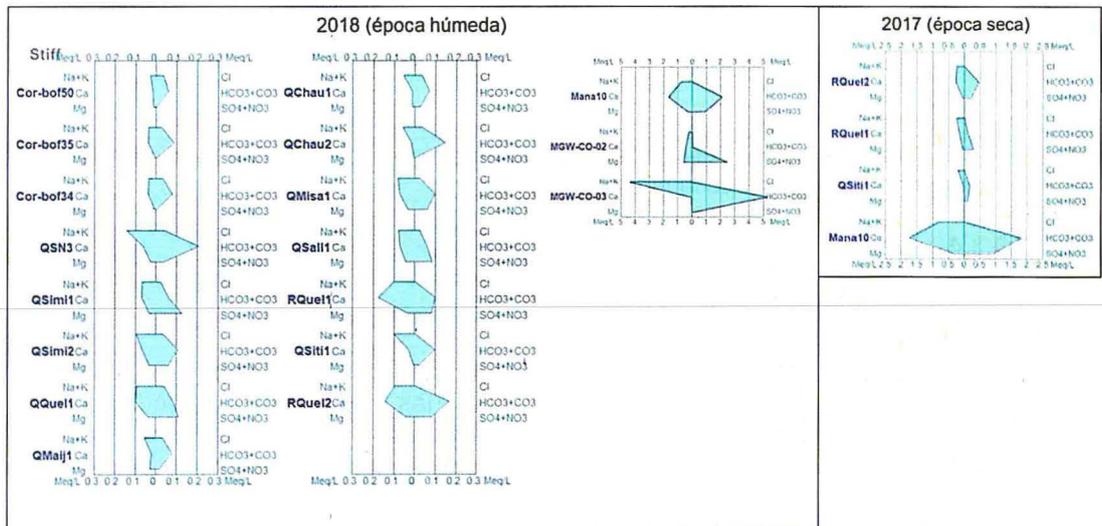


Figura 7-144. Diagramas de Stiff en la microcuenca Quelcaya, en épocas seca y húmeda

Diagrama de Ficklin

De acuerdo al diagrama de Ficklin, en la microcuenca Quelcaya, el punto MGW-CO-02 y MGW-CO-03 se clasifican como ácido con extrema carga de metales y casi neutras con alta carga de metales respectivamente. Los demás puntos en la mencionada microcuenca fueron clasificados como casi neutro con baja carga de metales (Figura 7-145).



Handwritten signature in blue ink, oriented vertically on the left side of the page.



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

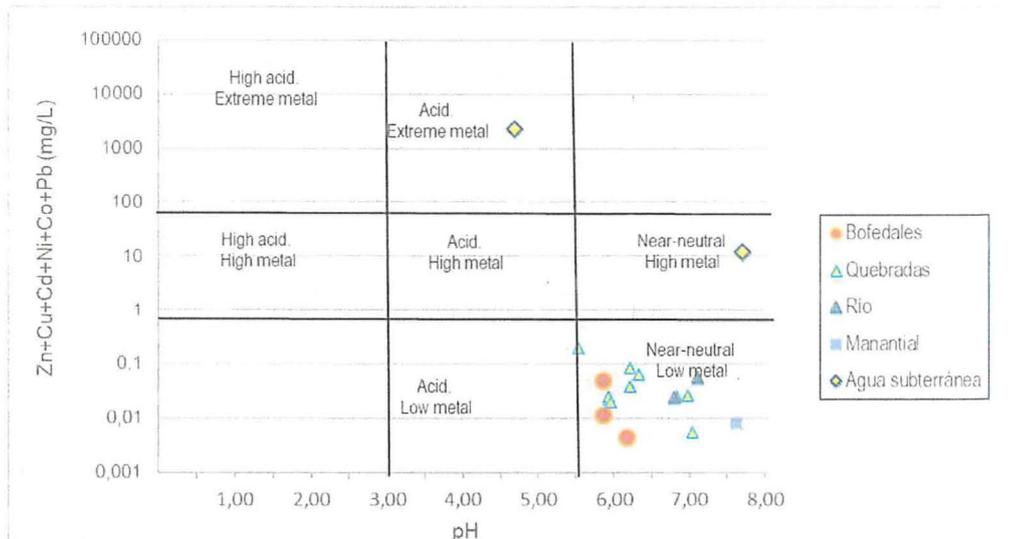


Figura 7-145. Clasificación hidroquímica según el diagrama de Ficklin en la microcuenca Quelcaya, en época húmeda

Procesos de interacción agua-roca

En la Figura 7-146, se muestra el diagrama de Gibbs, donde los puntos de agua subterránea evaluados en época húmeda (MGW-CO-02 y MGW-CO-03), se ubican en la zona de evaporación (flujo local) (Figura 7-135).



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

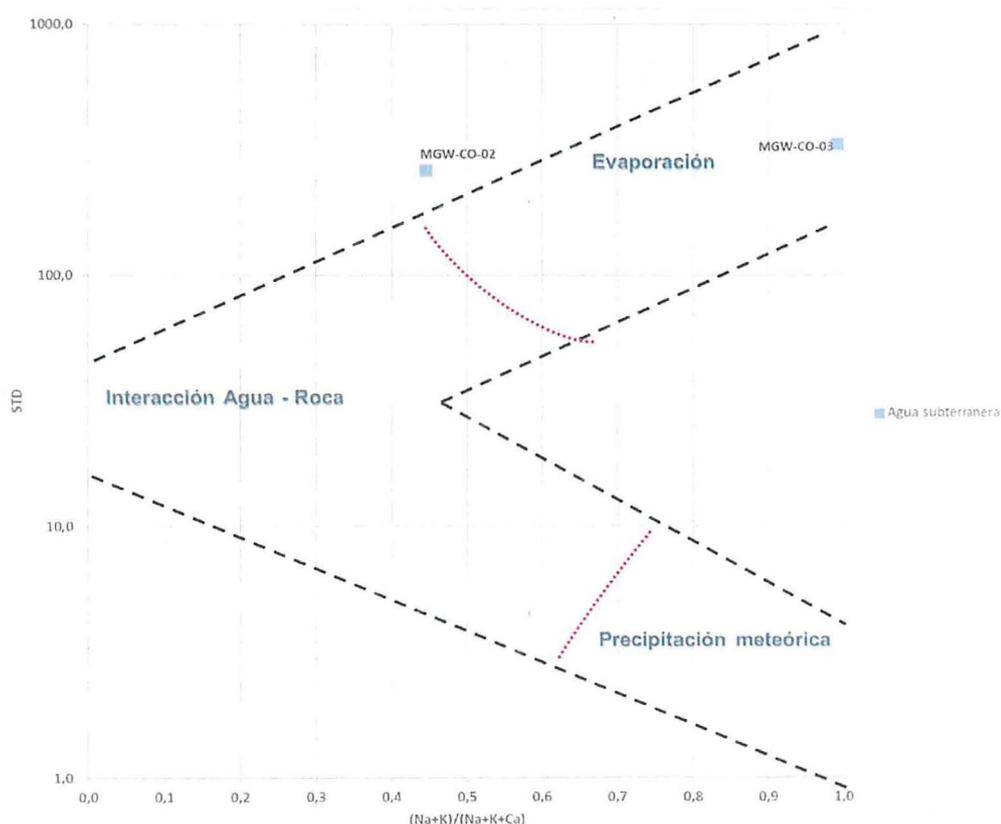


Figura 7-146. Diagrama de Gibbs en la microcuenca Quelcaya, para agua subterránea, en época húmeda



7.3.4. Caracterización geológica

7.3.4.1. Contexto metalogenético y mineralización

El proyecto minero Corani corresponde a un yacimiento epitermal de Ag, Pb, Zn y Au, de sulfuración intermedia a baja con vetas de Sb (Clark *et al.*, 1990a). Según Carlotto *et al.* (2008), este proyecto se ubica en la franja IV, asociado a depósitos de Sn, Cu y W relacionados a intrusivos Permotriásicos, Jurásico, Oligoceno y Mioceno.

Dicha franja se ubica en el altiplano oriental al suroeste de la cordillera oriental del sur del Perú, limita al oeste por el sistema de fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri (USA) y al este por el sistema de fallas de la Cordillera Real (Figura 7-147). Presenta substrato de rocas metamórficas (Paleozoicas) con cobertura discordante de rocas volcánicas Cenozoicas (dacitas y riolitas), y diversas intrusiones de rocas graníticas (Kontak y Clark, 2002).

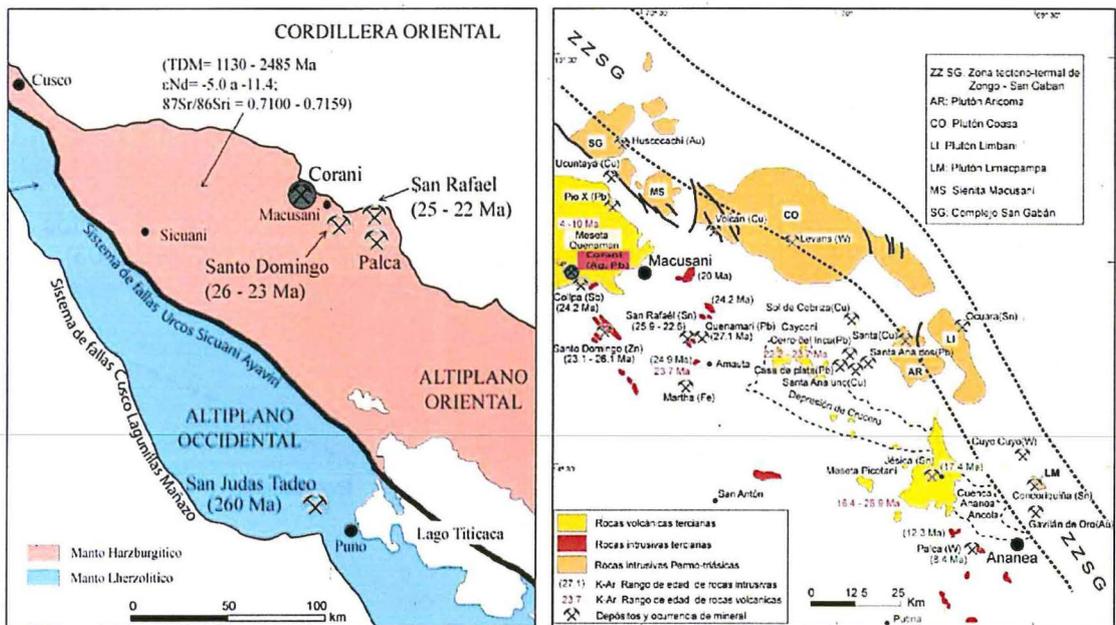


Figura 7-147. Contexto tectónico y metalogenético del proyecto minero Corani

El proyecto minero Corani consta de varias zonas mineralizadas ubicadas entre la naciente de la quebrada Supayhuasi y la naciente de la quebrada Collpamayo (laguna Cochapata). Las tres principales zonas de mineralización fueron denominadas Este, Principal y Mina; y están relacionadas a rocas volcánicas félsicas (tobas de cristales con líticos) de la Formación Quenamari – Miembro Chacacuniza (Figura 7-148).



Handwritten notes in blue ink, including a signature and the date '19/07/11'.



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»

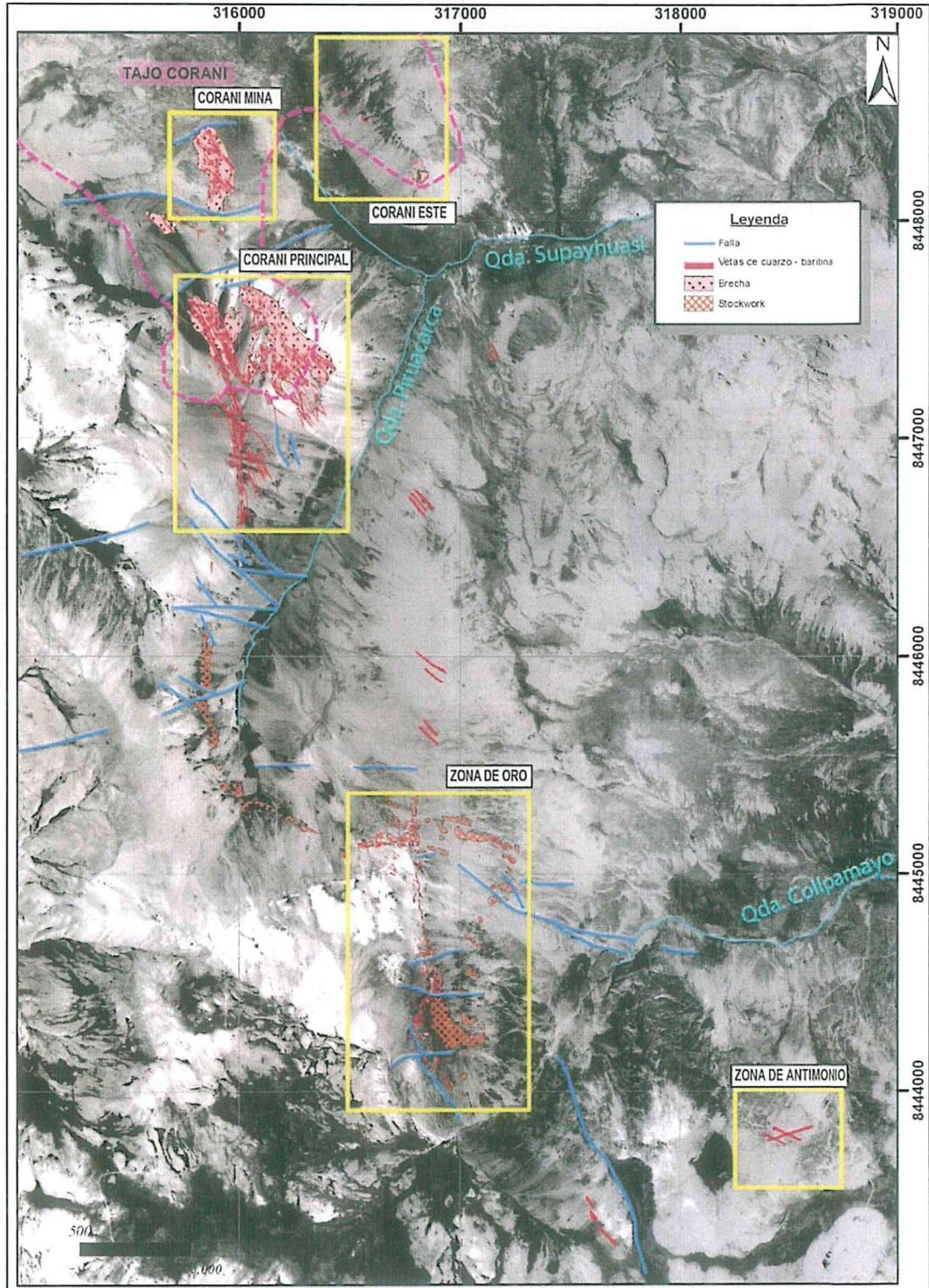


Figura 7-148. Ortofoto con la ubicación de las principales zonas con ocurrencia de mineral

Los resultados de la mineralogía realizada por Hazen Research, Inc (Hazen, 2006) y otras actividades de exploración en los sectores denominados Corani Este, Corani Mina y Corani Principal se presentan en la Tabla 7-37.

10/11/06
 7
 20
 21
 22
 23
 24
 25
 26
 27
 28
 29
 30
 31
 32
 33
 34
 35
 36
 37
 38
 39
 40
 41
 42
 43
 44
 45
 46
 47
 48
 49
 50



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

Tabla 7-37. Mineralogía de los sectores Corani Este, Corani Mina y Corani Principal

Grupos de minerales	Minerales
Minerales de mena principal	freibergita ($Ag_6Cu_4Fe_2Sb_4S_{13}$), galena (PbS), esfalerita (ZnS), pirita (FeS_2) y marcasita (FeS_2)
Minerales de mena subordinada	pirargirita (Ag_3SbS_3), boulangerita ($Pb_5Sb_4S_{11}$), acantita (Ag_2S), plumbogummita ($PbAl_3(PO_4)(PO_3OH)(OH)_6$) diaforita ($Pb_2Ag_3Sb_3S_8$), y plata nativa (Ag).
Minerales de ganga	cuarzo (SiO_2), barita ($BaSO_4$), calcedonia (SiO_2) y óxidos de hierro (Fe_2O_3) y óxidos de manganeso (MnO_2).
Minerales de alteración principal	caolinita ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$), esmectita ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$), clorita ($(Mg,Fe)_3(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot (Mg,Fe)_3(OH)_6$), celadonita ($KMgFe^{3+}Si_4O_{10}(OH)_2$)

En la Figura 7-148, se visualiza que aproximadamente a 3 km al sur del futuro tajo en el cerro Cuello, se ubica la zona de Oro, la mineralización consiste en vetas erráticas de Au-Ag con cuarzo, baritina y óxidos de hierro, y se emplaza en rocas volcánicas félsicas (toba de cristales con líticos).

Al sureste de la zona de Oro, aproximadamente a 1,5 km, cerca de la laguna Cochapata, se ubica la zona de mineralización de cuarzo y estibina (Sb_2S_3), conocida como la zona de Antimonio, emplazada en vetas delgadas y brechas (Nelson, 2006; Corbett, 2007) (Figura 7-148).

7.3.4.2. Geología local

Estratigrafía

Las unidades litoestratigráficas identificadas en el área de influencia del proyecto minero Corani, varían temporalmente desde el Paleozoico (formaciones Sandía, Ananea, Ambo y Tarma), Mesozoico (Grupo Mitu⁴³ y Formación Huancané) y Cenozoico (Formación Quenamari y depósitos superficiales inconsolidados) (Figura 7-149). Para una mejor visualización del mapa geológico en mención ver Anexo 1.



Handwritten notes and signatures on the left margin, including a large blue scribble and vertical text.

⁴³ El repositorio de unidades litoestratigráficas publicado por Ingemmet (2016), asigna al Grupo Mitu la edad de Permiano-Triásico; sin embargo, dataciones en el sur del Perú de Reitsma *et al.*, (2010), Miskovic *et al.*, (2009) y Semperé *et al.*, (2002) le asignarán edades mas recientes, correspondiente al Triásico Medio – Jurásico Inferior.



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

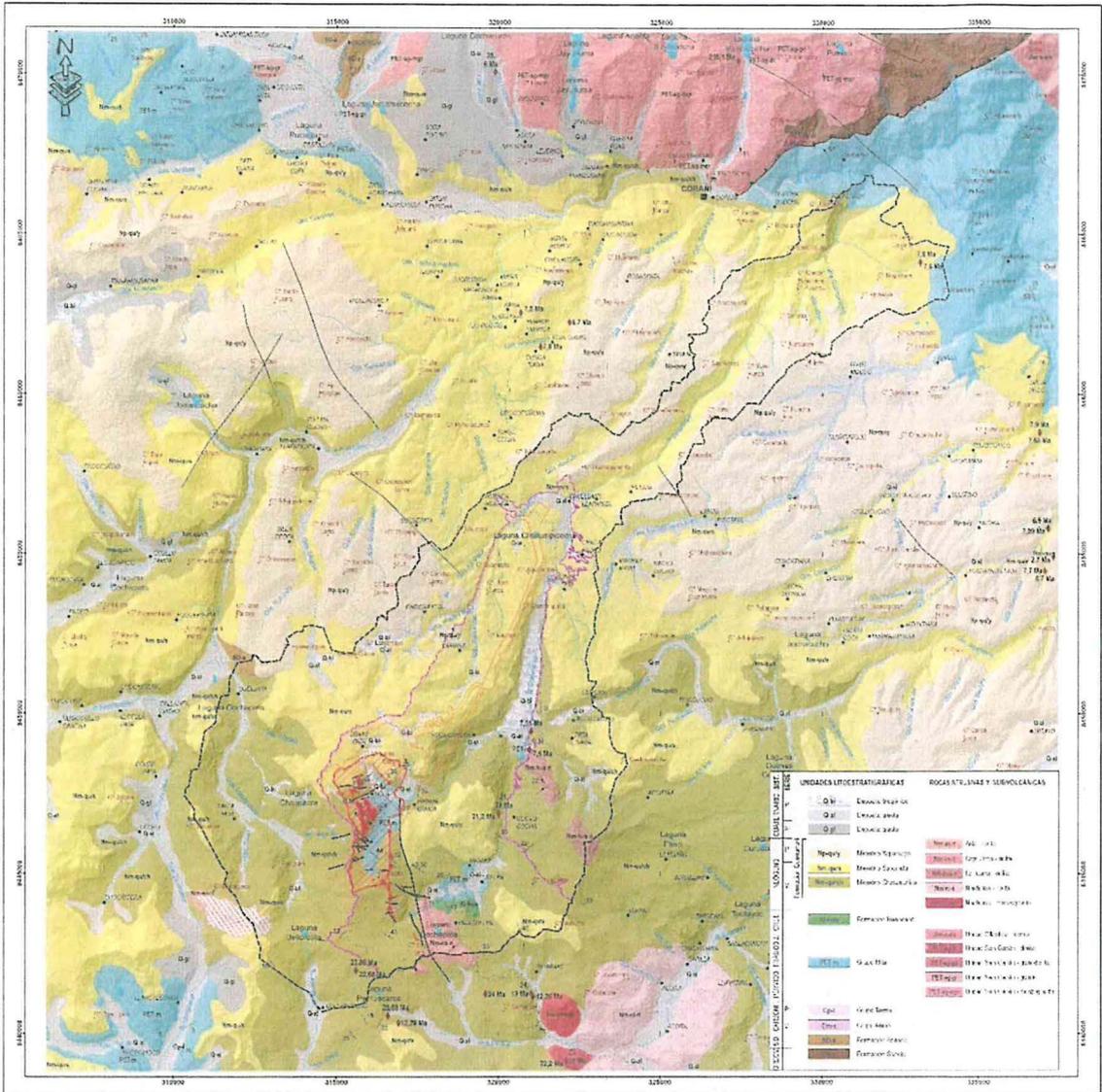


Figura 7-149. Mapa geológico del área de influencia del proyecto minero Corani

Paleozoico

El Paleozoico inferior está conformado por las formaciones Sandia (Os-s) y Ananea (SD-a), que afloran ampliamente en los cerros Ichu Cruz, Sacacalle y Angostura, y en menor proporción en la comunidad campesina Quelcaya. La litología consiste en cuarcitas en estratos masivos, limolitas pizarrosas, esquistos y pizarras gris oscuras intercaladas con niveles de areniscas cuarzosas de grano fino.

El Paleozoico superior está compuesto por las formaciones Ambo (Cm-a) y Tarma (Cp-t), que solo afloran en los centros poblados de Puntipata y Pacuyo. La litología de estas formaciones son areniscas cuarzosas blanquecinas y grises intercaladas con limoarcillitas gris oscuras, areniscas feldespáticas verdes a grises, y calizas micríticas grises.

Handwritten notes in blue ink, including a signature and some illegible text.



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

Mesozoico

El Grupo Mitu (TmJi-m), cuya base inicia en el Triásico, corresponde al basamento de este sector y aflora ampliamente en el río Corani (aguas abajo del distrito Corani), en los centros poblados de Suascani, Quihuiri, Castelluni y Pata Anta, también presenta afloramientos reducidos en las quebradas Collpamayo, Cochacunca, centro poblado de Chayaraje, en la naciente de la quebrada Supayhuasi (tajo proyectado), y en la quebrada Piruacarca (depósito de desmonte y depósito de relaves proyectado).

La litología del Grupo Mitu se ha dividido en dos secuencias, la secuencia inferior corresponde a areniscas y lutitas, y la secuencia superior se caracteriza por lavas andesíticas gris violáceas de textura porfídica. En las quebradas Pinchalli, Piruacarca y en la parte baja de la zona Corani se observan intercalaciones de areniscas feldespáticas, areniscas cuarzosas, lutitas rojas y lutitas verdes, descrito en el punto de observación geológica (POG) CG-CO-06 (Figura 7-150).



Figura 7-150. Afloramientos del Grupo Mitu-secuencia sedimentaria en A) y B) quebrada Pinchalli, C) quebrada Piruacarca, y D) parte baja del sector Corani Este

La Formación Huancané (Ki-hu) solamente aflora en el margen derecho de la quebrada Collpamayo, cerca al sector Patacollpa; y, está conformado por areniscas cuarzosas de grano fino a medio distribuido en estratos de 20 a 40 cm de grosor.

Cenozoico

El Cenozoico se caracteriza por la Formación Quenamari, designado así por Valencia y Arroyo (1985); posteriormente en la actualización del cuadrángulo de Nuñoa, López (1996) logra diferenciar tres miembros a los cuales denomina Chacacuniza, Sapanuta



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»

y Yapamayo, en todos los casos corresponden a secuencias volcánicas félsicas de carácter peraluminoso.

Formación Quenamari (Nm-qu)

Miembro Chacaconiza (Nm-qu/ch)

Este miembro aflora ampliamente en la comunidad campesina Chacaconiza, quebradas Collpamayo y Sayancayani, río Quenamari, quebrada Quellopuquio, río Challapampa, centro poblado Chahuaña, en el distrito Corani, cerro Cuello y la naciente de la quebrada Supayhuasi. Litológicamente está compuesta por toba de cristales, toba de cristales con líticos y ojos de cuarzo de hasta 5 mm de diámetro y lavas andesíticas intercalados con tobas.

En la quebrada Majio Aje (CG-CO-11 y CG-CO-10) se observaron tobas de cristales de composición dacítica con ojos de cuarzo y alteración argílica. Además, se observó óxidos de hierro y óxido de manganeso en forma de relleno en las fracturas. En la naciente de la quebrada Quellopuquio (CG-CO-13) se presentan secuencias de tobas de cristales con ojos de cuarzo y óxidos de hierro en fracturas, y en la quebrada Tusca (CG-CO-12) se observan secuencias estratificadas de toba riolítica de color blanco, con minerales de cuarzo, biotita, hornblenda y plagioclasa (Figura 7-151).

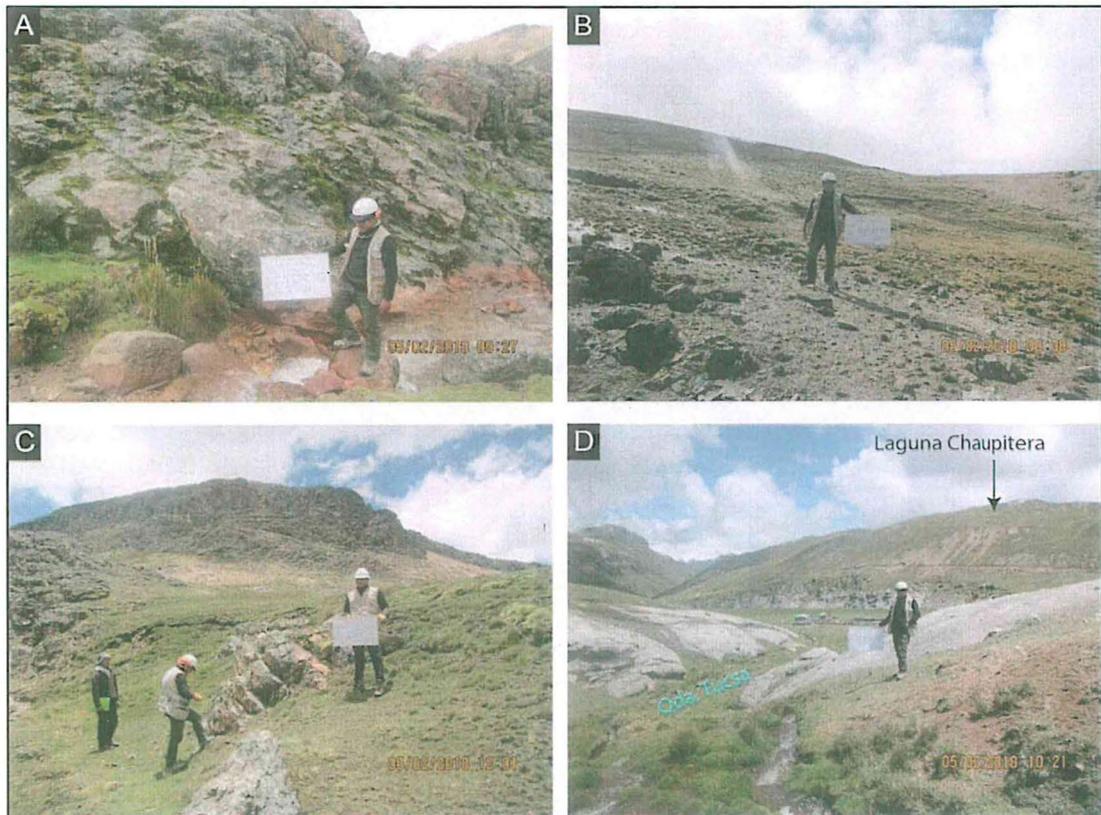


Figura 7-151. Afloramientos de rocas volcánicas del Miembro Chacaconiza en A) y B) quebrada Majio Aje, C) quebrada Quellopuquio, y D) quebrada Tusca

Handwritten notes in blue ink, including a signature and the letters 'A', 'B', 'C', 'D' written vertically.



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

Miembro Sapanuta (Nm-qu/sa)

Este miembro aflora ampliamente en la quebrada Queoñani, río Queranimayu, río Jarapampa, quebrada Tutturumani, en los cerros Jalanta, Morada Cunca, Pichacane, Machus, Santo Cato, y en el sector Minaspata. Está constituido por tobas con estructura columnar de composición riolítica, la mineralogía está compuesta por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y fragmentos líticos.

En la quebrada Minaspata (CG-CO-03 y CG-CO-04) afloran secuencias de tobas de cristales con minerales de cuarzo, biotita y hornblenda que limita con un depósito biogénico (bofedal Cor-bof7); en la parte alta de esta quebrada se observan tobas de cristales de color blanco de composición riolítica (Figuras 7-152A y 7-152B). Por otro lado, en la parte alta de la quebrada Intisayana (CG-CO-01 y CG-CO-02) afloran tobas de cristales con líticos de composición riolítica y ligera oxidación, distribuidos en puntos de reemplazamiento (Figuras 7-152C y 7-153D).

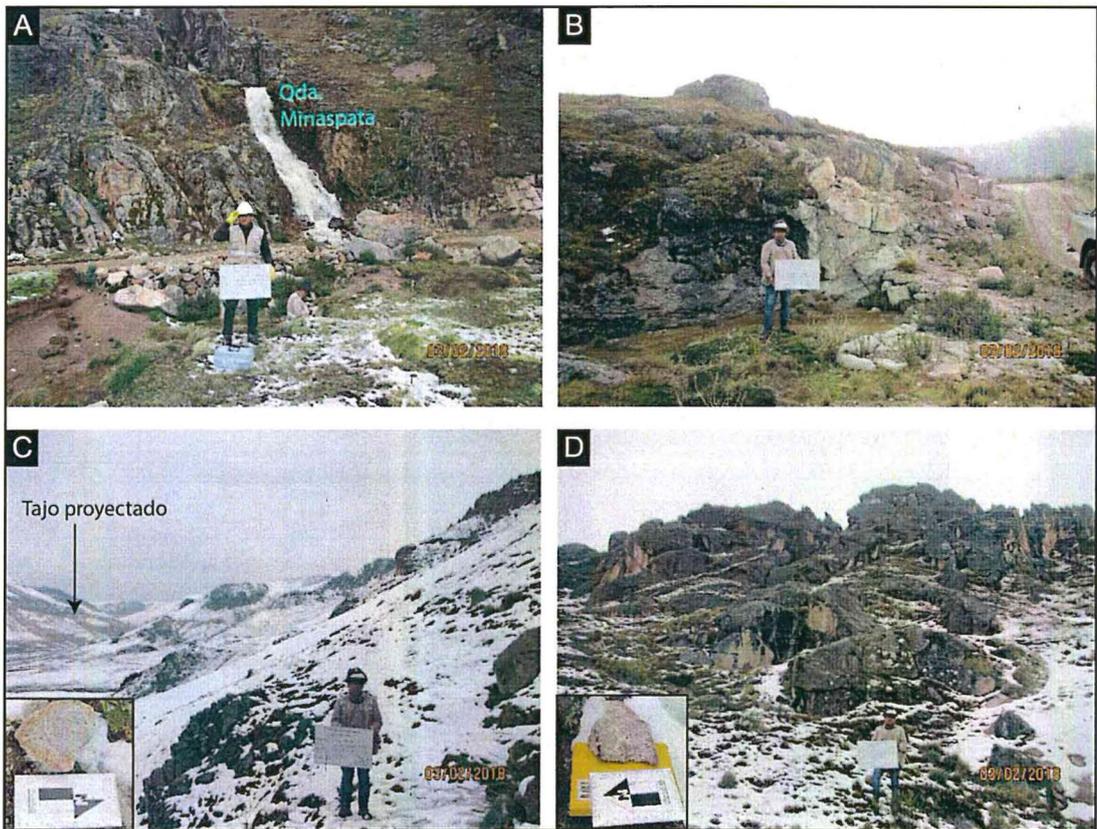


Figura 7-152. Afloramientos de rocas volcánicas del Miembro Sapanuta en A) y B) quebrada Minaspata; y, C) y D) naciente de la quebrada Intisayana

Miembro Yapamayo (Nm-qu/ya)

Este miembro se refiere a la parte superior y al último evento volcánico de la Formación Quenamari, se caracteriza por presentar relieves poco degradados y mesetas extensas. Aflora ampliamente en los cerros Santo Pucará, Grabelnioc, Soratera, Chaupiloma, Yamañapunta, Yuracpunco, Tuintine, Comapata, Pucarapata, Huacpata, Sallani y Tantaniroma; y, consta de niveles subhorizontales (menores a 5° de inclinación) de tobas blancas y toba de lapilli de composición riolítica.



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»

En el cerro Chaupiloma y la quebrada Unutimpuc se observan tobas de cristales con líticos, de color blanco, masivo y niveles de brechas de tobas (Figura 7-154).



Figura 7-153. Afloramientos de rocas volcánicas del Miembro Yapamayo en A) cerro Chaupiloma, y B) quebrada Unutimpuc

Rivera *et al.* (2011), refieren que el Miembro Yapamayo contiene anomalías de uranio en venillas (reellenos en fracturas) y diseminados, asociado a niveles de tobas y flujos de cenizas (*ask flow tuff*) de composición riolítica con presencia de obsidiana y cuarzo ahumado (negro). La mineralogía característica de este nivel, es la autunita ($\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{-}12\text{H}_2\text{O}$) y minerales secundarios. Los sedimentos fluvio-glaciares y depósitos residuales cercanos a las zonas mineralizadas, han registrado valores de uranio de hasta 500 c/s (conteos por segundo).

Depósitos superficiales cuaternarios (Q)

Los depósitos glaciares se refieren al material erosionado y depositado en forma de morrenas laterales y frontales y que cubren a las rocas volcánicas e intrusivas (Cordillera Oriental). Se observan ampliamente cerca a los centros poblados de Sora Pocro, centro poblado Tianahuaracha y Jayunuma, y en menor proporción en la quebrada Ccuromayo, naciente del río Lancamayo y alrededor de los centros poblados de Huaylluma y Orccoyo. Este depósito está constituido por bloques subangulosos y heterométricos englobados en matriz arenolimososa.

Los depósitos aluviales corresponden a sedimentos depositados en las terrazas del fondo de los valles. Se ubican en las comunidades campesinas de Chacaconiza y Quelcaya, y están constituidos por gravas polimícticas en matriz arenosa (Figura 7-154).



↑

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 7-154. Depósitos aluviales en las quebradas Collpamayo y Suapayhuasi

Los depósitos biogénicos corresponden a sedimentos finos y materia orgánica acumulada en bofedales. Se ubican en la naciente de la quebrada Supayhuasi (tajo proyectado), aguas debajo de la comunidad campesina Chacaconiza, en el sector Minaspata, en la naciente de la quebrada Majio Aje y en la naciente de la quebrada Huasapaco (asociado a retroceso glaciar). Están compuestos por limos, arcillas negras y materia orgánica en la parte superficial; además, presenta esporádicos fragmentos de rocas volcánicas (Figura 7-156).



Figura 7-155. Quebrada S/N aguas debajo de la desembocadura del bofedal S/N

El depósito biogénico Cor-bof7 se ubica en la naciente de la quebrada Supayhuasi (tajo proyectado) y presenta niveles de arenas, limos, gravas y cobertura de materia orgánica de poco espesor, los mismos que son detallados en la columna estratigráfica de la Figura 7-156.



Handwritten notes and signatures on the left margin, including '1/40', '7', 'pe', 'de', '7', and 'CP'.

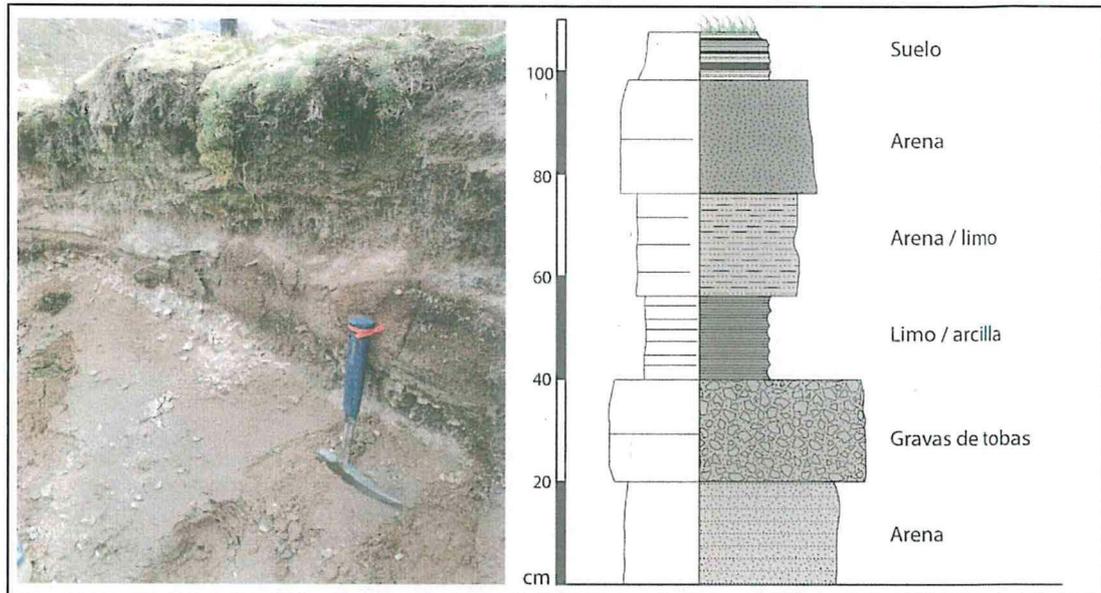


Figura 7-156. Columna estratigráfica del Cor-bof7, levantado en la naciente de la quebrada Supayhuasi

Rocas intrusivas

Las rocas intrusivas de la Unidad San Gabán afloran ampliamente en la margen izquierda del río Corani, en los cerros Chiajarjapata, Huayllapata, Lipani y centro poblado de Yanajaja. Litológicamente corresponden a intrusivos félsicos (granito con fenocristales de ortosa, plagioclasa y cuarzo y monzogranito porfídica a equigranular), intermedios (granodiorita equigranular con biotitas subhedrales) y stocks de diorita (granular), la edad signada por Miskovic *et al.*, 2009 es 216,1±3,1 millones de años (Ma) que corresponde al Periodo Triásico Superior.

La Unidad Ollachea aflora únicamente en la intersección del río Corani y río Macusani, específicamente en los cerros Marca Marca y Sonjoña. La litología corresponde a una sienita parda rojiza de textura granular con cristales de ortosa y plagioclasa.

El stock de Ninahuisa, datado por Sandeman *et al.*, 1995 en 23,15±0,2 Ma (Mioceno), aflora únicamente en la confluencia de la quebrada Centilla con el río Ninahuisa, y la litología corresponde a monzogranito granular.

Los subvolcánicos Ninahuisa (río Ninahuisa), Huaña (sureste de la comunidad de Chacaconiza y Huaña), Cayo Orco (cerro Cayo Orco) y Anta (cerro Huilacunca), fueron datados por Cheilletz *et al.*, 1990 en 7,5±0,5 Ma, y corresponden a riolitas porfídicas con fenocristales de cuarzo, sanidina, plagioclasa, biotita y clorita.

7.3.4.3. Contexto estructural

La zona evaluada no presenta fallas regionales cartografiadas, debido a la cobertura volcánica de la Formación Quenamari; sin embargo, esta unidad volcánica presenta alineamientos preferenciales de dirección NO-SE.

Localmente está controlado por una tectónica frágil, caracterizado por fracturas y fallas de dirección NS a NO-SE, el mismo que generó espacios subverticales y superficiales por donde se produjo el transporte de fluidos mineralizantes y actualmente la migración de aguas meteóricas (Ayala, 2008).



↑

Handwritten notes in blue ink on the left margin, including a large checkmark and some illegible text.



El área de actividad minera del proyecto Corani presenta fallas y fracturas de dirección NE-SO, en el POG, CG-CO-07, ubicado en la bocamina BC-02, donde al borde este del tajo proyectado se observó una falla de dirección N60°/75°S, rellenado de arcillas y costras de azufre. Además, en la bocamina BC-03 se observó fracturas (N240°) y falla de dirección N200°/90 con alto contenido de calcantita ($\text{Cu}(\text{SO}_4) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) (Figura 7-157)

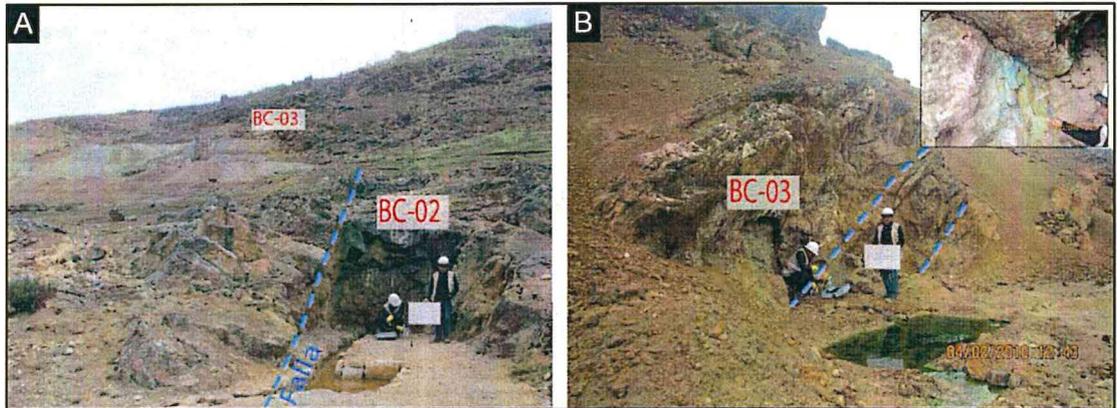


Figura 7-157. Fallas y fracturas ubicadas en bocaminas A): BC-02 y B) BC-03

En el POG, CG-CO-06A, ubicado en la bocamina BC-08 se observó dos galerías subterráneas con abundantes sulfuros (pirita) y sulfatos de cobre (CuSO_4) precipitado en las paredes; además, se observa depósitos de desmonte con fragmentos oxidados, venillas de cuarzo, brechas de cuarzo-pirita y proustita (Ag_3AsS_3). Estas labores mineras corresponden a vetas mineralizadas de dirección N135°/32°O de aproximadamente 3 m de ancho (Figura 7-158).

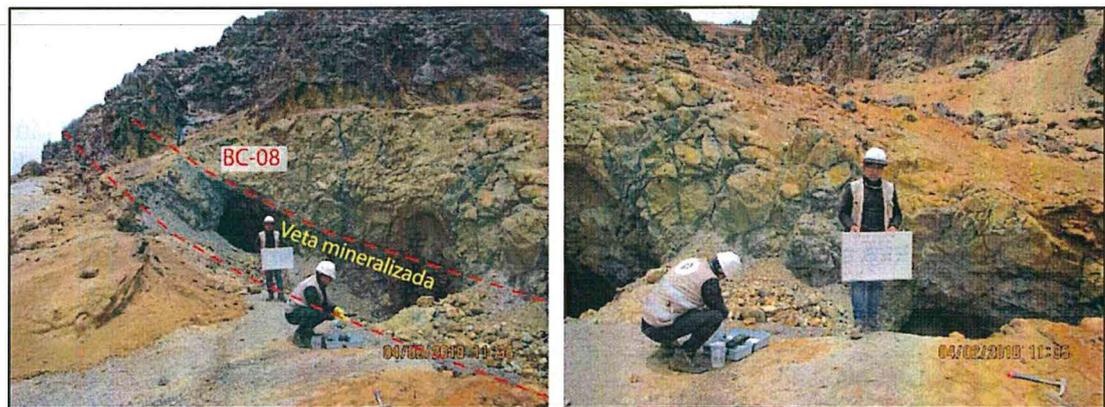


Figura 7-158. Veta mineralizada y bocamina BC-08 con presencia de sulfuros y sulfatos

7.3.5. Geoquímica de roca

Para el desarrollo de esta sección se ha tomado como referencia la base de datos litogeoquímica del Perú, publicado por el Ingemmet (2016); asimismo, se realizó la caracterización geoquímica de metales totales, test ABA y test de biodisponibilidad de metales por el método de Tessier en dos puntos (COMIN-01 y COMIN-02), ubicados en las quebradas Peruaccarca y sin nombre respectivamente, relacionado a los componentes proyectados, depósito de desmonte y tajo proyectado respectivos.

Handwritten notes in blue ink on the left margin, including a vertical list of letters: 'H', 'A', 'B', 'C', 'D', 'E'.



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

7.3.5.1. Elementos mayores

Se ha realizado los diagramas geoquímicos de discriminación (TAS) SiO₂ versus Na₂O+K₂O (Alcalis total) (Figura 7-159A) y SiO₂ versus K₂O (Figura 7-159B), para clasificar la litología y el tipo de magmatismo en función a los elementos mayores.

Las rocas subvolcánicas Cayo Orco y Huaña corresponden a riolitas de magmas calcoalcalinos con alto contenido de potasio, las rocas volcánicas de la Formación Quenamari también corresponden a riolitas calcoalcalinas con alto contenido de potasio, a excepción de tres muestras del Miembro Chacacuniza que pertenecen a andesitas y andesitas basálticas de magmas alcalinos a calcoalcalinos.

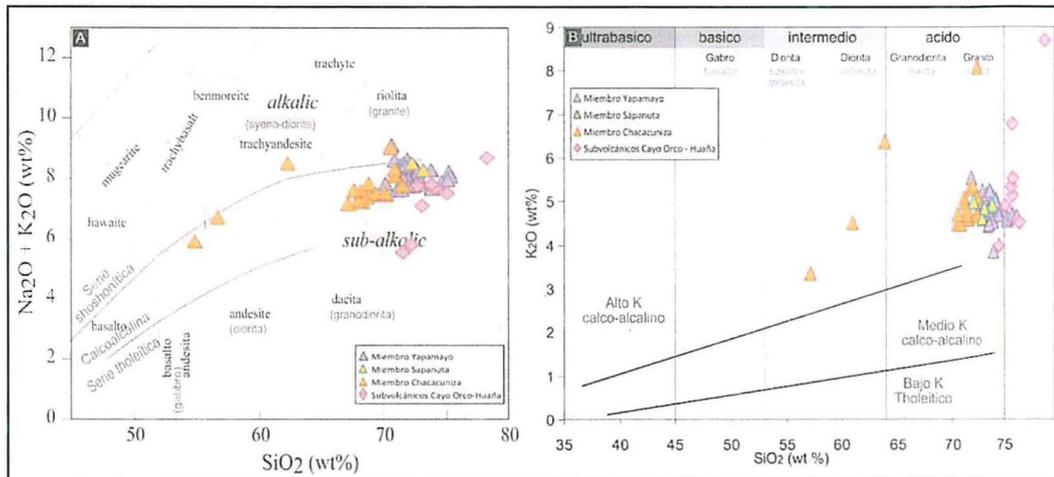


Figura 7-159. Diagramas de clasificación geoquímica A) TAS - SiO₂ vs Na₂O+K₂O y B) SiO₂ vs K₂O

7.3.5.2. Elementos menores

Elementos traza

La concentración de los elementos traza de las unidades litológicas se comparó referencialmente con los valores de corteza continental propuesto por Rudnick (1995), mediante perfiles de concentración en mg/Kg.

En la Figura 7-160 se representan las concentraciones de los intrusivos de la Unidad San Gabán (coloración violeta), la Unidad Ninahuisa (coloración verde) y valores de corteza superior (negro). Los intrusivos Permotriásicos de la unidad San Gabán, presenta concentraciones elevadas de As, Be, Bi, Sn, Mo, Pb y Rb; y el monzogranito de la Unidad Ninahuisa, supera a los valores de corteza en los metales As, Ba, Cr, Sn, Rb, Th, U, Hf y Ga. Además, los subvolcánicos Cayo Orco y Huaña, presentan concentraciones elevadas de As, Sn, Rb, Th, U y Ga que superan los valores de la corteza superior (Figura 7-161).



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»

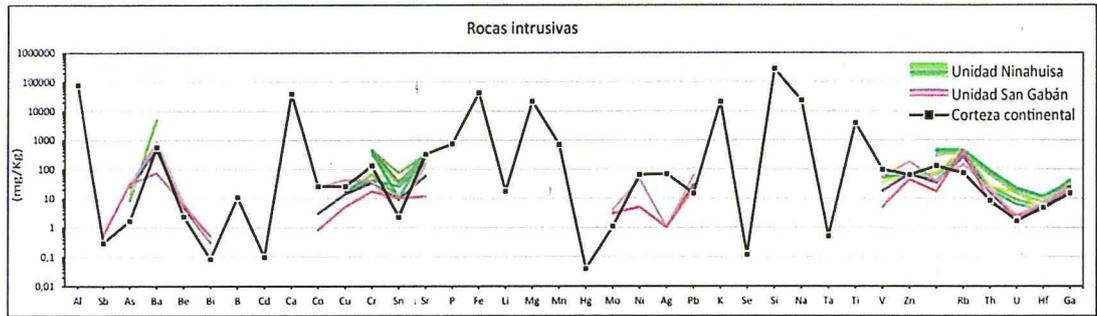


Figura 7-160. Concentración de metales de los intrusivos San gabán, Ninahuisa, y valores de corteza continental, según Rudnick (1995)

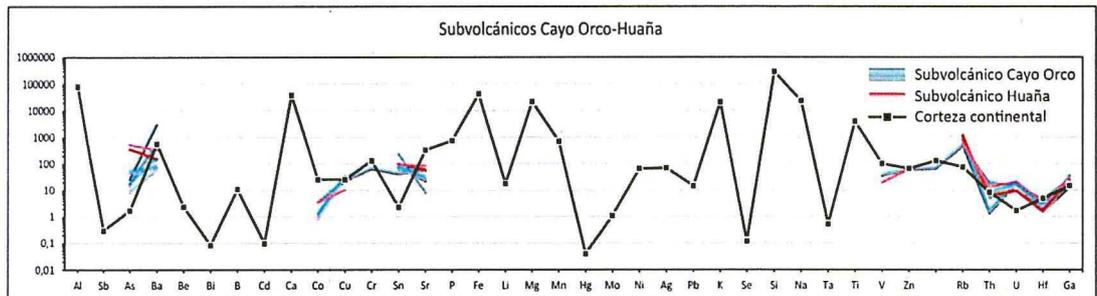


Figura 7-161. Concentración de metales de los subvolcánicos Cayo Orco, Huaña, y valores de corteza continental, según Rudnick (1995)



En la Figura 7-162A se muestran las concentraciones de metales de la Formación Quenamari-Miembro Chacacuniza (coloración naranja), las muestras tomadas en la evaluación de mayo 2018, COMIN-01 y COMIN-02, de color rojo y azul respectivamente, y los valores de la corteza superior (negro). Los valores de este miembro superan a los valores de la corteza en As, Ba, Cr, Sn, Rb, Th, U y Ga. Adicionalmente, las muestras tomadas por personal del OEFA corresponden a muestras cercanas a la zona mineralizada (Tajo proyectado) y depósito de desmorte (quebrada Piruacarca), que presentan concentraciones elevadas de As, Sb, Ba, B, Cd, Cu, Hg, Pb, Se, Ta y Zn.

En la Figura 7-162B se compara las concentraciones de la Formación Quenamari-Miembro Sapanuta, donde las concentraciones de As, Be, Sn, Mo, Zn, Rb, y U superan los valores de corteza continental; además, en la Figura 7-162C se plotearon las muestras de la Formación Quenamari-Miembro Yapamayo, en la cual se observa que los elementos As, Be, Sn, Rb, Th, U y Ga superan los valores de corteza continental.

Vertical handwritten text in blue ink on the left margin, possibly a signature or list of names.



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

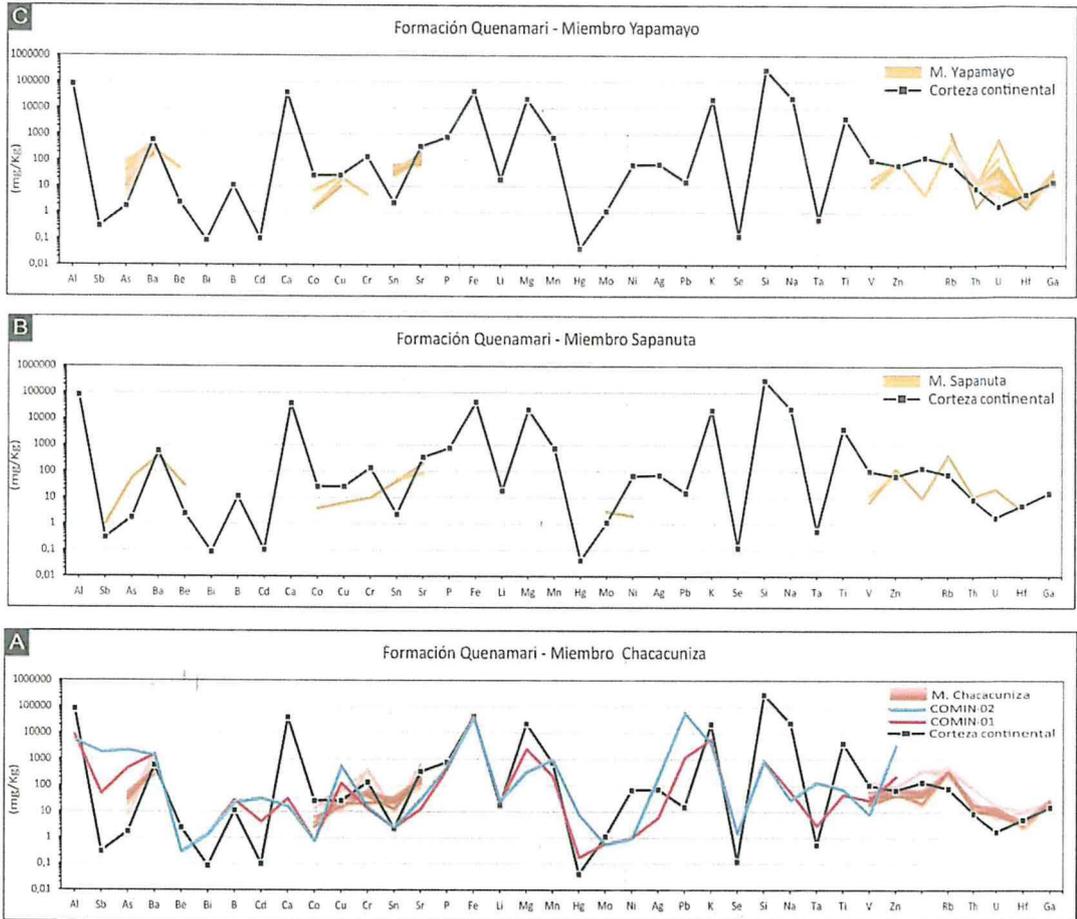


Figura 7-162. Concentración de metales de los miembros A) Chacacuniza, B) Sapanuta y C) Yapamayo, de la Formación Quenamari; y los valores de corteza continental, según Rudnick (1995)

Concentración de metales totales

Las muestras COMIN-01 y COMIN-02 corresponden fragmentos caídos de rocas volcánicas con alteración argílica, y presencia de óxidos de hierro en fracturas y pátinas. Estas rocas pertenecen a la Formación Quenamari-Miembro Chacacuniza y se ubican dentro de la zona de mineralización de Ag, Pb, Zn y Cu, acompañado de sulfuros de hierro (pirita) y óxidos de cobre (malaquita) (Tabla 7-38).

Tabla 7-38. Concentración de metales en muestras de roca COMIN01 y COMIN02

Parámetro	Unidad	COMIN-01	COMIN-02
Aluminio (Al)	mg/kg	8593	5622
Antimonio (Sb)	mg/kg	50,4	1963
Arsénico (As)	mg/kg	476,7	2352
Bario (Ba)	mg/kg	1588	1458
Berilio (Be)	mg/kg	< 0,3	< 0,3
Bismuto (Bi)	mg/kg	< 1,5	< 1,5
Boro (B)	mg/kg	28,6	24,3
Cadmio (Cd)	mg/kg	4,2	33,9
Calcio (Ca)	mg/kg	32,3	17,7
Cobalto (Co)	mg/kg	< 0,8	< 0,8
Cobre (Cu)	mg/kg	125,4	584,8



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



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

Parámetro	Unidad	COMIN-01	COMIN-02
Cromo (Cr)	mg/kg	13,3	15,5
Estaño (Sn)	mg/kg	< 2,5	< 2,5
Estroncio (Sr)	mg/kg	12,9	31,0
Fosforo (P)	mg/kg	432,0	525,2
Hierro (Fe)	mg/kg	49304	40607
Litio (Li)	mg/kg	23,7	27,4
Magnesio (Mg)	mg/kg	2574	349
Manganeso (Mn)	mg/kg	228	991
Mercurio Total (Hg)	mg/kg	0,18	8,10
Molibdeno (Mo)	mg/kg	< 0,6	< 0,6
Niquel (Ni)	mg/kg	< 1	< 1
Plata (Ag)	mg/kg	6,0	218,6
Plomo (Pb)	mg/kg	1198	62744
Potasio (K)	mg/kg	6028	4077
Selenio (Se)	mg/kg	< 1,6	< 1,6
Silicio (Si)	mg/kg	929,6	894,2
Sodio (Na)	mg/kg	59	30
Talio (Tl)	mg/kg	< 3	141
Titanio (Ti)	mg/kg	46,1	74,7
Vanadio (V)	mg/kg	28,2	8,4
Zinc (Zn)	mg/kg	233,6	3645

7.3.5.3. Prueba estática de balance ácido-base (ABA)

Los resultados del estudio de la generación de acidez de las muestras COMIN-01 y COMIN-02 mediante el test ABA, son reportados en la Tabla 7-39. El pH en pasta indica que ambas muestras se encuentran en condiciones ácidas (menor a 5). Según el criterio 1 (Potencial de Neutralización Neto) en ambas muestras resultó menor a cero (<0), pero dentro del rango de -20 y +20, lo cual indica incertidumbre de generación de acidez; sin embargo, según el criterio 2 (Ratio Potencial de Neutralización) indica que ambas muestras son potenciales generadores de acidez (RNP <1).

Tabla 7-39. Resultados de laboratorio de la prueba estática de ABA de las muestras COMIN-01 y COMIN-02

Código	Resultado							Evaluación	
	Parámetro	Azufre total	Sulfato total	Sulfuro total	pH en Pasta	Potencial de Neutralización Sobek (PN)	Potencial de Acidez Máximo (PA)	NNP (PN-PA)	RNP (PN/PA)
	Unidad	%	%	%	Unidad de pH	kg CaCO ₃ /Ton			
	Incert.	8%	8%	8%	2%	8%			
COMIN-01		0,42	0,41	0,01	4,19	0	0,313	-0,31	0
COMIN-02		2,3	1,9	0,4	4,13	1,91	12,5	-10,6	0,15
NOTA:	NNP: Potencial de Neutralización Neto								
	RNP: Ratio Potencial de Neutralización								
Criterio 1:	Incertidumbre								
Criterio 2:	Potencial generador de acidez								



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

7.3.5.4. Análisis de Tessier

La extracción secuencial por Tessier que evalúa la biodisponibilidad de los elementos (Cd, Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Mn y Fe), que componen a los minerales de la roca, determinó que la mayoría de los elementos analizados en ambas muestras presentan concentraciones elevadas en la extracción 5 (fracción residual) asociado a minerales primarios y secundarios, insolubles en condiciones normales. En la muestra COMIN-01, la extracción 3 (fracción de óxidos y oxihidróxidos metálicos) presenta concentraciones moderadas de hierro por la presencia de pátinas de óxidos de hierro en los fragmentos muestreados. No obstante, en la muestra COMIN-02 se determinó que el plomo esta biodisponible en todas las extracciones, en especial en la extracción 1 (fase intercambiable) que puede ser fácilmente liberado y en la extracción 2 (enlazado a carbonatos) que puede ser liberado en condiciones ácidas (disminución de pH) (Figura 7-163).

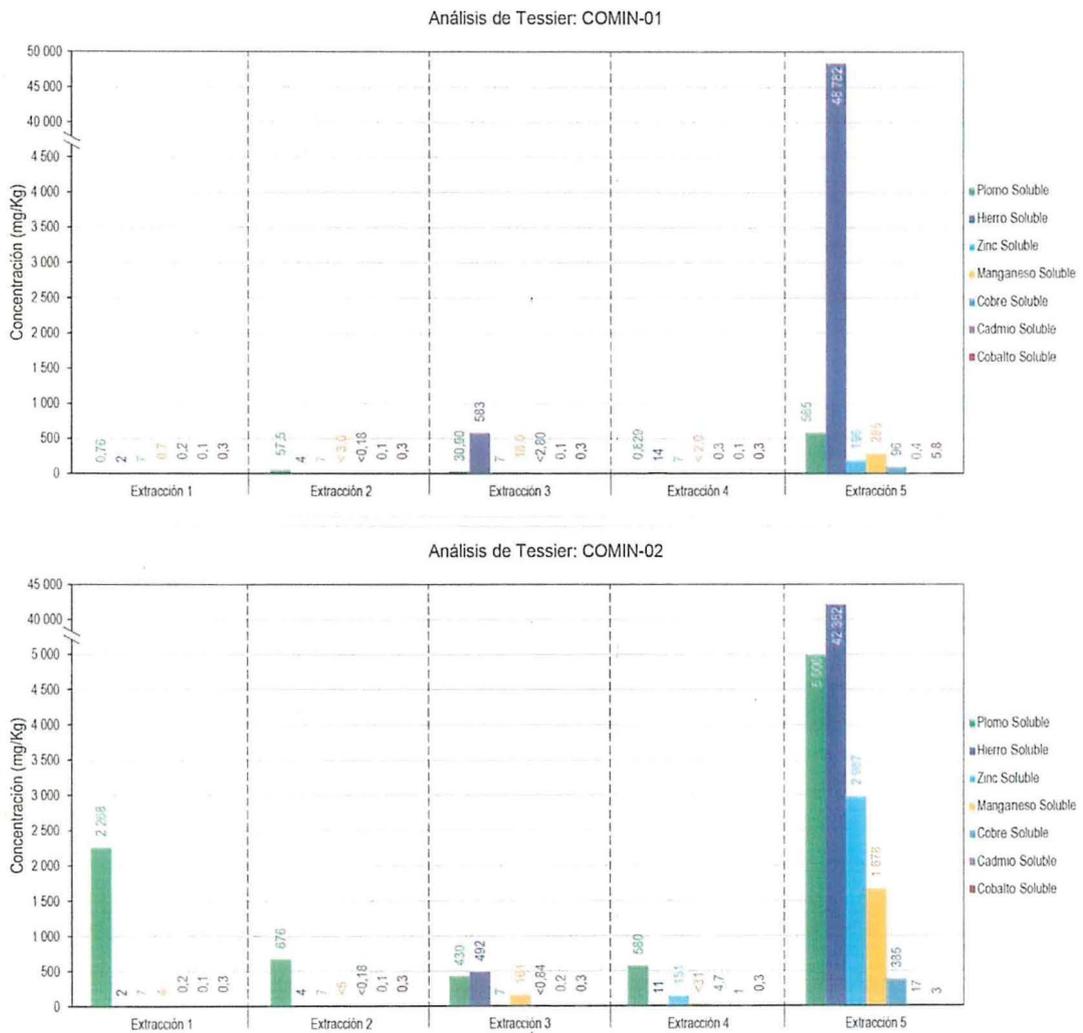


Figura 7-163. Extracciones secuenciales para elementos solubles (cadmio, cobre, plomo, zinc, cobalto y níquel), en las muestras COMIN-01 y COMIN-02



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



7.3.6. Flora silvestre

Los resultados de la evaluación de flora silvestre de los ecosistemas frágiles y formaciones vegetales asociadas (EF) del área de estudio, relacionados a la riqueza de especies, cobertura vegetal, abundancia relativa, diversidad (alfa y beta) y especies protegidas, son presentados a continuación.

7.3.6.1. Composición florística

Composición florística en el área de estudio

Se han identificado 153 especies de plantas vasculares, agrupadas en 4 clases, 35 familias botánicas y 80 géneros (Anexo 2). La clase Magnoliopsida (angiospermas) representa el grupo dominante con 111 especies (72,5 %), seguidas de la clase Liliopsida (angiospermas) con 37 especies (24,2 %). Una menor diversidad presenta la clase Polypodiopsida (helechos) con 4 especies (2,6%) y Gnetopsida (gimnospermas) con 1 especie (0,7 %) (Tabla 7-40 y Figura 7-164).

Tabla 7-40. Número de familias, géneros y especies por cada clase registrada en el área de estudio

Clase	Familia	Género	Especie
Gnetopsida	1	1	1
Liliopsida	6	18	37
Magnoliopsida	58	58	111
Polypodiopsida	3	3	4

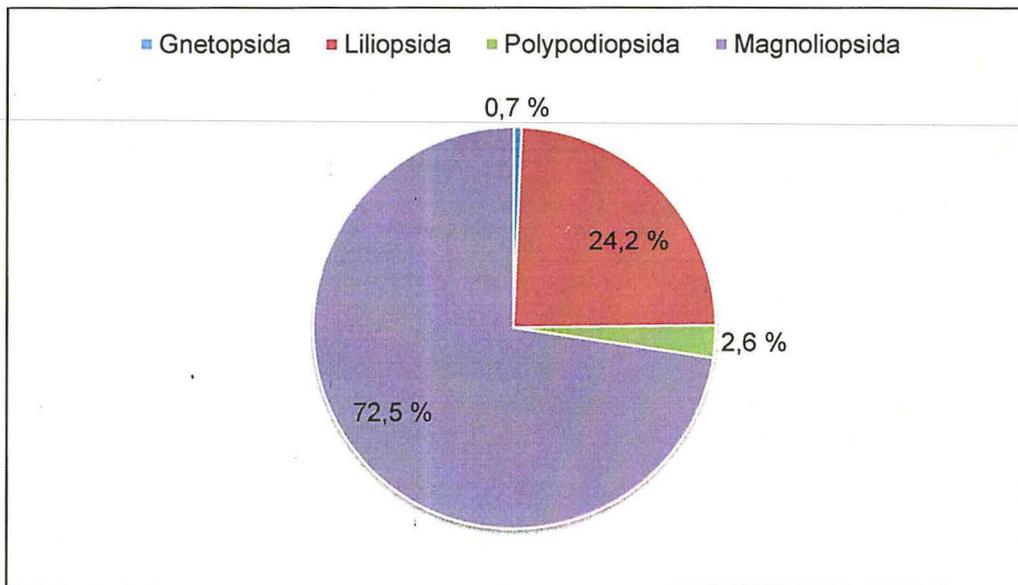


Figura 7-164. Porcentaje de especies por Clase registrado en el área de estudio

Las familias más diversas fueron Asteraceae con 49 especies en 19 géneros y Poaceae con 27 especies en 9 géneros; en conjunto solo estas dos familias agrupan el 50 % del total de especies, la mitad del total presentes en el área de estudio. En general, estas familias fueron las más frecuentes (diversas) en las áreas altoandinas. Entre otras familias más diversas tenemos a Caryophyllaceae y Plantaginaceae con 9 y 7 especies respectivamente. Además, entre las 8 familias más diversas se agrupan el 72 % del total de especies registradas en el área de estudio (Figuras 7-165 y 7-166).



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»

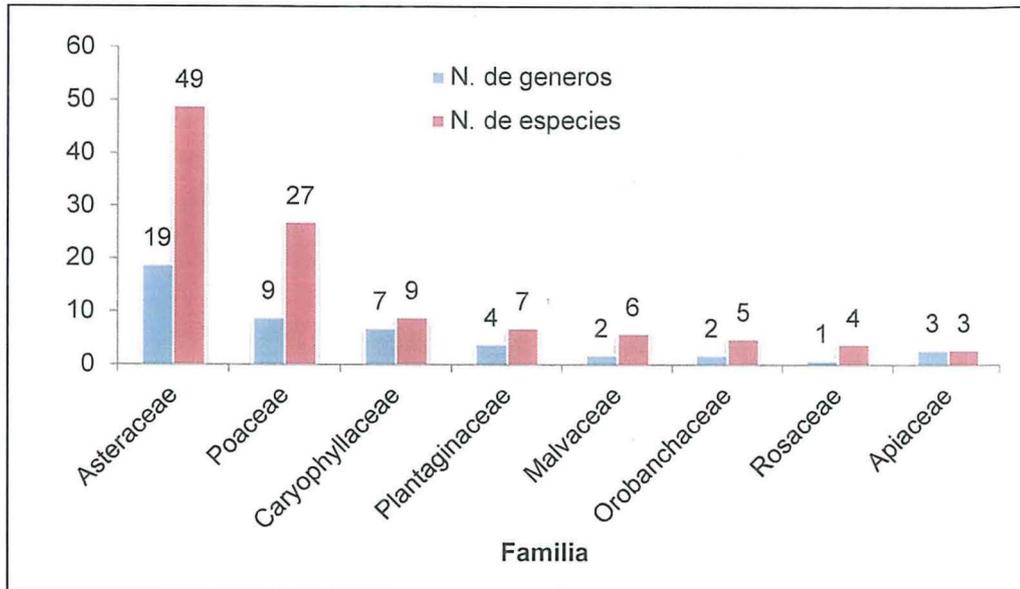


Figura 7-165. Familias más diversas, indicando número de géneros y especies, registradas en el área de estudio

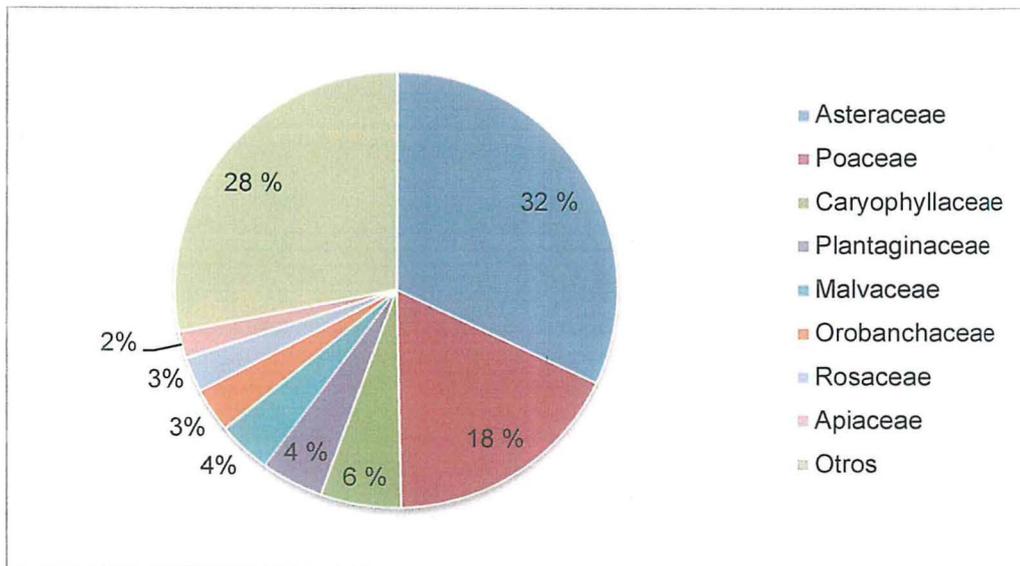


Figura 7-166. Familias con mayor porcentaje de especies, por encima del 2 % de especies registradas en el área de estudio

Los géneros con mayor número de especies fueron *Senecio* y *Calamagrostis* con 11 y 10 especies respectivamente. Estos 2 géneros de la familia Asteraceae y Poaceae respectivamente, son los más diversos de estas familias en el Perú y con mayor frecuencia en los Andes. Entre otros géneros tenemos a *Werneria* y *Poa* con 9 y 7 especies respectivamente. Entre los 10 géneros más diversos agrupan el 39,8 % de todas las especies registradas en el área de estudio (Figura 7-167).



Handwritten notes in blue ink on the left margin, including a signature and some illegible text.



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

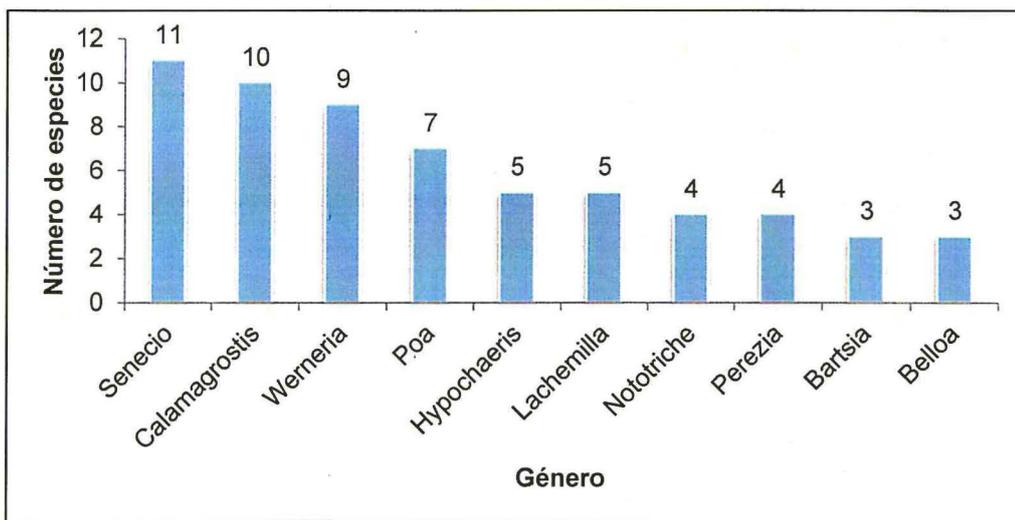


Figura 7-167. Géneros con mayor número de especies registradas en el área de estudio

Las especies con forma de crecimiento herbáceo fueron las más comunes en el área de estudio, la cual con 138 especies representa el 90,2 % del total de las especies, seguida de los arbustos con 9 especies (5,9 %). Mientras que, las formas de crecimiento menos frecuentes fueron sufrútice con 5 especies y cactoide con 1 especie (Figura 7-168).

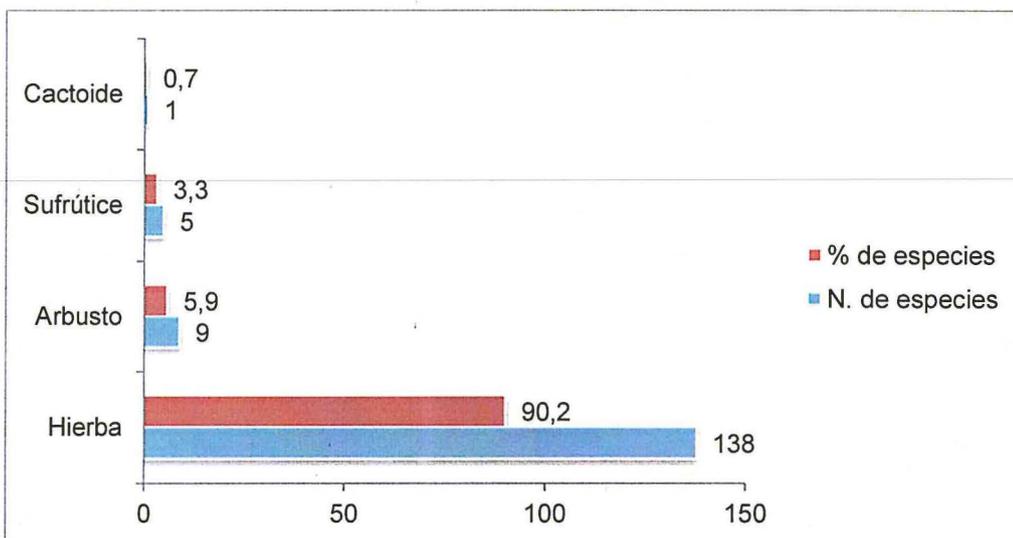


Figura 7-168. Formas de crecimiento de la flora vascular registrada en el área de estudio

Composición florística por formación vegetal

En el área de estudio se identificaron cuatro formaciones vegetales, las mismas que se detallan a continuación.

Bofedal

Los bofedales son comunidades vegetales comunes en las grandes alturas de los Andes, se caracterizan por presentarse sobre todo en terrenos horizontales con un abastecimiento de agua continuo. El continuo abastecimiento de agua permite que la vegetación se mantenga casi inalterable, siempre verde, durante todo el año a



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»

diferencia de las demás formaciones vegetales. Esta comunidad vegetal se presentó en terrenos relativamente planos a pendientes moderadas, donde las aguas poco o nada fluentes se concentran. Cumplen un rol central en la ecología altoandina, como hábitat de muchas especies de plantas y animales, y como importante fuente de agua y recursos para la flora, fauna y pobladores locales. En consecuencia, es uno de los ecosistemas más afectados del mundo y se ha clasificado como un ecosistema con una alta prioridad de conservación. En esta formación se registraron 76 especies agrupadas en 17 familias y 44 géneros (Figura 7-169). En su mayoría son especies que requieren ambiente saturados de agua para poder desarrollar, con algunas especies que provienen de ecosistemas contiguos (césped de puna y roquedal).

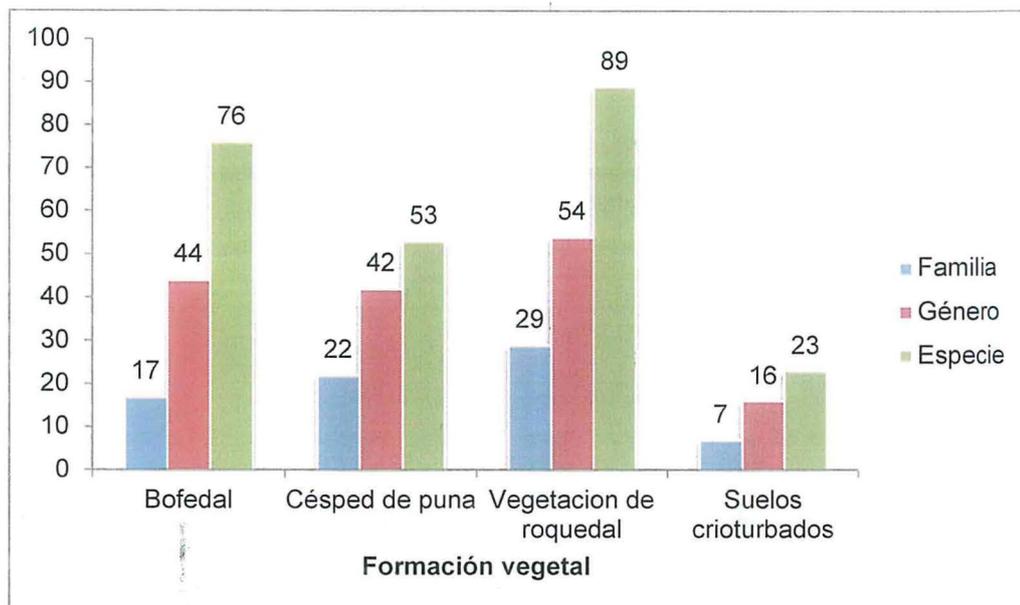


Figura 7-169. Número de especies, géneros y familias presentes en las cuatro formaciones vegetales presentes en el área de estudio

Césped de puna

El césped de puna ocupa zonas de poca pendiente, suelo terroso o un poco pedregoso, y medianamente húmedo. La vegetación está conformada por especies que generalmente forman céspedes o almohadillados de muy reducido tamaño, que en muchos sitios pueden cubrir casi la totalidad del suelo. Esta formación se la observa algunas veces contiguos a los bofedales. Aquí también se consideraron los pequeños parches de pajonales registrados en el ara de estudio. En esta formación se registraron 53 especies agrupadas en 22 familias y 42 géneros (Figura 7-169).

Vegetación de roquedal

Los afloramientos rocosos y zonas de la puna con grandes rocas y piedras albergan una vegetación muy variada, debido a los numerosos microhábitats que ofrece. Destacan por su diversidad los arbustos y helechos que aprovechan los intersticios rocosos para establecerse; en el área de estudio estos roquedales presentan influencia de los suelos crioturbados. En esta formación se registraron 89 especies agrupadas en 29 familias y 54 géneros (Figura 7-169).



Handwritten notes and signature on the left margin



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

Vegetación de suelos crioturbados

Esta formación se registra a grandes altitudes y se caracteriza por presentar un suelo suelto, con escasa vegetación y que pasa por procesos de congelamiento y descongelamiento continuo. En esta formación se registraron 23 especies agrupadas en 7 familias y 16 géneros (Figura 7-169).

Composición florística por microcuenca

En el área de estudio se evaluaron seis ecosistemas frágiles con sus formaciones vegetales asociados (EF), en cuatro microcuencas presentes en el área de estudio, las mismas que se detallan a continuación.

Microcuenca Supayhuasi

En esta microcuenca se registraron 73 especies agrupadas en 23 familias y 47 géneros (Figura 7-170). Las familias más diversas fueron Asteraceae con 31 especies, Poaceae con 24 y Caryophyllaceae con 8 (Figura 7-171).

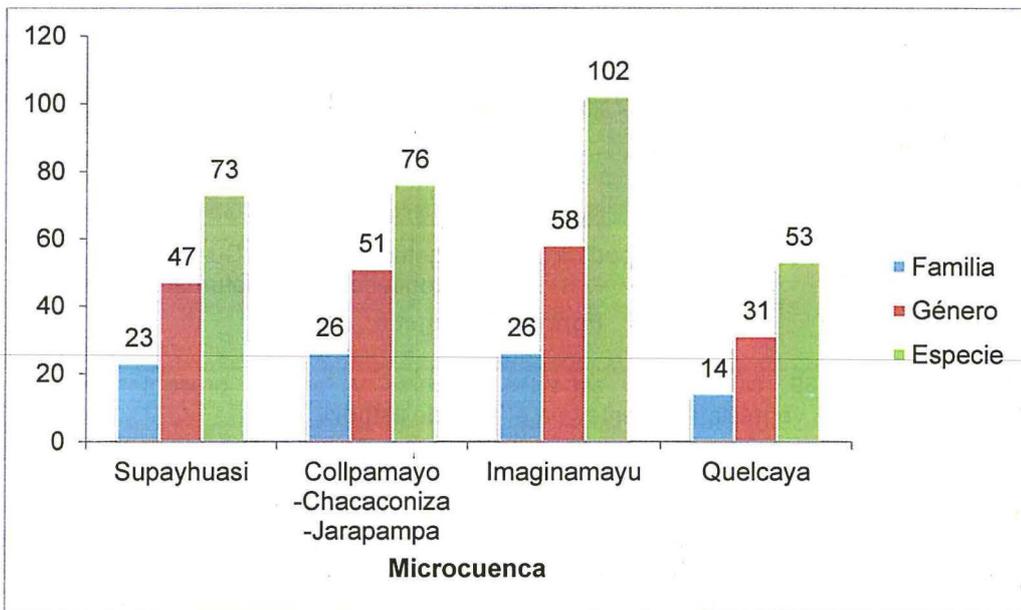


Figura 7-170. Número de especies, géneros y familias por microcuenca, presentes en los presentes en el área de estudio



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»

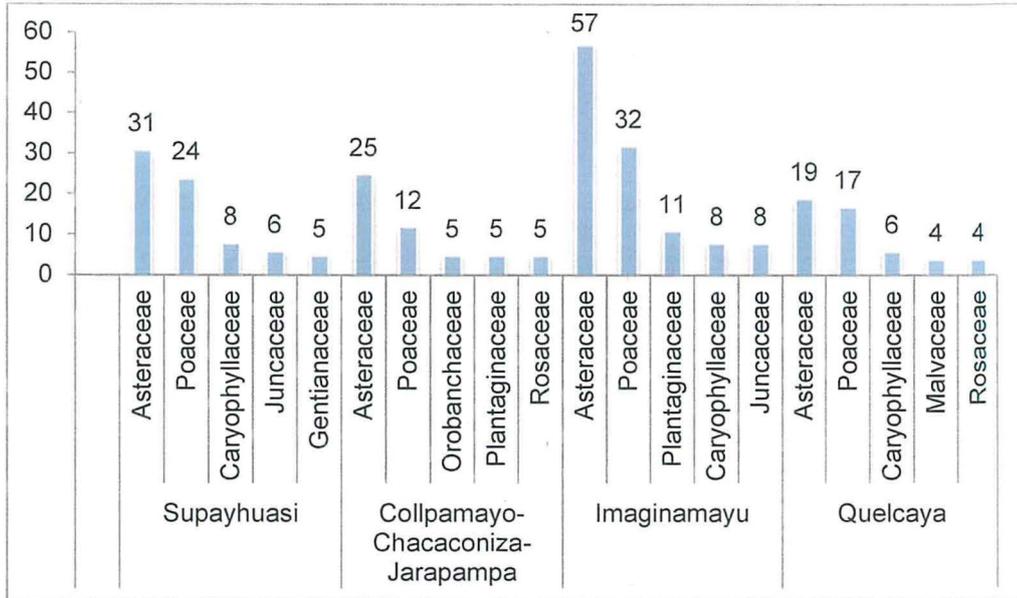


Figura 7-171. Familias más diversas por microcuenca, presentes en el área de estudio

En esta zona se evaluaron las formaciones vegetales de bofedal y vegetación de roquedal. En el bofedal se registró 38 especies agrupadas en 11 familias y 25 géneros (Figura 7-172). En donde las familias más diversas fueron Poaceae, Asteraceae y Juncaceae con 17, 12 y 5 especies respectivamente, entre otras familias están Caryophyllaceae con 4 especies y Apiaceae con 3 especies (Figura 7-173).

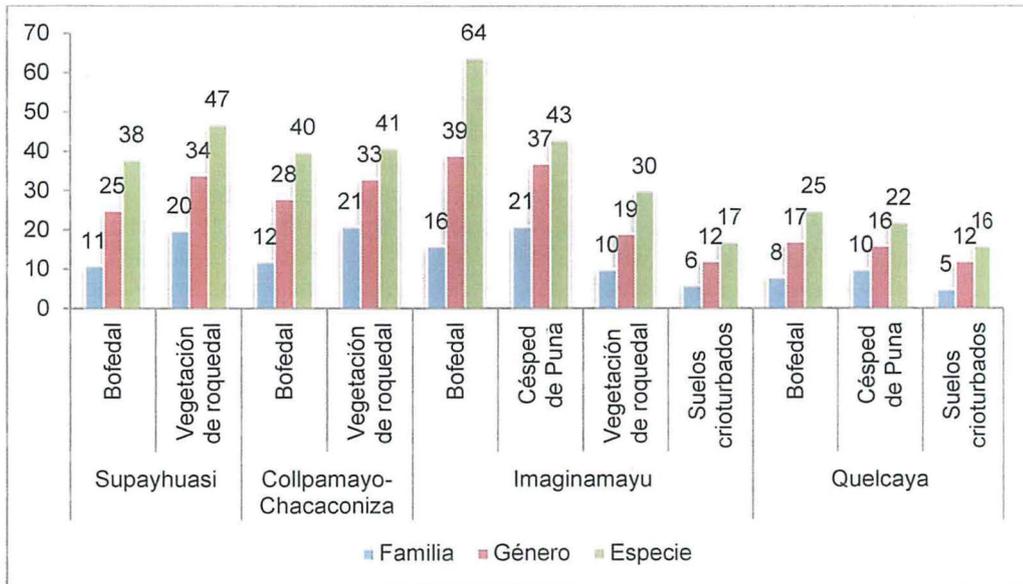


Figura 7-172. Número de especies, géneros y familias por formación vegetal, presentes en las microcuenca del área de estudio

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»

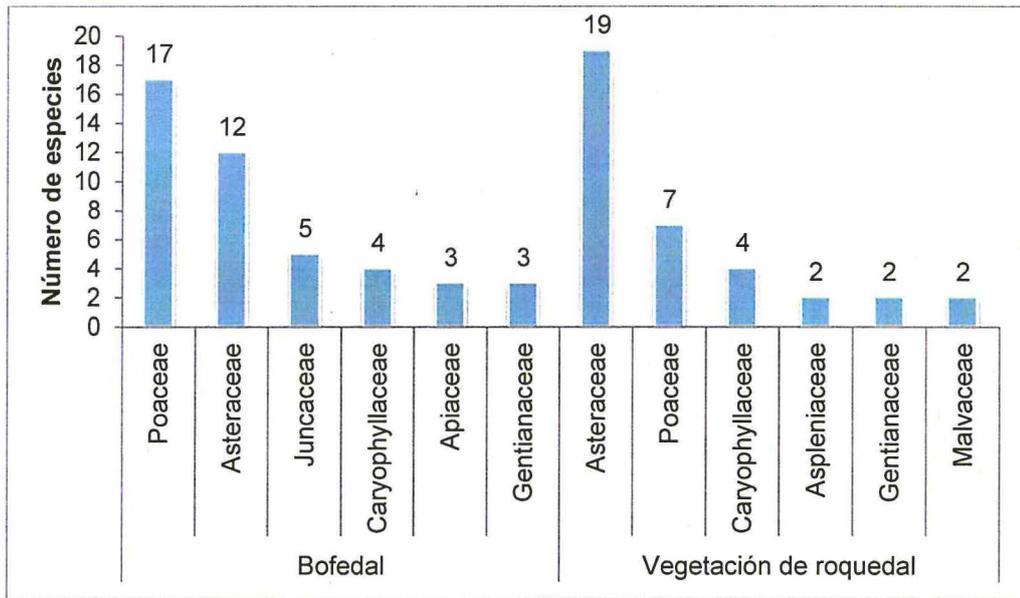


Figura 7-173. Familias más diversas por formación vegetal, presentes en la microcuenca Supayhuasi del área de estudio

En la vegetación de roquedal se registró 47 especies agrupadas en 20 familias y 34 géneros (Figura 7-172). En donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae con 19 y 7 especies respectivamente; entre otras familias están Caryophyllaceae con 4 especies y Aspleniaceae con 2 especies (Figura 7-173).

Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

En esta microcuenca se registraron 76 especies agrupadas en 26 familias y 51 géneros (Figura 7-170). Las familias más diversas fueron Asteraceae con 25 especies, Poaceae con 12 y Orobanchaceae con 5 (Figura 7-171).

En esta zona se evaluaron las formaciones vegetales de bofedal y vegetación de roquedal. En el bofedal se registró 40 especies agrupadas en 12 familias y 28 géneros (Figura 7-172). En donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae con 12 y 9 especies respectivamente; entre otras familias están Plantaginaceae y Rosaceae con 4 especies cada uno (Figura 7-174).

En la vegetación de roquedal se registró 41 especies agrupadas en 21 familias y 33 géneros (Figura 6-9). En donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Orobanchaceae con 13 y 4 especies respectivamente; entre otras familias están Poaceae con 3 especies y Caryophyllaceae con 2 especies (Figura 7-174).



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»

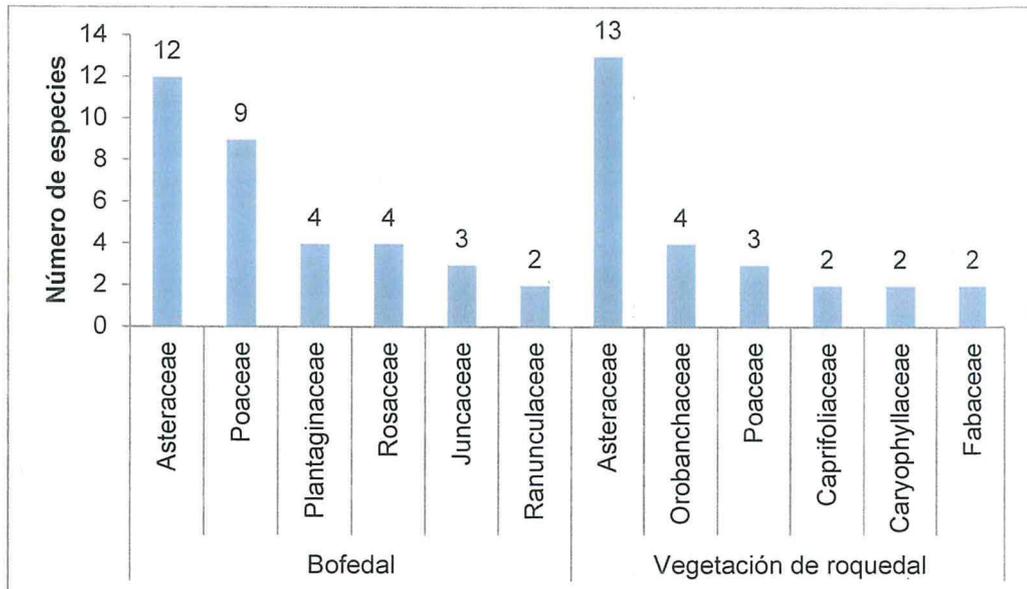


Figura 7-174. Familias más diversas por formación vegetal, presentes en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa del área de estudio

Microcuenca Imaqinamayu

En esta microcuenca se registraron 102 especies agrupadas en 26 familias y 58 géneros (Figura 7-170). Las familias más diversas fueron Asteraceae, Poaceae y Plantaginaceae con 57, 32 y 11 especies respectivamente (Figura 7-171).

Como ecosistema frágil se evaluaron a los bofedales y como ecosistemas asociados al césped de puna, vegetaciones de roquedal y de suelos crioturbados. En el bofedal se registró 64 especies agrupados en 16 familias y 39 géneros (Figura 7-172). Las familias más diversas fueron Asteraceae con 24 especies, Poaceae con 20 y Plantaginaceae con 8 (Figura 7-175).

En el césped de puna se registró 43 especies agrupadas en 21 familias y 37 géneros (Figura 6-9). Las familias más diversas fueron Asteraceae, Poaceae y Caryophyllaceae con 9, 5 y 3 especies respectivamente (Figura 7-175).

En la vegetación de roquedal se registró 30 especies agrupadas en 10 familias y 19 géneros (Figura 7-172). En donde las familias más diversas fueron Poaceae, Asteraceae y Caryophyllaceae con 17, 3 y 2 especies respectivamente (Figura 7-175).

En la vegetación de suelos crioturbados se registró 17 especies agrupadas en 6 familias y 12 géneros (Figura 7-172). En donde las familias más diversas fueron Asteraceae, Poaceae y Malvaceae con 7, 4 y 3 especies respectivamente (Figura 7-175).



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»

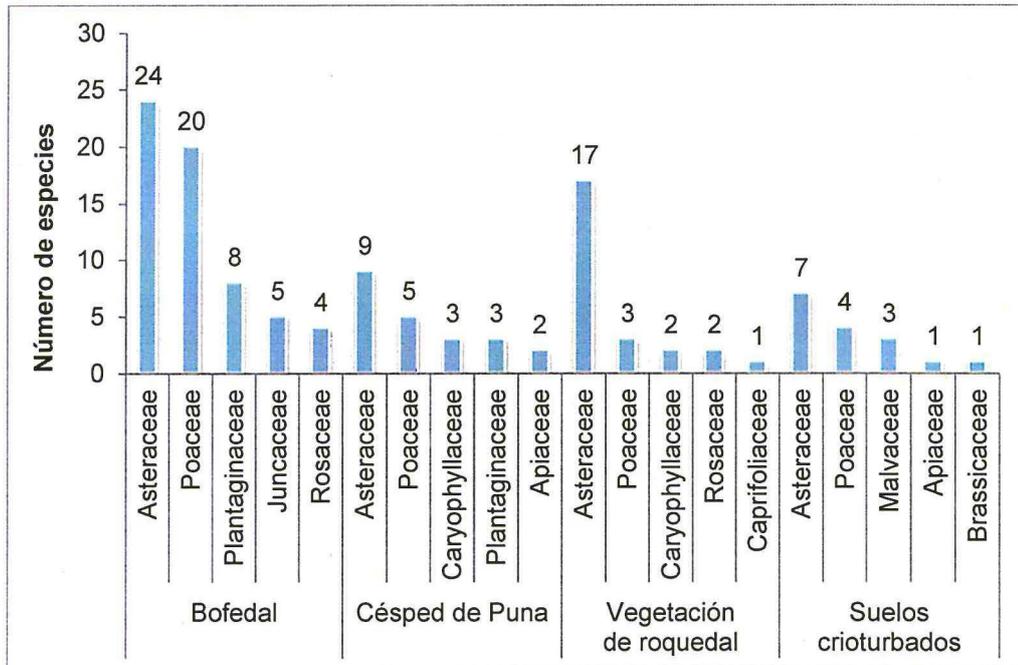


Figura 7-175. Familias más diversas por formación vegetal, presentes en la microcuenca Imaginamayu del área de estudio

Microcuenca Quelcaya

En esta microcuenca se registraron 53 especies agrupadas en 14 familias y 31 géneros (Figura 7-170). Las familias más diversas fueron Asteraceae con 19 especies, Poaceae con 17 y Caryophyllaceae con 6 (Figura 7-171).

En esta zona se evaluaron las formaciones vegetales de bofedal, césped de puna y vegetación de suelos crioturbados. En el bofedal se registró 25 especies agrupadas en 8 familias y 17 géneros (Figura 7-171). En donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae con 7 especies cada uno; entre otras familias están Rosaceae con 3 especies y Juncaceae con 2 especies (Figura 7-176).

En el césped de puna se registró 22 especies agrupadas en 10 familias y 16 géneros (Figura 6-9). En donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae con 7 y 5 especies respectivamente; entre otras familias están Caryophyllaceae con 3 especies y Apiaceae con 1 especie (Figura 7-176).

En la vegetación de suelos crioturbados se registró 16 especies agrupadas en 5 familias y 12 géneros (Figura 7-172). En donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae con 7 y 3 especies respectivamente, entre otras familias están Malvaceae con 3 especies y Caryophyllaceae con 2 especies (Figura 7-173).



Vertical handwritten signature in blue ink.



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

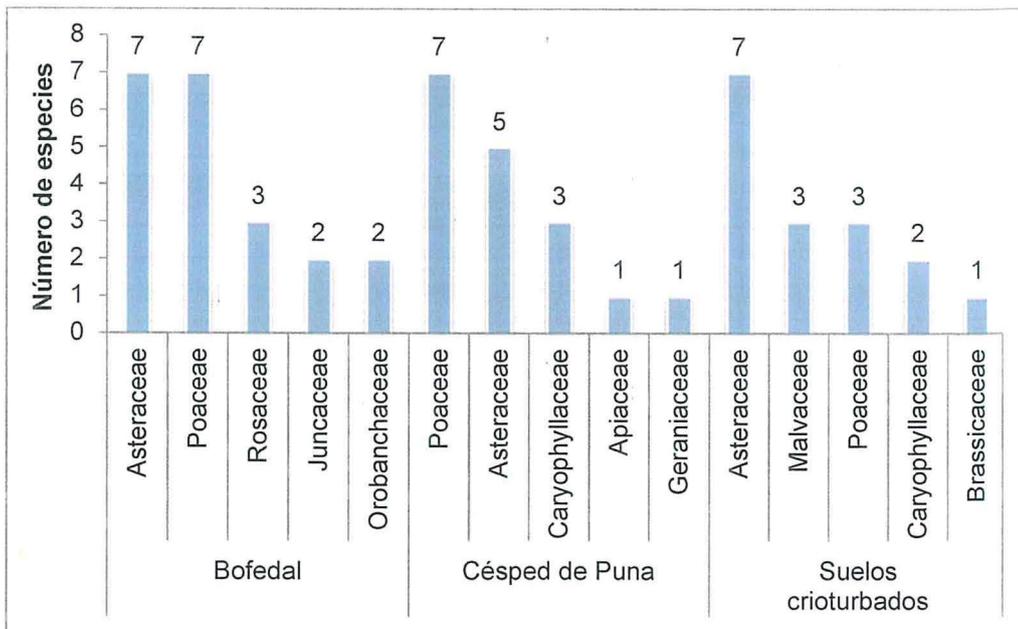


Figura 7-176. Familias más diversas por formación vegetal en la microcuenca Quelcaya, presente en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM

7.3.6.2. Abundancia relativa y cobertura vegetal

Cobertura vegetal

Los valores de cobertura de la vegetación en el área de estudio presentaron valores de moderados a altos, que varían entre el 20 y 99 %.

En la microcuenca Imaginamayu la cobertura vegetal oscila entre 20 y 99 %, presentando una cobertura promedio de 84,4 % en el bofedal, 79 % en el césped de puna y 47,5 % en la vegetación de roquedal. En la microcuenca Supayhuasi la cobertura vegetal oscila entre 35 y 93 %, presentando una cobertura promedio de 83,6 % en el bofedal y 63,7 % en la vegetación de roquedal. En la microcuenca quebrada Quelcaya la cobertura vegetal oscila entre 58 y 95 %, presentando una cobertura promedio de 87,7 % en el bofedal y 70 % en el césped de puna. En la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa la cobertura vegetal oscila entre 63 y 96 %, presentando una cobertura promedio de 86,7 % en el bofedal y de 63 % en la vegetación de roquedal (Tabla 7-41).

Tabla 7-41. Cobertura vegetal por transecto, formación vegetal, ecosistema Frágil y Microcuenca, presente en el área de influencia de proyecto minero Corani de BCM

Microcuenca	Ecosistema frágil	Código final Transecto evaluado	Formación Vegetal	Cobertura vegetal (%)	Cobertura Promedio por Microcuenca (%)
Supayhuasi	EF3	FL21	Bofedal	82	78,1
		FL22	Bofedal	86	
		FL23	Bofedal	77	
		FL24	Bofedal	93	
	EF4	FL25	Vegetación de roquedal	79	
		FL26	Bofedal	86	
		FL27	Bofedal	90	
		FL28	Bofedal	94	



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

Microcuenca	Ecosistema frágil	Código final Transecto evaluado	Formación Vegetal	Cobertura vegetal (%)	Cobertura Promedio por Microcuenca (%)	
		FL29	Bofedal	61		
		FL31	Vegetación de roquedal	35		
		FL32	Vegetación de roquedal	77		
Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	EF6	FL39	Bofedal	88	84,3	
		FL40	Bofedal	91		
		FL41	Bofedal	96		
		FL42	Bofedal	79		
		FL43	Bofedal	84		
		FL44	Bofedal	93		
		FL45	Bofedal	84		
		FL46	Bofedal	77		
		FL47	Bofedal	88		
Imaginamayu	EF1	FL1	Bofedal	80	80,2	
		FL2	Bofedal	99		
		FL3	Bofedal	93		
		FL4	Bofedal	84		
		FL5	Césped de puna	79		
			FL6	Bofedal		99
			FL7	Bofedal		96
			FL8	Bofedal		76
			FL9	Bofedal		79
			FL10	Bofedal		87
			FL11	Bofedal		57
	EF2	FL12	Bofedal	86		
		FL13	Bofedal	91		
		FL14	Bofedal	87		
		FL15	Bofedal	88		
		FL16	Bofedal	65		
		FL17	Bofedal	83		
		FL18	Vegetación de roquedal	75		
		FL19	Vegetación de roquedal	20		
Quelcaya	EF5	FL33	Bofedal	95	80,6	
		FL34	Bofedal	83		
		FL35	Bofedal	85		
		FL36	Césped de puna	58		
		FL37	Césped de puna	82		

Abundancia relativa en el área de estudio

Considerando todos los transectos evaluados en el área de estudio se pudo observar que la composición de especies es muy variada. Las especies con mayor abundancia relativa en el área de estudio es *Distichia muscoides* con un 13,8 %, esto debido a la presencia de bofedales densos en el área de estudio. Entre otras especies dominantes están *Calamagrostis brevifolia* (11,9 %), *Calamagrostis rigescens* (8,4 %), *Werneria pygmaea* (7,8 %) y *Calamagrostis crhysantha* (4,3 %) (Figura 7-177).



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

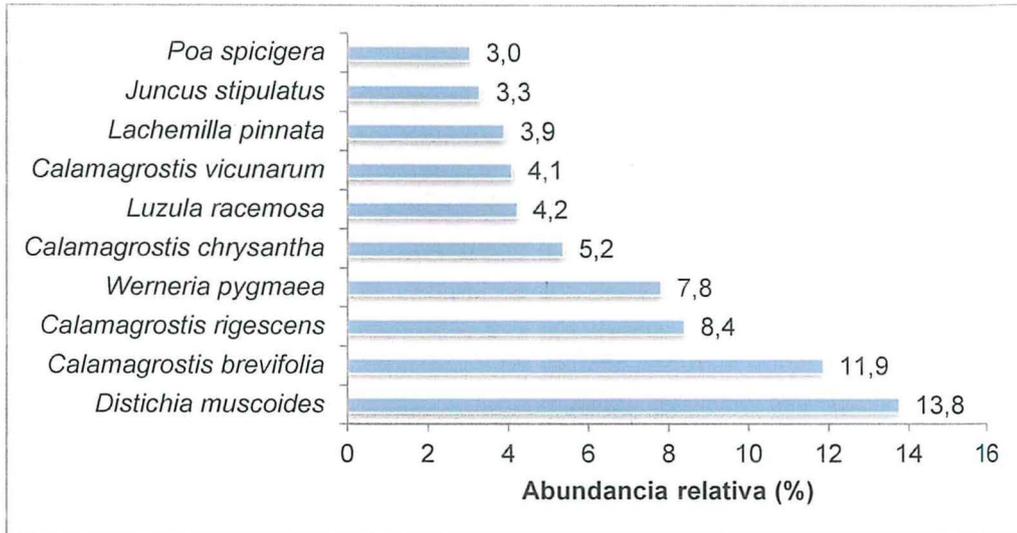


Figura 7-177. Especies con mayor abundancia relativa presentes en el área de influencia proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C.

Abundancia relativa por formación vegetal

Bofedal

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación pertenecen principalmente a las familias Juncaceae, Poaceae y Asteraceae, aunque entre ellas también tenemos a especies de las familias Rosaceae y Plantaginaceae. La especie con mayor abundancia relativa es *Distichia muscoides* con 17,2 %, esta especie es una de las especies principales que forman este tipo de ecosistemas. Entre otras especies dominantes tenemos a *Calamagrostis brevifolia* (14,2 %), *Calamagrostis rigescens* (10,1 %) y *Werneria pygmaea* (9,8 %), todas especies higrófilas⁴⁴; también tenemos a *Calamagrostis chrysantha* (6,7 %) y *Luzula racemosa* (4,4 %) (Figura 7-178).

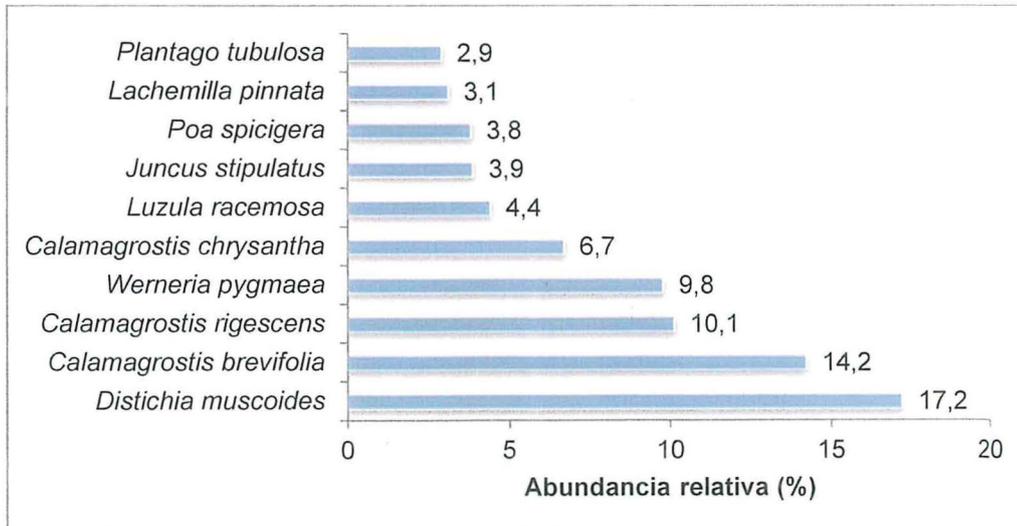


Figura 7-178. Especies con mayor abundancia relativa en el bofedal presente en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C.

⁴⁴ Especies que tienen una mayor afinidad por el agua.



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



Césped de Puna

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación pertenecen principalmente a las familias Poaceae, Asteraceae y Juncaceae. Entre ellas tenemos a *Calamagrostis vicunarum* (20,4%), como la especie con mayor abundancia relativa, seguidas de *Aciachne pulvinata* (11,2 %) y *Luzula racemosa* (8,8 %) ambas especies cespitosas frecuentes en estas formaciones; entre otras especies dominantes tenemos a *Oritrophium limnophyllum* (8,1 %), *Pycnophyllum bryoides* (6,2 %), *Calamagrostis brevifolia* (5,1 %) (Figura 7-179).

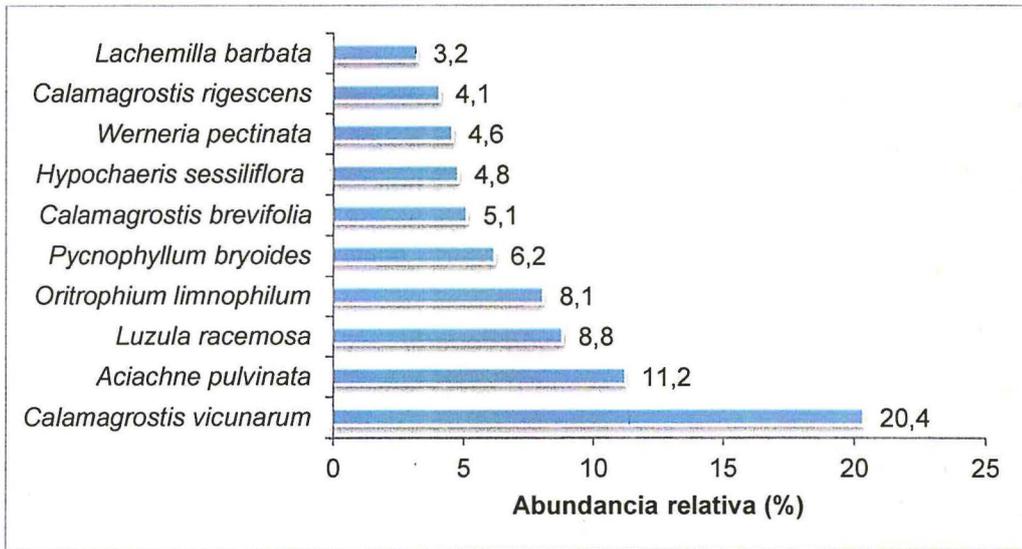


Figura 7-179. Especies con mayor abundancia relativa en el césped de puna presente en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C.

Vegetación de roquedal

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación pertenecen principalmente a las familias Asteraceae, Poaceae y Rosaceae. Entre ellas tenemos a *Senecio rufescens* (17,2 %), *Calamagrostis vicunarum* (12 %) y *Lachemilla pinnata* (9,7 %), las dos primeras especies de gramíneas que conforman principalmente el césped. Entre otras especies dominantes tenemos a *Calamagrostis rigida* (6,4 %), *Calamagrostis tarmensis* (5,4 %), *Geranium sessiliflorum* (3,5 %) (Figura 7-180).



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a large arrow pointing upwards and several illegible signatures.



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

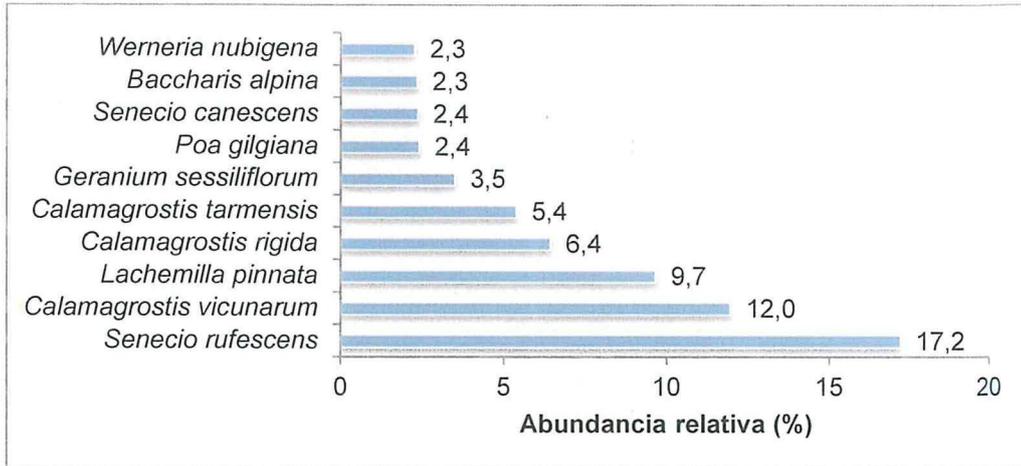


Figura 7-180. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal presente en el área de estudio

Vegetación de suelos crioturbados

No se realizó un muestreo cuantitativo en esta formación, debido a que la cobertura vegetal observada fue muy baja.

Abundancia relativa por microcuenca

Microcuenca Supayhuasi

En esta microcuenca las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Juncaceae. La especie con mayor abundancia relativa es *Calamagrostis brevifolia* con 18,4 %, seguidas de *Distichia muscoides* (16,6 %) y *Calamagrostis rigescens* (11 %). Entre otras especies tenemos a *Calamagrostis chrysantha* (6 %), *Luzula racemosa* (5,2 %) (Figura 7-181).

Las especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal pertenecen principalmente a las familias Asteraceae y Poaceae. Entre ellas tenemos a *Senecio rufescens* (17,5 %), seguidas de *Calamagrostis vicunarum* (16,7 %) y *Lachemilla pinnata* (15 %). Entre otras especies dominantes tenemos a *Calamagrostis rigida* (7 %) y *Geranium sessiliflorum* (4,4%) (Figura 7-181).

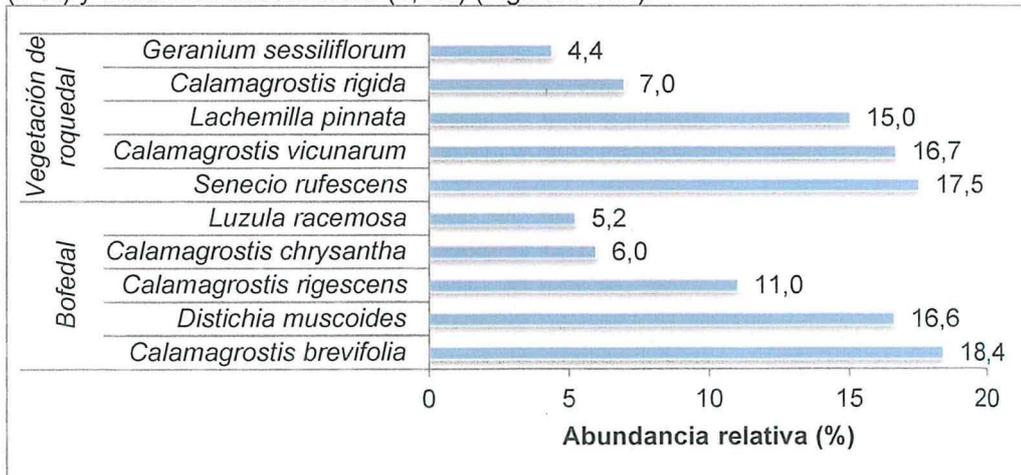


Figura 7-181. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación en la microcuenca Supayhuasi presente en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM



Vertical handwritten notes in blue ink on the left margin, including a large arrow pointing upwards and some illegible text.



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

Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

En esta microcuenca las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal pertenecen principalmente a las familias Asteraceae, Poaceae y Juncaceae. La especie con mayor abundancia relativa es *Werneria pygmaea* con 23,1%, seguidas de *Distichia muscoides* (17 %) y *Juncus stipulatus* (12,2 %). Entre otras especies tenemos a *Plantago tubulosa* (10,7 %), *Calamagrostis brevifolia* (8,8 %) (Figura 7-182).

Las especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal pertenecen principalmente a las familias Poaceae, Asteraceae y Rubiaceae. Entre ellas tenemos a *Calamagrostis rigida* (17,7 %), seguidas de *Poa gilgiana* (14,4 %) y *Cerastium subspicatum* (8,6 %). Entre otras especies dominantes tenemos a *Perezia ciliosa* (7,9 %) y *Galium corymbosum* (7,2 %) (Figura 7-182).

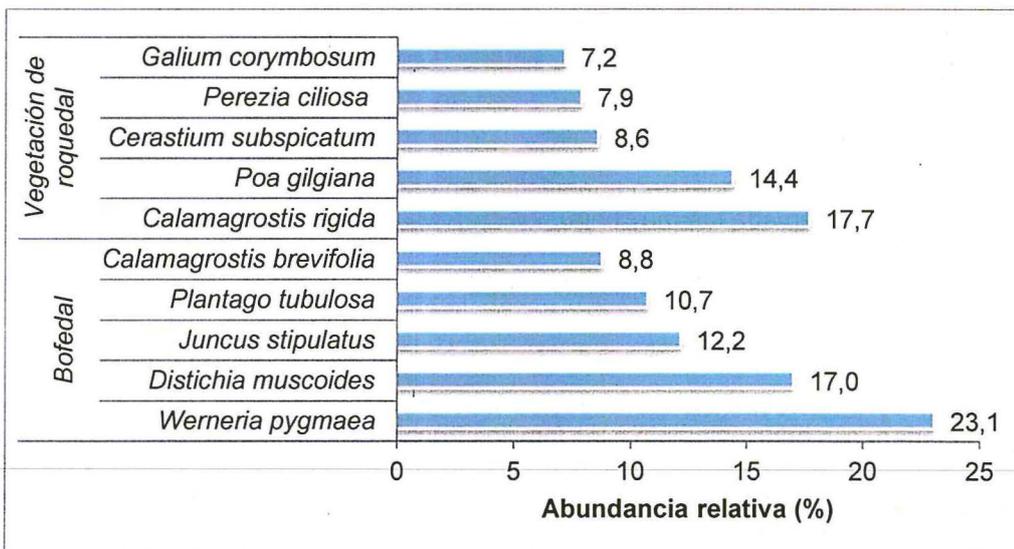


Figura 7-182. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa presente en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM

Microcuenca Imaginamayu

En esta microcuenca las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Juncaceae. La especie con mayor abundancia relativa es *Calamagrostis rigescens* con 14,1 %, seguidas de *Calamagrostis brevifolia* (13,2 %) y *Distichia muscoides* (12,6%). Entre otras especies tenemos a *Calamagrostis chrysantha* (11,5 %), *Poa spicigera* (3 %) (Figura 7-183).

Las especies con mayor abundancia relativa en el césped de puna pertenecen principalmente a las familias Asteraceae y Poaceae. Entre ellas tenemos a *Oritrophium limnophyllum* (24,2 %); seguidas de *Poa asperiflora* (19,4 %) y *Piptochaetium indutum* (7,3 %), como especies de gramíneas que conforman el estrato herbáceo. Entre otras especies dominantes tenemos a *Plantago sericea* (6,7 %) y *Astragalus micranthellus* (6,1 %) (Figura 7-183).

Las especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal pertenecen principalmente a las familias Asteraceae Poaceae. Entre ellas tenemos a *Senecio rufescens* (25 %) como especie más dominante, seguidas de *Calamagrostis tarmensis*



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



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

(16,2 %) y *Calamagrostis vicunarum* (10,9 %). Entre otras especies dominantes tenemos a *Werneria nubigena* (6,8 %) y *Senecio canescens* (5,9 %) (Figura 7-183).

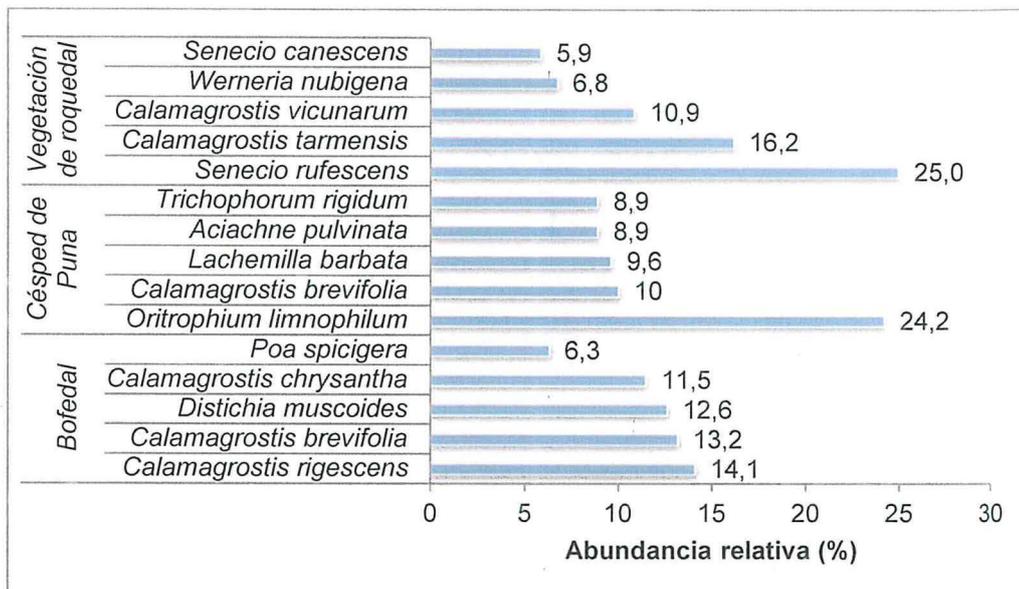


Figura 7-183. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación en la microcuenca Imaginamayú presente en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM

Microcuenca Quelcaya

En esta microcuenca las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Juncaceae. La especie con mayor abundancia relativa es *Distichia muscoides* con 43,7 %, seguidas de *Calamagrostis brevifolia* (25,1 %) y *Calamagrostis rigescens* (10,1 %). Entre otras especies tenemos a *Luzula racemosa* (6 %), *Calamagrostis chrysantha* (3,4 %) (Figura 7-184).

Las especies con mayor abundancia relativa en el césped de puna pertenecen principalmente a las familias Poaceae, Juncaceae, Cayophyllaceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Calamagrostis vicunarum* (30 %), seguidas de *Aciachne pulvinata* (12,4 %) y *Luzula racemosa* (12,3 %). Entre otras especies dominantes tenemos a *Pycnophyllum bryoides* (9,3 %), *Hypochaeris sessiliflora* (7,2 %) (Figura 7-184).



Handwritten signature and date '10/05/2011' written vertically



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

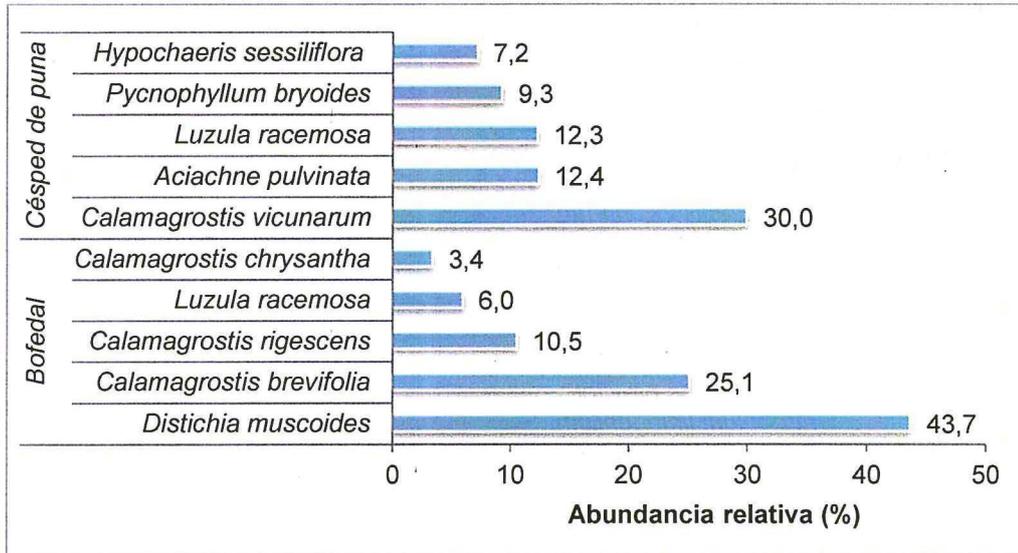


Figura 7-184. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación en la microcuenca Quelcaya presente en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM

7.3.6.3. Análisis de diversidad

Diversidad alfa

Para los análisis de diversidad se consideraron los datos obtenidos en los transectos evaluados, considerando un total de 122 especies. Se observa que la riqueza de especies fluctúa por transecto entre siete y 29 especies por transecto. Los valores de diversidad varían de acuerdo a la formación vegetal estudiada. Los valores de diversidad representada por el índice de Shannon-Wiener (H') en los transectos realizados fluctúa entre 1,33 y 2,83, el índice de dominancia de Simpson fluctúa entre 0,08 y 0,33, y el índice de equidad fluctúa entre 0,66 y 0,95 (Tabla 7-42).

Tabla 7-42. Índices de diversidad alfa obtenido de los transectos evaluados en los puntos de muestreo presentes en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM

Microcuenca	Ecosistema frágil	Código final Transecto evaluado	Formación Vegetal	Riqueza de especies	Equidad	Índice de Dominancia (D)	Índice de Shannon-Wiener (H)
Supayhuasi	EF3	FL21	Bofedal	9	0,85	0,19	1,86
		FL22	Bofedal	7	0,87	0,17	1,85
		FL23	Bofedal	9	0,79	0,15	1,99
		FL24	Bofedal	10	0,8	0,17	1,94
		FL25	Vegetación de roquedal	12	0,69	0,25	1,76
	EF4	FL26	Bofedal	12	0,76	0,14	2,11
		FL27	Bofedal	18	0,76	0,11	2,42
		FL28	Bofedal	14	0,68	0,13	2,24
		FL29	Bofedal	8	0,8	0,19	1,81
		FL31	Vegetación de roquedal	14	0,73	0,19	2,11
		FL32	Vegetación de roquedal	14	0,74	0,28	1,81



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»

Microcuenca	Ecosistema frágil	Código final Transecto evaluado	Formación Vegetal	Riqueza de especies	Equidad	Índice de Dominancia (D)	Índice de Shannon-Wiener (H)
Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	EF6	FL39	Bofedal	20	0,82	0,16	2,2
		FL40	Bofedal	16	0,81	0,2	1,92
		FL41	Bofedal	15	0,74	0,2	1,92
		FL42	Bofedal	9	0,71	0,23	1,63
		FL43	Bofedal	14	0,84	0,2	1,93
		FL44	Bofedal	11	0,81	0,18	1,97
		FL45	Bofedal	11	0,81	0,19	1,95
		FL46	Bofedal	9	0,77	0,24	1,64
		FL47	Bofedal	11	0,79	0,23	1,71
		FL48	Vegetación de roquedal	29	0,71	0,08	2,83
Imaginamayu	EF1	FL1	Bofedal	17	0,8	0,13	2,27
		FL2	Bofedal	18	0,88	0,12	2,45
		FL3	Bofedal	23	0,82	0,12	2,48
		FL4	Bofedal	21	0,69	0,11	2,49
		FL5	Césped de puna	23	0,85	0,11	2,53
	EF2	FL6	Bofedal	13	0,78	0,18	2,09
		FL7	Bofedal	13	0,86	0,2	1,98
		FL8	Bofedal	9	0,81	0,2	1,75
		FL9	Bofedal	10	0,83	0,26	1,63
		FL10	Bofedal	8	0,85	0,18	1,82
		FL11	Bofedal	8	0,66	0,25	1,71
		FL12	Bofedal	15	0,85	0,23	1,86
		FL13	Bofedal	10	0,85	0,16	1,96
		FL14	Bofedal	8	0,95	0,28	1,63
		FL15	Bofedal	10	0,91	0,17	1,99
		FL16	Bofedal	10	0,84	0,2	1,87
		FL17	Bofedal	12	0,71	0,17	2,05
		FL18	Vegetación de roquedal	20	0,85	0,11	2,54
		FL19	Vegetación de roquedal	12	0,84	0,3	1,64
Quelcaya	EF5	FL33	Bofedal	9	0,82	0,24	1,66
		FL34	Bofedal	8	0,69	0,28	1,58
		FL35	Bofedal	7	0,71	0,33	1,33
		FL36	Césped de puna	15	0,74	0,17	2,16
		FL37	Césped de puna	16	0,73	0,18	2,02



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

Diversidad por formación vegetal

La mayor diversidad representada por el índice de Shannon-Wiener (H') se registra en césped de puna con una diversidad promedio de 2,23 nits/individuo, seguida de la vegetación de roquedal con una diversidad de 2,11 nits/individuo; la menor diversidad se presenta en los bofedales con una diversidad promedio de 1,94 nits/individuo, esto se debe a la mayor dominancia de las especies principales que conforman el bofedal. Los índices de equidad y dominancia de Simpson, respaldan lo mostrado por el índice de Shannon, es así que el césped de puna presenta el menor índice de dominancia promedio (0,15) registrado, consecuente al índice de equidad promedio (0,77) obtenido; la vegetación de roquedal presenta un índice de dominancia de 0,20 y un índice de equidad de 0,76 y el bofedal presenta un índice de dominancia de 0,19 y un índice de equidad de 0,80 (Figura 7-185).

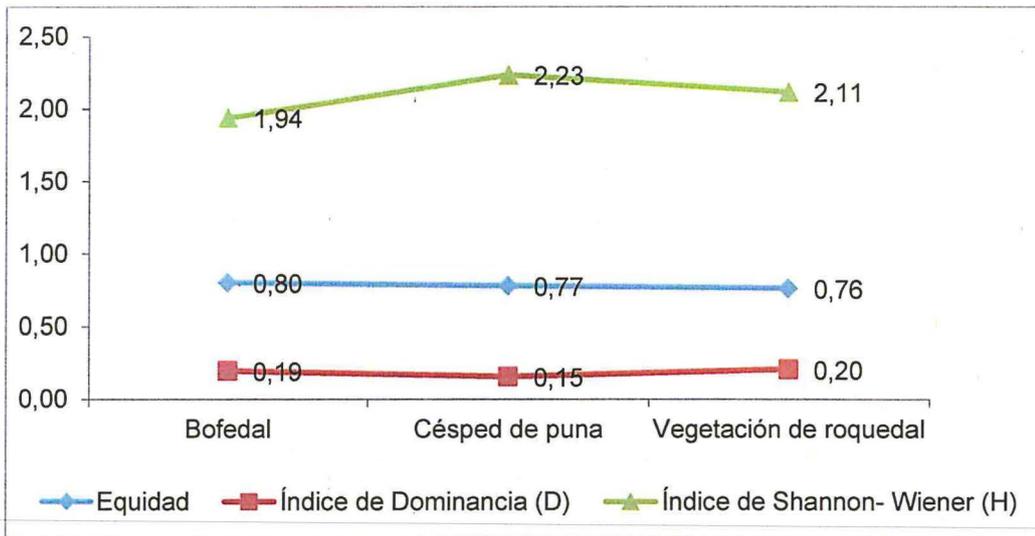


Figura 7-185. Índices de diversidad alfa de las formaciones vegetales presentes en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C.

Diversidad por microcuenca

La mayor diversidad representada por el índice de Shannon-Wiener (H') se registra en la microcuenca Imaginamayu con una diversidad promedio de 2,04 nits/individuo, seguida de la microcuenca Supayhuasi con una diversidad de 1,99 nits/individuo; en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa se registra una diversidad promedio de 1,97 nits/individuo; y la menor diversidad se presenta en la microcuenca Quebrada Quelcaya con un índice de diversidad de 1,75 nits/individuo. Los índices de equidad y dominancia de Simpson, respaldan lo mostrado por el índice de Shannon. La microcuenca Imaginamayu presenta un índice de dominancia de 0,18 y un índice de equidad de 0,82; la microcuenca Supayhuasi presenta un índice de dominancia de 0,18 y un índice de equidad de 0,77; la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa presenta un índice de dominancia de 0,19 y un índice de equidad de 0,78; y la microcuenca Quebrada Quelcaya presenta un índice de dominancia de 0,24 y un índice de equidad de 0,74. Ver Figura 6-24.



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»

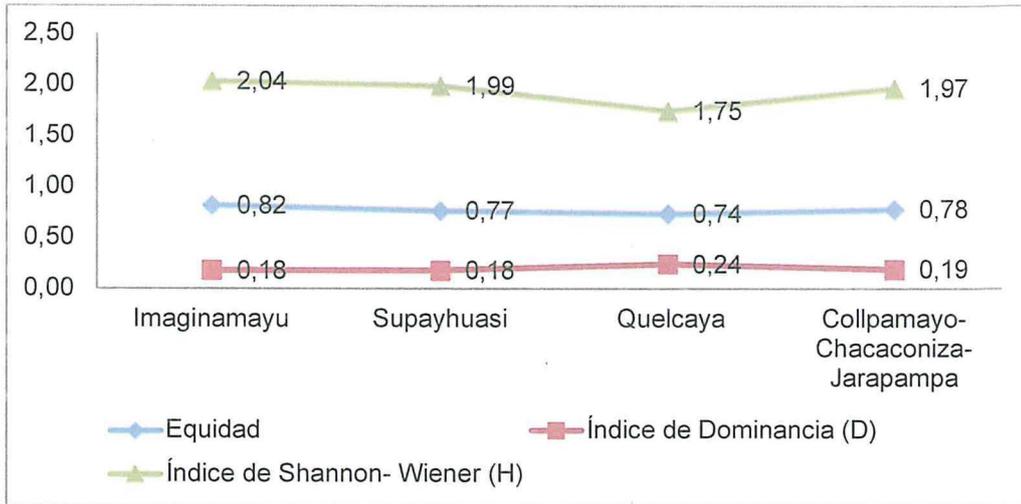


Figura 7-186. Índices de diversidad alfa en las microcuencas presentes en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C.

Diversidad beta

Similaridad por formación vegetal

Se obtiene un índice de similitud de Morissita bajo, entre las formaciones vegetales, menor a 0,40 evidenciándose que cada formación vegetal tiene un tipo de vegetación característico. Se observa una clara separación entre el bofedal y las otras formaciones con un valor de similitud que varía entre 0,10 a 0,29. Una mayor similitud existe entre el césped de puna y la vegetación de roquedal, con un índice de 0,40, lo que indica que hay más especies compartidas entre estas dos formaciones con respecto a las demás (Tabla 7-43 y Figura 7-187).

Tabla 7-43. Índices de similitud entre las formaciones vegetales presentes en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., con el Índice Morisita

Formación vegetal	Bo	Cp	VR
Bo	1,00	0,29	0,10
Cp	0,29	1,00	0,40
VR	0,10	0,40	1,00

Bo: bofedal, Cp: césped de puna; VR: vegetación de roquedal



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»

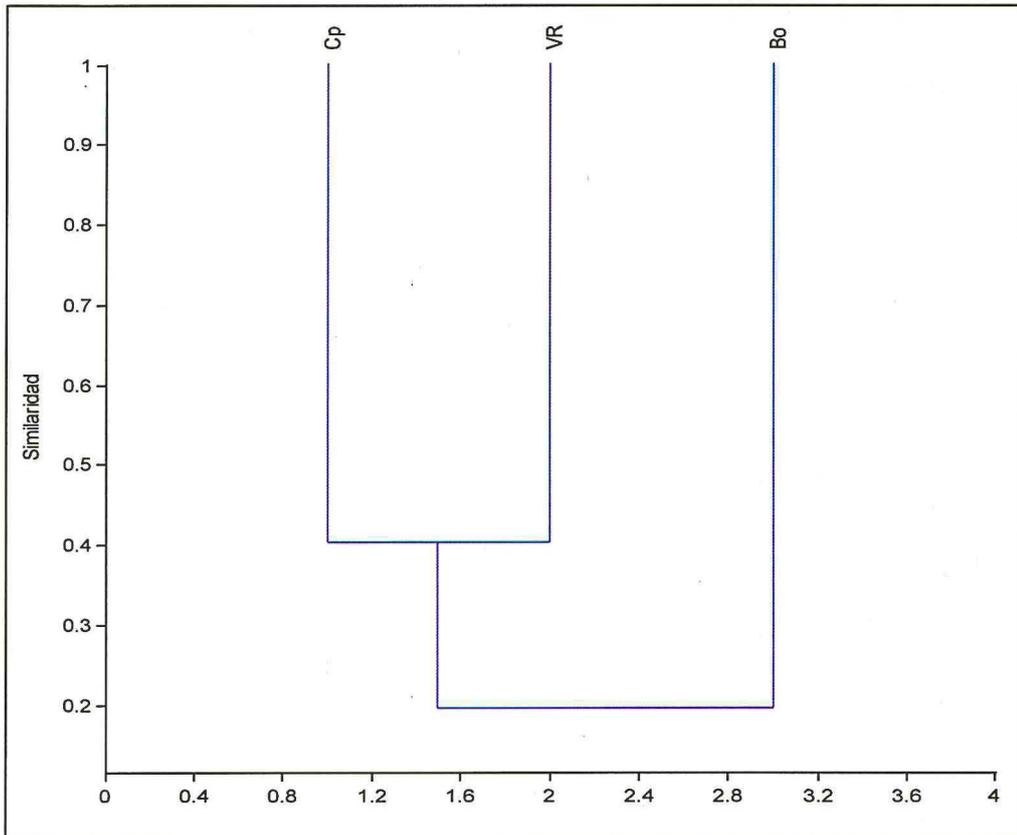


Figura 7-187. Análisis de Clúster de las formaciones vegetales presentes en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., con el Índice Morisita Bo: bofedal, Cp: césped de puna; VR: vegetación de roquedal



Similitud por microcuena

Se obtiene un índice de similitud de Morisita variado con valores de medios a altos, lo que evidencia una similitud en las especies presentes en las diferentes microcuencas evaluadas. La mayor similitud se presenta entre las microcuencas Imaginamayu y Supayhuasi con un índice de similitud de 0,90, mientras que la menor similitud se presenta entre las microcuencas Collpamayo-Chacaconiza y Quebrada Quelcaya con un índice de similitud de 0,54 (Tabla 7-44 y Figura 7-188).

Tabla 7-44. Índices de Similitud entre las EF/Zonas presentes en el área de influencia proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., con el Índice Morisita.

Microcuena	Imaginamayu	Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	Quelcaya	Supayhuasi
Imaginamayu	1,00	0,54	0,72	0,90
Collpamayo - Chacaconiza	0,54	1,00	0,54	0,56
Quelcaya	0,72	0,54	1,00	0,76
Supayhuasi	0,90	0,56	0,76	1,00

Handwritten notes and signatures on the left margin, including a large signature and various initials.



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

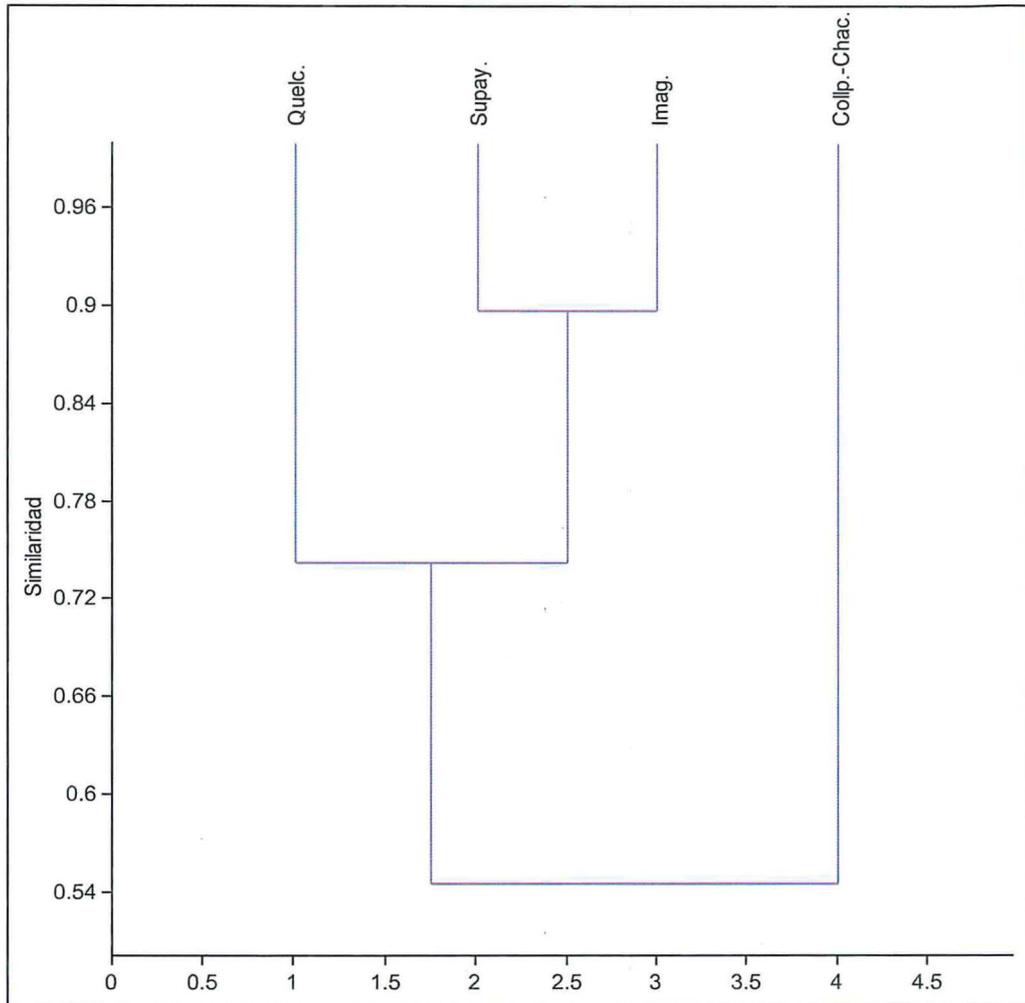


Figura 7-188. Análisis de clúster de las microcuencas presentes en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., con el Índice Morisita

7.3.6.4. Análisis NMDS

El análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), utilizando el índice de Morisita, muestra visualmente la similitud entre los puntos evaluados, presentándolos en tres grupos bien diferenciados. Los transectos agrupados en el grupo 1 corresponden a los puntos evaluados en el bofedal, los transectos agrupados en el grupo 2 corresponden a los puntos evaluados en el césped de puna y los transectos agrupados en el grupo 3 corresponden a los puntos evaluados en la vegetación de roquedal, en este último grupo se observa que los puntos están más dispersos lo que indica la mayor variabilidad en este ecosistema (Figura 7-189).



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

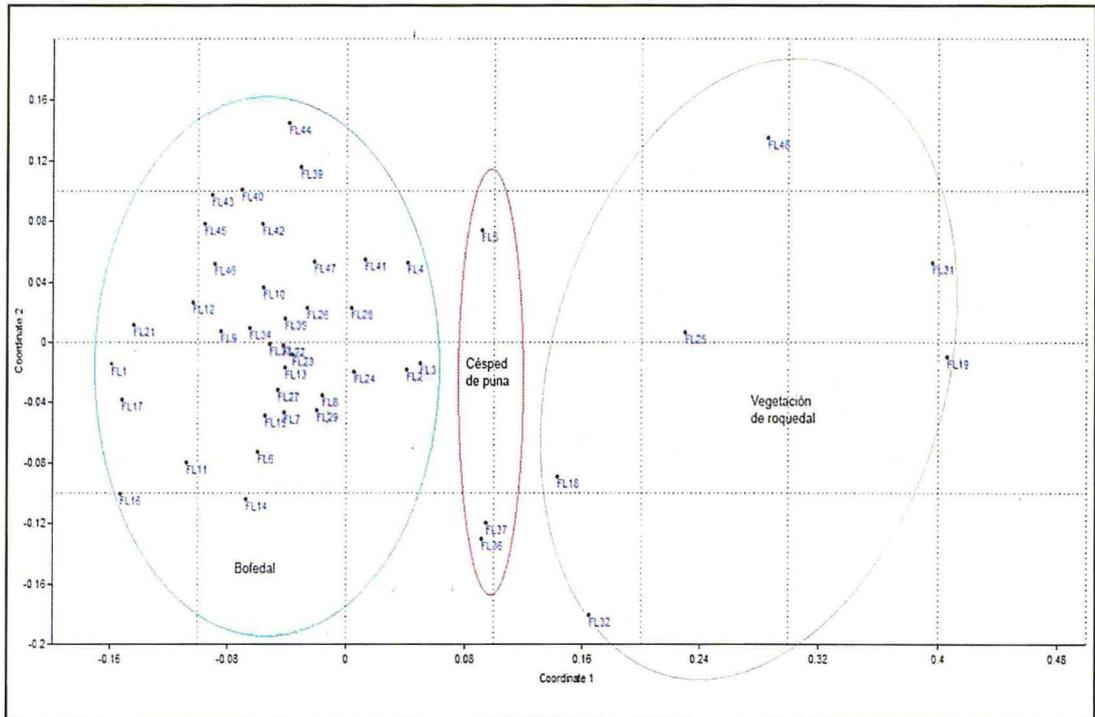


Figura 7-189. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) con los transectos evaluados en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., con el índice Morisita.

7.3.6.5. Curva de acumulación

De acuerdo al análisis de la curva de acumulación de especies con los datos obtenidos de los transectos estudiados, muestran que la curva se ajusta bien al modelo de Clench ($R=0.9976$) y que el número máximo de especies predicho es de 169. No se llegó a obtener una curva asintótica, pero estuvo cerca (ver Figura 6-26). La evaluación representa el 72,4% de la flora total estimada para el área de estudio. Sin embargo, se puede observar que con la evaluación cualitativa se logra registrar un número muy cercano al predicho (153 especies) por el modelo. Esto muestra la importancia de realizar muestreos cualitativos para complementar a los de la evaluación cuantitativa. Por lo tanto, los datos obtenidos en este estudio fueron estadísticamente significativos.



Vertical handwritten text on the left margin, including a signature and the name 'MORISITA'.

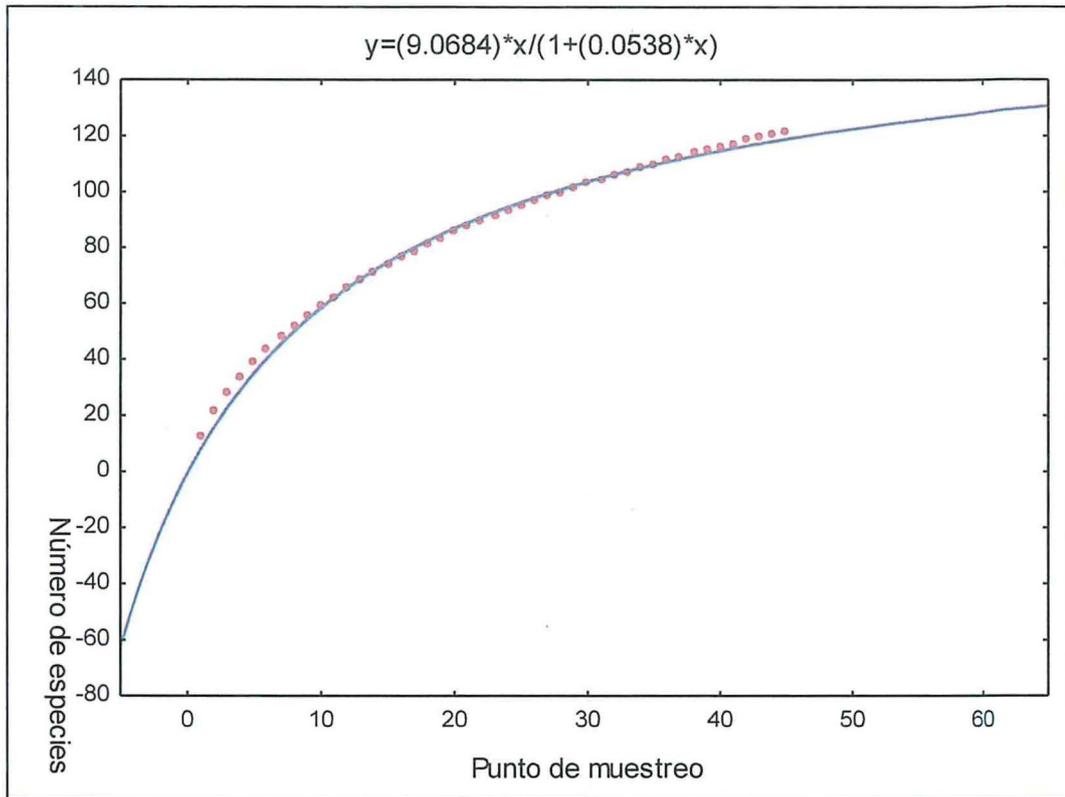


Figura 7-190. Curva de acumulación de especies. Modelo: $v_2 = (a * v_1) / (1 + (b * v_1))$. Función de Clench



7.3.6.6. Conservación

Especies amenazadas

De acuerdo a los criterios de estado de conservación de las listas de categorización nacional e internacional, se encontraron 10 especies de plantas vasculares (Tabla 7-45), y representan un 6,5 % del total de las especies registradas en el presente estudio. Siendo las familias Asteraceae y Orchidaceae las que presenta mayor número de especies.

De las 10 especies, 6 se encuentran protegidas por la legislación peruana según la Categorización Nacional de Especies Amenazadas de Flora Silvestre (D.S. N.º 043-2006 AG) y se listan en la Tabla 7-45. Dos de ellas se encuentra en Peligro Crítico (CR); *Ephedra rupestris* un arbusto pequeño con hojas escuamiformes y estróbilo femenino maduro de color rojo intenso, escaso en el área de estudio; *Nototriche longituba* hierba pequeña con flores blancas a purpuras, escaso en el área de estudio. Tres especies se encuentra en categoría Vulnerable (Vu), *Senecio nutans*, arbusto con flores amarillas escaso en el área de estudio; *Senecio rhizomatus* hierba glandulosa con hojas de envés purpúreo y flores amarillas, escasa en el área de estudio; *Valeriana nivalis* hierba cespitosa de flores muy pequeñas de color blanco a purpúreo, frecuente en el área de estudio. Una especie se encuentra en categoría Casi Amenazado (NT), *Solanum acaule* hierba acaulescente de flores azules, escaso en el área de estudio.

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»

De las 10 especies 3 se encuentra en la lista roja de la IUCN (2018), de ellas, las que se encuentra en una situación de mayor peligro es *Austrocyliodropuntia lagopus* la que está en categoría vulnerable (Vu), y dos de ellas se encuentran en Preocupación Menor (LC), es decir aún se encuentran poblaciones bien conservadas de estas especies (Tabla 7-45).

Respecto a los apéndices Cites (2015), se encontró tres especies dentro del apéndice II del Cites (Tabla 7-45), una de la familia Cactaceae y dos pertenecientes a la familia Orchidaceae.

Tabla 7-45. Especies categorizadas según la legislación nacional e internacional, presentes en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM

Familia	Especie	IUCN (2018)	Legislación Nacional (D.S. N.º 043-2006 AG)	Cites (2015)
Asteraceae	<i>Senecio nutans</i>	---	Vu	---
Asteraceae	<i>Senecio rhizomatus</i>	---	Vu	---
Cactaceae	<i>Austrocyliodropuntia lagopus</i>	Vulnerable B1ab(iii)	---	II
Caprifoliaceae	<i>Valeriana nivalis</i>	---	Vu	---
Ephedraceae	<i>Ephedra rupestris</i>	LC	CR	---
Malvaceae	<i>Nototriche longituba</i>	---	CR	---
Orchidaceae	<i>Myrosmodes chiogena</i>	---	---	II
Orchidaceae	<i>Myrosmodes paludosa</i>	---	---	II
Ranunculaceae	<i>Ranunculus breviscapus</i>	LC	---	---
Solanaceae	<i>Solanum acaule</i>	---	NT	---

---: especie no registrada en esta categoría

CR: Peligro crítico; Vu: Vulnerable; EN: En peligro; NT: Casi amenazado; LC: Preocupación menor.

Especies endémicas

Se registraron tres especies endémicas, donde la familia más diversa es Malvaceae con el género *Nototriche*. Las tres especies endémicas corresponden al 3.3% del total registradas para el área de estudio. Todas las especies endémicas y su distribución departamental se muestran en la Tabla 7-46.

Tabla 7-46. Lista de especies endémicas del Perú, según León *et al.* (2006) y su distribución departamental.

Familia	Especie	Distribución departamental
Caprifoliaceae	<i>Valeriana pennellii</i>	CU.
Malvaceae	<i>Nototriche carabayensis</i>	PU
Malvaceae	<i>Nototriche longituba</i>	PU

CU: Cuzco, PU: Puno

7.3.7. Fauna silvestre

Los resultados de fauna silvestre se describen por cada grupo taxonómico (anfibios y reptiles, aves y mamíferos), donde para cada uno se describió la composición, riqueza, abundancia y diversidad de especies, considerando los ecosistemas frágiles con sus hábitats asociados (EF).

Los hábitats terrestres se definieron considerando las cuatro formaciones vegetales determinadas por el componente de flora silvestre. Adicionalmente, se evaluó el

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



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

hábitat de pajonal, para el caso de la evaluación de anfibios y reptiles, y aves. Cabe resaltar que, se consideró como hábitat acuático, la laguna Chullumpicocha, solo para el caso de la evaluación de aves.

7.3.7.1. Composición y abundancia de anfibios y reptiles

Durante las evaluaciones realizadas en el EAT presente, en el área de estudio se registraron 2 especies de anfibios, pertenecientes al orden Anura, *Telmatobius cf. marmoratus* «rana acuática marmoleada (en adelante, rana)» de la familia Telmatobiidae y *Pleurodema marmoratum* «sapo marmoleado de cuatro ojos (en adelante, sapo)» de la familia Leptodactylidae. Respecto a los reptiles se registró la especie *Liolaemus gr. signifer* «Lagartija rubricauda (en adelante, lagartija)» de la familia Liolaemidae, orden Squamata. (Tabla 7-47).

Tabla 7-47. Especies de anfibios y reptiles registrados en el área de influencia del proyecto minero Corani

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común*	Nombre local
Amphibia	Anura	Telmatobiidae	<i>Telmatobius cf. marmoratus</i>	Rana acuática marmoleada	K'ayra
		Leptodactylidae	<i>Pleurodema marmoratum</i>	Sapo marmoleado de cuatro ojos	Chichila
Reptilia	Squamata (Sauria)	Liolaemidae	<i>Liolaemus gr. signifer</i>	Lagartija rubricauda	Calaygua

*: traducido al español del nombre común en inglés dado por Frank y Ramus (1995)

Los anfibios en general presentaron abundancias bajas. Se registró un subadulto y 32 renacuajos en diferentes fases de desarrollo de la rana *Telmatobius cf. marmoratus* o «k'ayra». Todos los individuos de la rana fueron hallados en hábitats acuáticos del bofedal Chacaconiza que es atravesado por el río del mismo nombre, encontrándose estos a una altitud de 4400 m s.n.m.

La otra especie de anfibio, el sapo *Pleurodema marmoratum* localmente conocido como «chichila», tiene mayor distribución en el área de estudio, se encontraron 8, entre adultos y juveniles, asociados a bofedales, pozas de agua estacionarias y debajo de piedras en áreas de césped de puna, en las microcuencas Imaginamayu y Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, y Quelcaya. Adicionalmente, se obtuvo el registro oportunista⁴⁵ de 3 subadultos, cerca de la laguna Chullumpicocha en la microcuenca Imaginamayu. Esta especie presentó un rango altitudinal amplio en el área de estudio, se registró entre los 4392 y 5011 m s.n.m.

La lagartija *Liolaemus gr. signifer*, conocida localmente como «calaygua», fue la especie más abundante y más frecuente en el área de estudio, se registró un total de 35 individuos mediante la técnica VES46 (por sus siglas en inglés, Visual Encounter Survey), además de 12 registros oportunistas. Esta especie fue registrada en todas las microcuencas y tipos de hábitats, además presentó un rango altitudinal amplio en el área de estudio entre los 4400 y 5076 m s.n.m.

La Figura 7-191, muestra la abundancia total de las especies de anfibios y reptiles registradas en las cuatro microcuencas evaluadas.

⁴⁵ Registros de especies que fueron encontradas fuera de las unidades de muestreo VES o transectos en hábitats acuáticos.

⁴⁶ Traducido el español vendría a ser, búsqueda por encuentro visual.



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

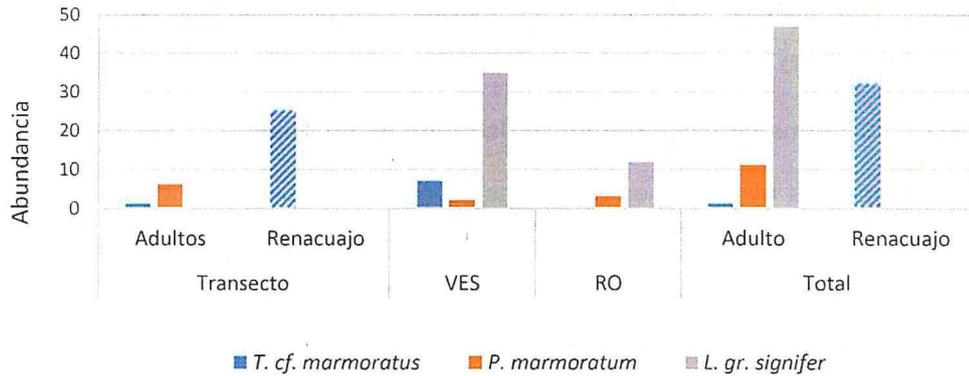


Figura 7-191. Abundancia de las especies de anfibios y reptiles registradas en el área de estudio

Descripción de la herpetofauna por tipo de hábitat

En esta sección se presenta y analiza los resultados sobre la riqueza y abundancia de especies de anfibios y reptiles (herpetofauna⁴⁷), diversidad y similitud registradas en el área de estudio considerando el tipo de hábitat.

Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por tipo de hábitat

En el área de estudio se evaluó la herpetofauna asociada a los hábitats de bofedal, césped de puna, vegetación de roquedal (en adelante, roquedal) y vegetación de suelos crioturbados (en adelante, suelos crioturbados). Para estos análisis se consideraron únicamente los registros obtenidos en las VES y transectos.

Debido a la extensión de los hábitats, se realizó diferentes esfuerzos de muestreo en cada una (Tabla 7-48). Se evaluaron mínimamente 3 por VES y 1 transecto por hábitat. En el caso de pajonal se evaluó solo 1 por VES en la microcuenca Imaginamayu debido a su reducida extensión en los alrededores de los bofedales. Para el caso de los hábitats de pajonal y suelos crioturbados no se realizaron transectos en hábitats acuáticos por no existir cuerpos de agua.

Tabla 7-48. Esfuerzo de muestreo por hábitat en el área de estudio

Hábitat	Transectos	Esfuerzo* (horas-hombre)	VES	Esfuerzo* (horas-hombre)	Riqueza de especies
Bofedal	6	9,70	13	13,30	3
Césped de puna	3	3,13	11	10,30	2
Pajonal	0	0	1	1,20	1
Roquedal	1	1,77	3	4,10	1
Suelos crioturbados	0	0	7	7,40	1

VES: búsqueda por encuentro visual
*: Esfuerzo de muestreo fue realizado por 2 evaluadores

En general, los anfibios son más abundantes y diversos en el hábitat de bofedal (Figuras 7-192 y 7-193), y los reptiles, que solo registran una especie, son abundantes en los hábitats de césped de puna y suelos crioturbados (Figura 7-194).

⁴⁷ Cuando se menciona herpetofauna, se hace referencia a los grupos taxonómicos de anfibios y reptiles.



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»

Dado que los VES y transectos son unidades de muestreo diferentes, se presentan los resultados obtenidos por separado (Figuras 7-192, 7-193 y 7-194).

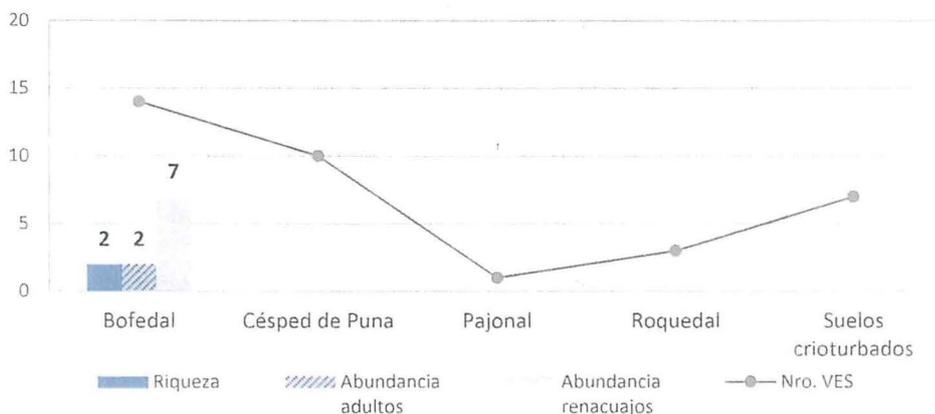


Figura 7-192. Anfibios registrados en las evaluaciones de VES, en los hábitats del área de estudio

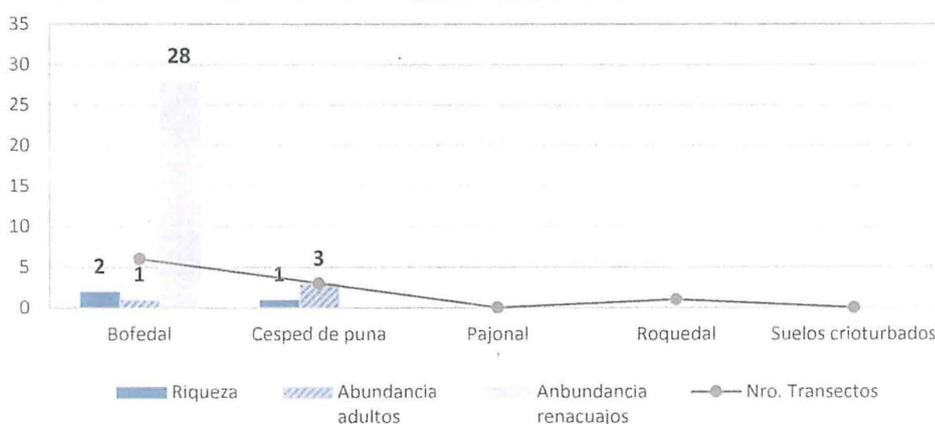


Figura 7-193. Anfibios registrados en las evaluaciones de transectos, en los hábitats del área de estudio

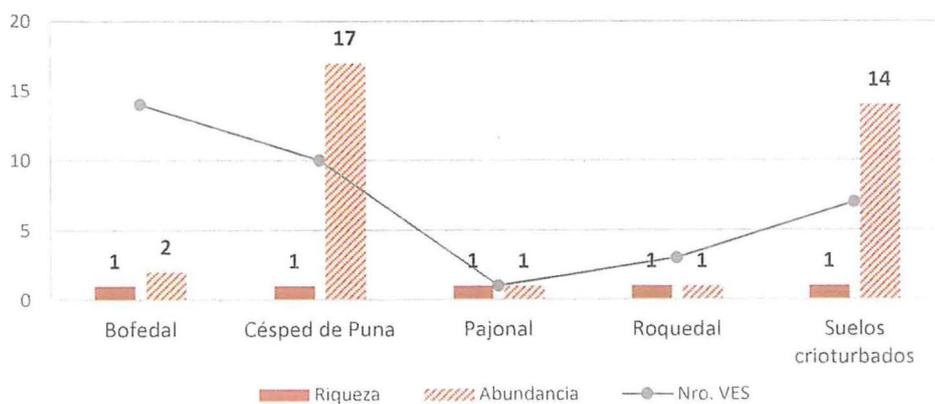


Figura 7-194. Reptiles registrados en las evaluaciones de VES, en los hábitats del área de estudio

Handwritten signature and stamp: SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA - ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA

Handwritten notes: 14, 10, 17, 14, 10, 1, 1, 3, 7

Bofedal

En el área de estudio se evaluaron 6 bofedales, los cuales forman parte de ecosistemas frágiles con sus hábitats asociados (EF); en donde, solo se registraron anfibios y reptiles en los bofedales de los EF 2, EF 4, EF 5 y EF 6. Este tipo de hábitat es el más diverso, en donde se registraron las 3 especies de herpetozoos halladas en toda el área de estudio (Tabla 7-49).

Los anfibios fueron los más abundantes y diversos en el hábitat de bofedal. La especie más abundante fue la rana *Telmatobius* cf. *marmoratus* (31 renacuajos y 1 subadulto) que está restringida al bofedal Chacaconiza (EF 6), atravesado por el río del mismo nombre. La segunda especie más abundante fue el sapo *Pleurodema marmoratum* que registró un total de 5 individuos y 2 subadultos hallados en pozas de agua en el EF 2 de la microcuenca Imaginamayu y 3 adultos en el EF 5 de la microcuenca Quelcaya, todos estos individuos fueron hallados debajo de piedras cerca a pozas estacionarias de agua.

En cuanto a los reptiles, la lagartija *Liolaemus* gr. *signifer*, presentó poca abundancia en este tipo de hábitat, estuvo asociada principalmente a los bordes del bofedal; se registraron 2 individuos en el EF 4 de la microcuenca Supayhuasi.

Tabla 7-49. Anfibios y reptiles registrados en el hábitat de bofedal en el área de estudio

Microcuenca	EF	Transecto		VES			RO	Total
		T. cf. <i>marmoratus</i>	P. <i>marmoratum</i>	T. cf. <i>marmoratus</i>	L. gr. <i>signifer</i>	P. <i>marmoratum</i>	L. gr. <i>signifer</i>	
Supayhuasi	EF 4	0	0	0	2	0	0	2
Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	EF 6	26	0	7	0	0	0	33
Imaginamayu	EF 2	0	0	0	0	2	0	2
Quelcaya	EF 5	0	3	0	0	0	6	9
Total		26	3	7	2	2	6	46

VES: búsquedas por encuentros visuales, RO: registros oportunistas

Césped de Puna

Este hábitat estuvo caracterizado por la presencia de pastos que cubren el suelo, presentan una importante diversidad y abundancia de especies de herpetozoos. Se registró individuos de anfibios o reptiles en todas las microcuencas excepto en el EF 3 de la microcuenca Supayhuasi (Tabla 7-50).

En la evaluación de transectos se registró una especie de anfibio, el sapo *Pleurodema marmoratum*, en el EF 6 de la microcuenca quebrada. Collpamayo y río Chacaconiza, donde se hallaron 3 adultos ocultos debajo de piedras y cerca de riachuelos, afluentes del bofedal de Chacaconiza. En el EF 1 se obtuvo el registro oportunista de 3 juveniles hallados cerca a la orilla de la laguna Chullumpicocha.

En este hábitat el grupo más abundante es el de los reptiles, con la lagartija *Liolaemus* gr. *signifer* que se registró en la mayoría de los EF, excepto en el EF 3 que se encuentra en el ámbito de la microcuenca Supayhuasi. Se registró un total de 21 individuos, en diferentes estadios de desarrollo (adultos y subadultos). Además, se obtuvo un registro oportunista en el EF 1 de la microcuenca Imaginamayu, este último no se consideró para los análisis de abundancia y diversidad.



Handwritten notes and signatures on the left margin, including a vertical list of names: H, O, J, F, A, D, E.



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

Tabla 7-50. Anfibios y reptiles registrados en el hábitat de césped de puna en el área de estudio

Microcuenca	EF	Transecto	VES	RO		Total
		<i>P. marmoratum</i>	<i>L. gr. signifer</i>	<i>P. marmoratum</i>	<i>L. gr. signifer</i>	
Supayhuasi	EF 4	0	3	0	0	3
Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	EF 6	3	5	0	0	8
Imaginamayu	EF 1	0	1	3	1	2
	EF 2	0	4	0	0	4
Quelcaya	EF 5	0	4	0	0	4
Total		3	17	0	1	21

VES: búsquedas por encuentros visuales, RO: registros oportunistas

Pajonal

Este hábitat tiene poca extensión y se encuentra formando parches alrededor de los bofedales. Se evaluó únicamente hacia el sur del bofedal EF 1, en la microcuenca Imaginamayu, donde se registró un adulto de la lagartija *Liolaemus gr. signifer* (Tabla 7-51) en un área con piedras dispersas.

Tabla 7-51. Anfibios y reptiles registrados en el hábitat de pajonal en el área de estudio

Microcuenca	EF	VES	Total
		<i>L. gr. signifer</i>	
Imaginamayu	EF 1	1	1

VES: búsquedas por encuentros visuales

Roquedal

Este hábitat fue de difícil acceso, se sitúa alrededor y en las cimas de las montañas que rodean los bofedales. Se evaluaron 2 VES en roquedales del EF 2 de la microcuenca Imaginamayu y 1 VES en el EF 3 de la microcuenca Supayhuasi. En el EF 2 se evaluó un transecto que se ubicó en el curso de la descarga hacia el noroeste del bofedal.

En el hábitat de roquedal se registró un individuo de la lagartija *Liolaemus gr. signifer*, que se encontraba termoregulando sobre las rocas, en el EF 2 de la microcuenca Imaginamayu (Tabla 7-52).

Tabla 7-52. Anfibios y reptiles registrados en el hábitat de roquedal el área de estudio

Microcuenca	EF	VES	Total
		<i>L. gr. signifer</i>	
Imaginamayu	EF 2	1	1

VES: búsquedas por encuentros visuales

Suelos crioturbados

Es otro hábitat importante que alberga una alta abundancia de lagartijas (Tabla 7-53 y Figura 7-194). Este hábitat fue evaluado en los EF 2, EF 4 y EF 5 que se encuentran en las microcuencas Imaginamayu, Supayhuasi y Quelcaya, respectivamente.

Se registró únicamente la lagartija *Liolaemus gr. signifer* con un total de 14 individuos registrados en VES y adicionalmente se obtuvo 5 registros oportunistas (RO) que no se incluyen en los análisis de abundancia (Tabla 7-53).



↑

1
4
②
1
7
12
11/11
12



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

Tabla 7-53. Anfibios y reptiles registrados en el hábitat de suelos crioturbados en el área de estudio del proyecto minero Corani

Microcuenca	EF	VES	RO	Total
		<i>L. gr. signifer</i>	<i>L. gr. signifer</i>	
Supayhuasi	EF 4	3	0	3
Imaginamayu	EF 2	4	2	6
Quelcaya	EF 5	7	3	10
Total		14	5	19

VES: búsquedas por encuentros visuales, RO: registros oportunistas

Diversidad por tipo de hábitat

Se determinó que el tipo hábitat de bofedal es el más diverso, logrando obtener los valores más altos para cada uno de los índices de diversidad calculados (Tabla 7-54). Esto debido a que en los bofedales se hallaron 3 especies y cada una presenta valores de abundancia equitativos lo que se ve reflejado en el valor del índice de equidad de Pielou ($J' = 0,83$).

Por el contrario, en el resto de los hábitats se obtuvo valores «0» para los índices de Shannon y Simpson; y nulos para el índice de equidad de Pielou, debido a que en cada uno se registró solo una especie con valores altos de abundancia como ocurre en los suelos crioturbados y césped de puna o en su defecto se registró solo una especie con un individuo como ocurre en el pajonal y roquedal (Tabla 7-54).

Este análisis se realizó en base a los datos obtenidos en los VES que fueron las unidades de muestreo mejor distribuidas en el área de estudio.

Tabla 7-54. Riqueza, abundancia e índices de diversidad por tipo de hábitat en el área de estudio

Parámetros	Hábitats				
	Bofedal	Césped de puna	Pajonal	Roquedal	Suelo crioturbado
Riqueza (Número total de especies)	3	1	1	1	1
Abundancia (Total de Individuos)	11	17	1	1	14
Índice de Shannon (H')	0,91	0	0	0	0
Índice de Simpson ($1-D$)	0,53	0	0	0	0
Índice de Equidad (J')	0,83	---	---	---	---
Esfuerzo de muestreo (VES)	14	10	1	3	7

---: no se pudo calcular por ser el número total de especies igual a «1»

Similaridad por tipo de hábitat

Al comparar la composición de especies entre los tipos de hábitats se halló que el bofedal se distingue del resto. Obtuvo un valor del índice de Morisita (M_o) igual a 0,25, lo que indica que comparte el 25 % de las especies registradas (Tabla 7-55). El resto de los hábitats se agrupan en un solo conjunto obteniendo un valor máximo del índice M_o igual a 1, ya que en estos hábitats en la evaluación de VES se registró solo la especie (*Liolaemus gr. signifer*) (Figura 7-5).





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

Tabla 7-55. Valores del índice de similitud de Morisita por microcuenca en el área de estudio

Hábitat	Bofedal	Césped de puna	Pajonal	Roquedal	Suelo crioturbado
Bofedal	1	0,25	0,25	0,25	0,25
Césped de puna	0,25	1	1	1	1
Pajonal	0,25	1	1	1	1
Roquedal	0,25	1	1	1	1
Suelo crioturbado	0,25	1	1	1	1

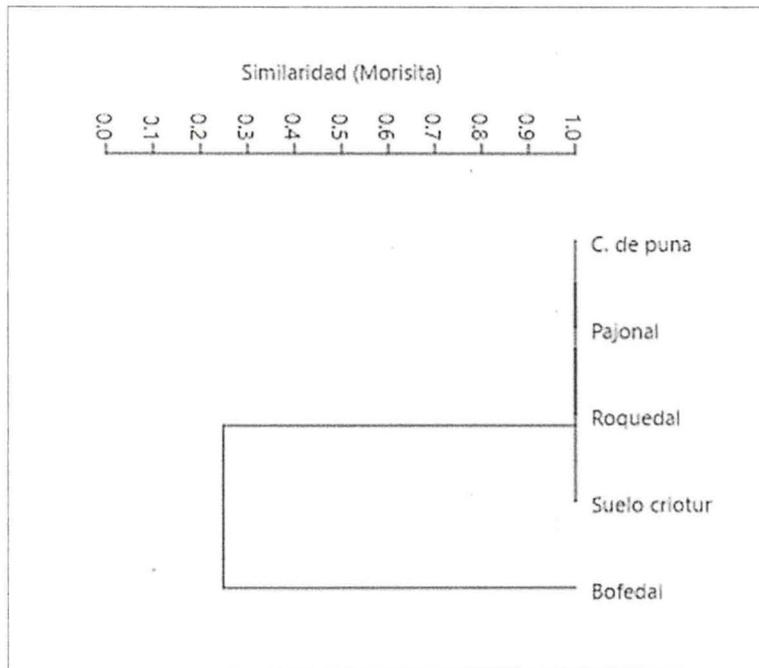


Figura 7-195. Dendrograma de similaridad de anfibios y reptiles de los hábitats evaluados en el área de estudio

Descripción de la herpetofauna por microcuenca

En esta sección se presenta y analiza los resultados sobre la riqueza y abundancia de especies, diversidad y similitud registradas en el área de estudio considerando las microcuencas evaluadas.

Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por microcuenca

En el área de estudio se distinguieron cuatro microcuencas: Supayhuasi, Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, Imaginamayu y Quelcaya. En cada microcuenca las evaluaciones se enfocaron en algunos ecosistemas frágiles con sus hábitats asociados (EF), por lo que el esfuerzo de muestreo varía entre las microcuencas, según el número de EF evaluados (Tabla 7-56).

La microcuenca donde se realizó mayor esfuerzo de muestreo fue la microcuenca Imaginamayu donde se evaluó los EF 1 y EF 2, se instalaron 16 VES y 4 transectos. En la microcuenca Supayhuasi se evaluaron los EF 4 y EF 3; sin embargo, este último (EF 3) fue pequeño y presentó una quebrada con poca cantidad de agua por lo que únicamente se instalaron 8 VES y 2 transectos. La microcuenca Collpamayo-



Handwritten notes in blue ink on the left margin, including a vertical line and the letters 'M', 'D', 'P', 'D', 'E'.



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

Chacaconiza-Jarapampa (EF 6), es la de mayor extensión y presenta varias quebradas, se instalaron 6 VES y 3 transectos, 2 en el flanco oeste y 1 en el bofedal Chacaconiza. Finalmente, la microcuenca Quelcaya (EF 5) que tiene menor extensión y requirió menor esfuerzo de muestreo respecto al realizado en las otras microcuencas (Tabla 7-56).

Tabla 7-56. Unidades y esfuerzo de muestreo por microcuenca en el área de estudio

Microcuenca	EF	Transectos	Esfuerzo* (hora-hombre)	VES	Esfuerzo* (hora-hombre)	Riqueza de especies
Supayhuasi	EF 3 EF 4	2	3,13	8	8,47	1
Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	EF 6	3	4,47	6	6,00	3
Imaginamayu	EF 1 EF 2	4	5,17	16	16,87	2
Quelcaya	EF 5	1	1,83	5	5,00	2

VES: búsqueda por encuentro visual
*: Esfuerzo de muestreo fue realizado por 2 evaluadores

Al realizar el análisis por microcuenca se determinó que los anfibios fueron más abundantes en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (EF 6) (Figura 7-196 y 7-197). Y, presentaron menor abundancia en las otras microcuencas, registrando 1 especie con 2 individuos en la microcuenca Imaginamayu (EF 1 y EF 2) y 1 especie con 3 individuos en la microcuenca Quelcaya (EF 5). No se registraron especies de anfibios en la microcuenca Supayhuasi (EF 3 y EF 4).

Los reptiles, representados solo por la especie *Liolaemus gr. signifer*, fueron más abundantes en las microcuencas Imaginamayu (EF 1 y EF 2) y Quelcaya (EF 4) (Figura 7-198).

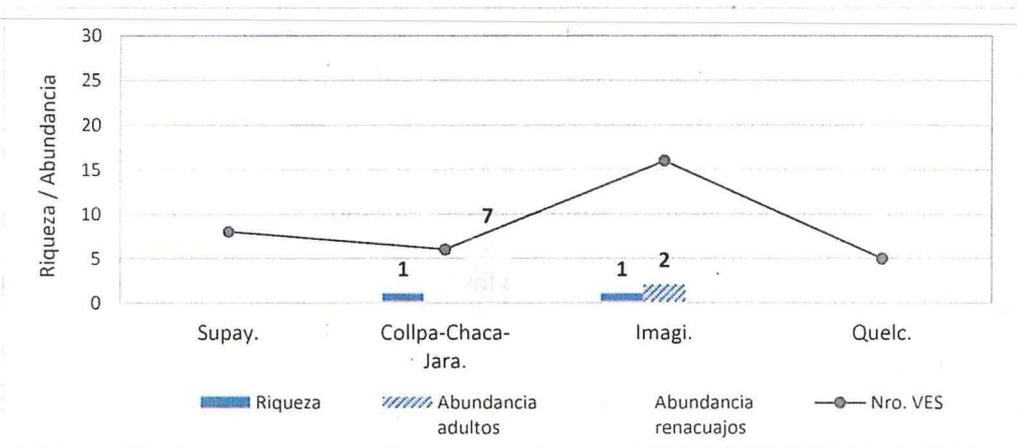


Figura 7-196. Anfibios registrados en las evaluaciones de VES, por microcuenca, en el área de estudio

Supay.: (microcuenca Supayhuasi), Collpa-Chaca-Jara.: microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, Imagi.: microcuenca Imaginamayu, y Quelc.: microcuenca Quelcaya

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»

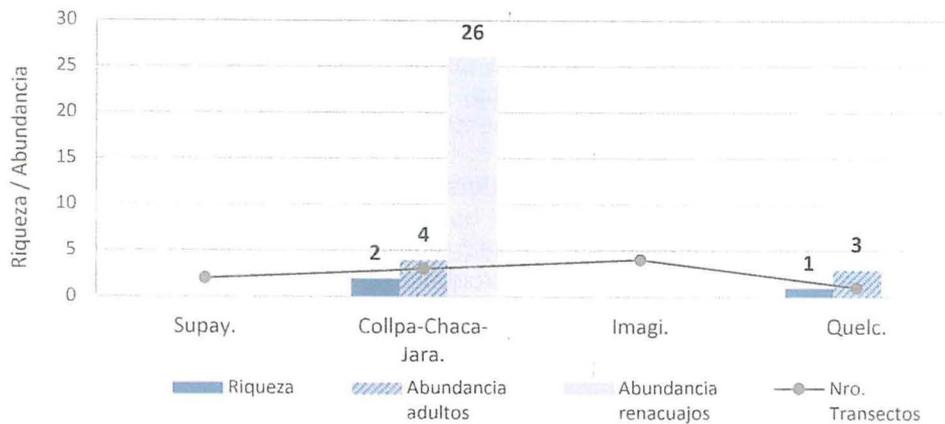


Figura 7-197. Anfibios registrados en las evaluaciones de transectos, por microcuenca, en el área de estudio

Supay.: (microcuenca Supayhuasi), Collpa-Chaca-Jara.: microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, Imagi.: microcuenca Imaginamayu, y Quelc.: microcuenca Quelcaya

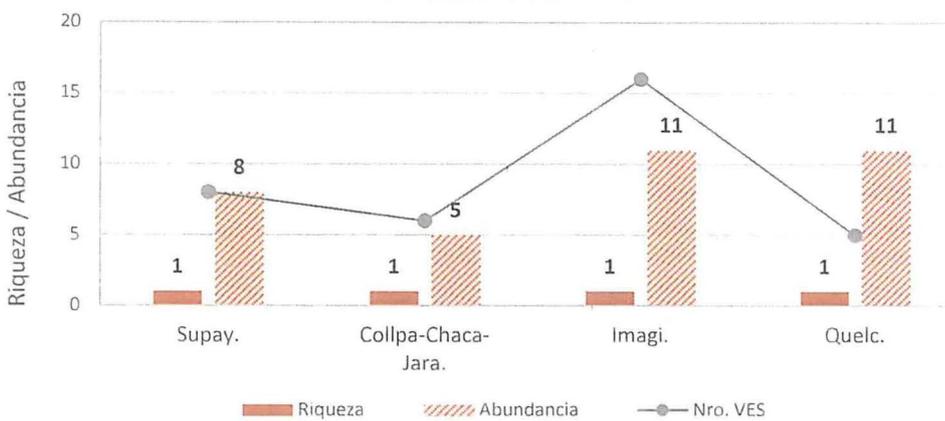


Figura 7-198. Reptiles registrados en VES y transectos, por microcuenca en el área de estudio

Supay.: (microcuenca Supayhuasi), Collpa-Chaca-Jara.: microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, Imagi.: microcuenca Imaginamayu, y Quelc.: microcuenca Quelcaya

Microcuenca Supayhuasi

Donde predominó la lagartija *Liolaemus gr. signifer*, registrada solo en el EF 4 durante las evaluaciones de los VES en los hábitats de suelos crioturbados, bofedal y césped de puna (Tabla 7-57).

Tabla 7-57. Anfibios y reptiles registrados en la microcuenca Supayhuasi en el área de estudio

Microcuenca	EF	VES	Total
		<i>L. gr. signifer</i>	
Qda. Supayhuasi	EF 4	8	8
Total		8	8

VES: búsquedas por encuentros visuales



Handwritten notes and signatures on the left margin, including the letters 'H', 'D', and 'S'.

Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

En esta microcuenca se evaluaron los hábitats de césped de puna y bofedal. La especie más abundante fue la rana *Telmatobius cf. marmoratus*, que se registró mediante VES y transectos, únicamente en el bofedal Chacaconiza (Tabla 7-58).

En el hábitat de césped de puna, que se extiende principalmente en la parte baja de las laderas y bordes que rodean el bofedal Chacaconiza, predominan las lagartijas *L. gr. signifer* con una abundancia de 5 individuos. En este tipo de hábitat, también se registraron 3 adultos del sapo *Pleurodema marmoratum*, hallados en los transectos instalados en las quebradas cercanas al bofedal (Tabla 7-58).

Tabla 7-58. Anfibios y reptiles registrados en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa en el área de estudio

Microcuenca	EF	Transecto		VES		Total
		<i>T. cf. marmoratus</i>	<i>P. marmoratum</i>	<i>T. cf. marmoratus</i>	<i>L. gr. signifer</i>	
Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	EF 6	26*	3	7	5	41
Total		26	3	7	5	41

VES: búsquedas por encuentros visuales

*: 25 renacuajos y 1 adulto

Microcuenca Imaginamayu

En esta microcuenca se evaluaron los EF 1 y EF 2 donde predomina la lagartija *Liolaemus gr. signifer* con un total de 11 individuos (Tabla 7-59), que fue abundante en suelos crioturbados y césped de puna.

En el EF 1 se registraron mediante VES, 2 individuos de la lagartija *L. gr. signifer* hallados en hábitat de césped de puna. Adicionalmente mediante registros oportunistas (RO), realizados por pobladores de la zona, se agregaron al listado de especies: 1 individuo de la lagartija *L. gr. signifer* y 3 juveniles del sapito *Pleurodema marmoratum*, hallados en césped de puna.

En el EF 2, se halló similar composición de especies donde predominan las lagartijas *L. gr. signifer* registradas mediante VES en césped de puna y suelo crioturbado. En los hábitats de bofedal se registraron 2 individuos de la especie *Pleurodema marmoratum*.

Tabla 7-59. Anfibios y reptiles registrados en la microcuenca Imaginamayu en el área de estudio

Microcuenca	EF	RO		VES		Total
		<i>L. gr. signifer</i>	<i>P. marmoratum</i>	<i>L. gr. signifer</i>	<i>P. marmoratum</i>	
Imaginamayu	EF 1	1	3	2	0	3
	EF 2	2	0	9	2	13
Total		3	0	11	2	16

VES: búsquedas por encuentros visuales, RO: registros oportunistas

Microcuenca Quelcaya

En esta microcuenca se evaluó el EF 5, que es un bofedal de menor extensión, se encuentra rodeado de suelos crioturbados hacia el este y de césped de puna con rocas dispersas hacia el suroeste.



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a vertical list of initials and a signature at the bottom.



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

En esta microcuenca (EF 5) predomina la lagartija *Liolaemus* gr. *signifer* (Tabla 7-60) registrada mediante VES en suelos crioturbados y césped de puna, adicionalmente se obtuvieron registros oportunistas (RO) en las zonas del borde del bofedal.

Los sapos *Pleurodema marmoratum* fueron registrados mediante la evaluación de transectos cerca a pozas de aguas estacionales, en el bofedal.

Tabla 7-60. Anfibios y reptiles registrados en la microcuenca Quelcaya en el área de estudio

Microcuenca	EF	RO	Transecto	VES	Total
		<i>L. gr. signifer</i>	<i>P. marmoratum</i>	<i>L. gr. signifer</i>	
Quelcaya	EF 5	9	3	11	23
Total		9	3	11	23

VES: búsquedas por encuentros visuales, RO: registros oportunistas

Diversidad de anfibios y reptiles por microcuenca

Las microcuencas Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (EF 6), e Imaginamayu (EF 5) fueron las que presentaron mayores valores de los índices de diversidad Shannon, Simpson y equidad de Pielou (Tabla 7-61). Esto debido a que en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (EF 6) se encontró una riqueza y abundancia equitativa de las 2 especies registradas en los VES, *Telmatobius* cf. *marmoratus* y *Liolaemus* gr. *signifer*. Por el contrario, en la microcuenca Imaginamayu predomina la lagartija *L. gr. signifer* con una abundancia de 10 individuos versus el sapo *Pleurodema marmoratus* que registró solo 2 individuos.

En las otras dos microcuencas Supayhuasi (EF 3 y EF 4) y Quelcaya (EF 5) se registraron valores de diversidad igual a cero «0», debido a que se registró solo una especie que presentó valores altos de abundancia (Tabla 7-61).

Este análisis se realizó en base a los datos obtenidos en los VES que son las unidades de muestreo mejor distribuidas en el área de estudio.

Tabla 7-61. Riqueza, abundancia e índices de diversidad por microcuenca en el área de estudio

Parámetros	Microcuencas			
	Supayhuasi	Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	Imaginamayu	Quelcaya
Riqueza (Número total de especies)	1	2	2	1
Abundancia (Total de Individuos)	8	4*	13	11
Índice de Shannon (H')	0	0,68	0,43	0
Índice de Simpson (1-D)	0	0,49	0,26	0
Índice de Equidad de Pielou (J')	---	0,98	0,62	---
Esfuerzo de muestreo (VES)	8	6	16	5

---: no se pudo calcular por ser el número total de especies igual a «1»

Similaridad por microcuenca

Al comparar la composición de las comunidades de anfibios y reptiles por microcuenca, mediante el índice de similaridad de Morisita, se obtuvo que la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa se diferenció de las otras 3 microcuencas (Supayhuasi, Imaginamayu y Quelcaya) y comparte solo el 55 % - 56 % de sus especies registradas [1 especie] (Tabla 7-62 y Figura 7-199).



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

Las otras 3 microcuencas, antes mencionadas, presentaron valores de similitud altos que variaron entre 0,97 - 1,00, debido a que en estas predomina la especie Liolaemus gr. signifer. En la microcuenca Imaginamayu, se registró el sapo Pleurodema marmoratum, que presentó bajos valores de abundancia, por lo que el valor del índice de Morisita de esta microcuenca fue de $M_o = 0,97$ respecto a las otras dos señaladas (Tabla 7-62).

Tabla 7-62. Valores del índice de similitud de Morisita por microcuenca en el área de estudio

Microcuenca	Supayhuasi	Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	Imaginamayu	Quelcaya
Supayhuasi	1,00	0,55	0,97	1,00
Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	0,55	1,00	0,56	0,55
Imaginamayu	0,97	0,56	1,00	0,97
Quelcaya	1,00	0,55	0,97	1,00

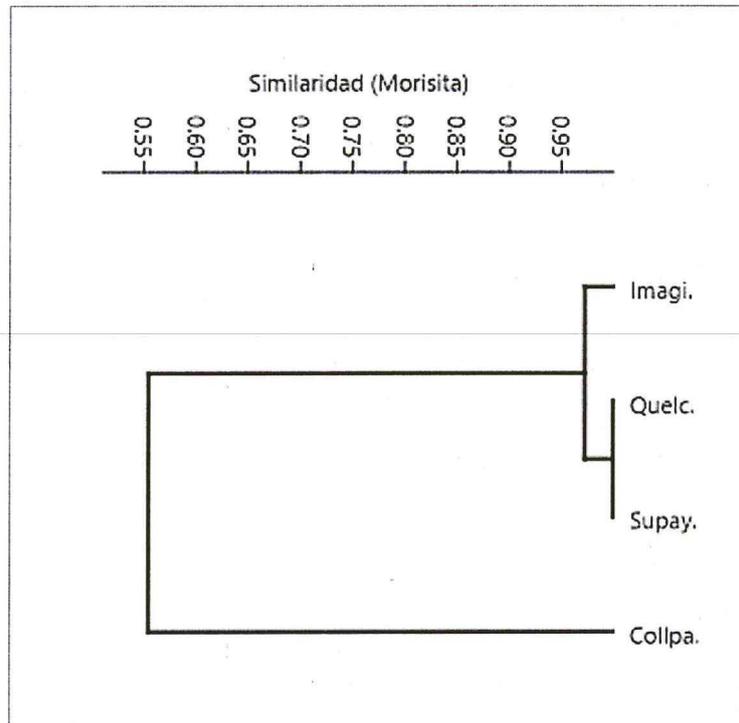


Figura 7-199. Dendrograma de similitud de anfibios y reptiles de las microcuencas evaluadas en el área de estudio
Supay.: microcuenca Supayhuasi, Collpa.: microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, Imagi.: microcuenca Imaginamayu, y Quelc.: microcuenca Quelcaya

Análisis NMDS

Para determinar la diferencia en la composición de especies de anfibios y reptiles, ponderados por la abundancia, en cada una de las formaciones vegetales, se realizó un NMDS. Este análisis se realizó en base a la distancia de Bray Curtis con 1 000 permutaciones en el paquete Vegan para R (Oksanen *et al.*, 2017)



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



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

El análisis de NMDS nos permitió distinguir tres grupos (Figura 7-200), que tuvieron un ajuste alto ($R^2 = 1$), pero el valor del índice de estrés mínimo igual a «0» que indica que podríamos tener datos insuficientes, esto debido a los bajos valores de abundancia de la especie *Pleurodema marmoratum*.

En el primer grupo se aglutinan la mayoría de los VES ubicados en hábitats de suelos crioturbados, césped de puna, pajonal y roquedal; grupo que estuvo relacionado a la especie *Liomaemus gr. signifer*, donde esta especie fue más abundante. Los otros dos grupos que están conformados por 1 y 2 VES que se evaluaron en bofedal, relacionados a las especies de anfibios *Telmatobius cf. marmoratus* y *Pleurodema marmoratum* (Figura 7-10).

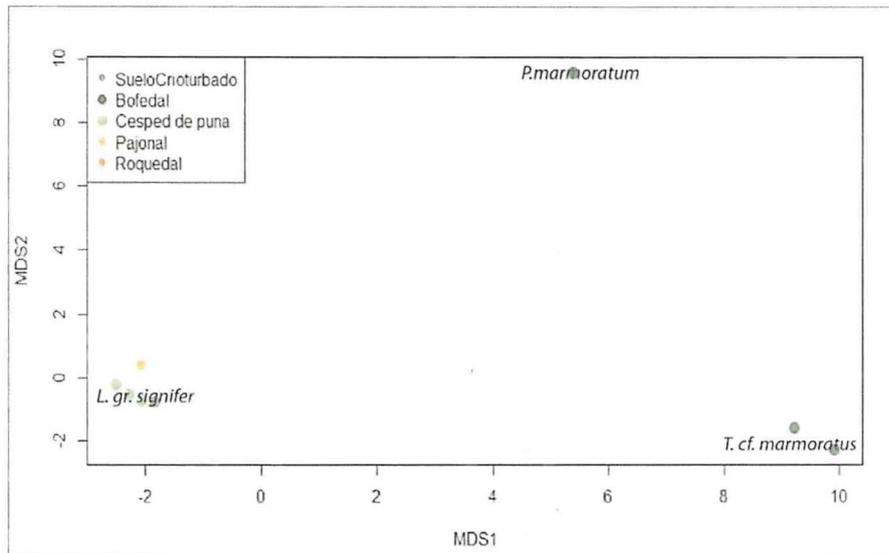


Figura 7-200. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) con los VES evaluados en el área de estudio

Curva de acumulación de especies

Mediante el análisis de extrapolación e interpolación de especies en base al número de los VES evaluados, observamos que el esfuerzo de muestreo fue adecuado logrando obtener una cobertura o completitud de muestreo del 95 %. Lo que también se observa en la curva de acumulación de especies que muestra una estabilización de la asíntota a partir de los 35 VES evaluados (Figura 7-11).

Finalmente, el número de especies de anfibios y reptiles registrados (3 especies), corresponde con el número de especies estimadas que tiene una variación de ± 1 especies.



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»

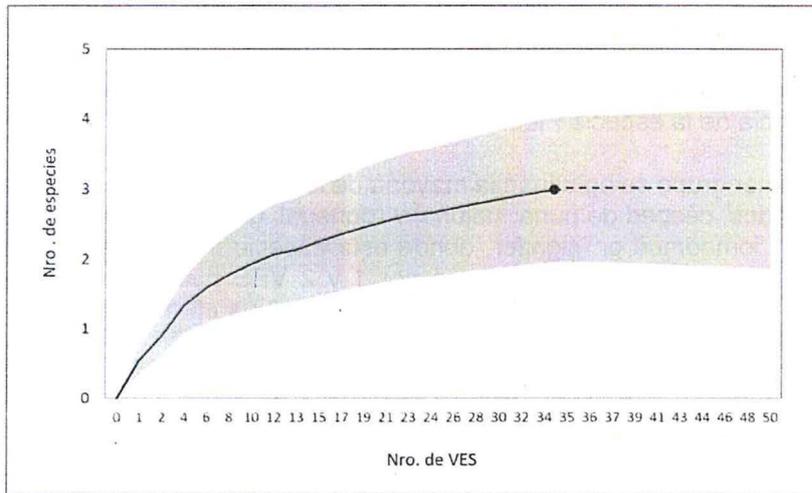


Figura 7-201. Curva de acumulación de especies presentes en el área de estudio

Nota. La línea continua muestra el número de especies registradas en 35 VES evaluados. La línea entrecortada corresponde al número estimado de especies en base a la cantidad de VES, la zona sombreada representa el intervalo de confianza al 95 %.

Caracterización de hábitats acuáticos para la evaluación de anfibios

En los transectos lineales de hábitats acuáticos se tomaron datos de parámetros físicos y características ambientales con la finalidad de caracterizar los cuerpos de agua que favorezcan la presencia de algunas especies de anfibios (Tabla 7-63).

Se calculó el índice hidromorfológico (IHM) propuesto por Encalada et ál. (2011) para determinar la calidad ecológica de los hábitats acuáticos, este considera para su cálculo la calidad de vegetación de la ribera, el paisaje próximo al río y algunos elementos del canal del río, como su forma y sustrato.

Es así como se determinó que los cursos de agua evaluados tienen en general una calidad de hábitat moderada a buena (Tabla 7-63). Las quebradas evaluadas en la microcuenca Supayhuasi presentan una calidad de hábitat buena en el sector noreste del bofedal cerca a la caída de agua (Co-He-T3) y moderado en el sector oeste, cerca de la zona donde se encuentran los pasivos ambientales (Co-He-T4).

En la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, los transectos evaluados presentan una calidad de hábitat de moderada a buena (IHM =23 - 29), el menor valor corresponde al transecto Co-He-T10, que se ubica en el bofedal cuyos valores se ven afectados por la presencia de residuos sólidos y naturalidad del canal fluvial. Se evaluó un canal construido y manejado por los pobladores de Chacaconiza, que inundan el bofedal con aguas de la quebrada Collpamayo durante la época seca.

En la microcuenca Imaginamayu se obtuvieron valores altos de calidad de hábitat (IHM = 24 - 31) calificando todos en la categoría de buena, lo que directamente puede responder a que esta se encuentra en la zona de mayores altitudes donde no existen centro poblados cercanos y la actividad de pastoreo es reducida.

Finalmente, en la microcuenca quebrada Quelcaya donde se evaluó solo un transecto, el curso de agua evaluado obtuvo un valor categorizado como buena calidad de hábitat (IHM = 29).



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»

Para caracterizar los transectos evaluados, se calculó el promedio de los valores de punto de inicio y punto final para cada una de las variables medidas (Tabla 7-63), así como la altitud que influye en los patrones de distribución de anfibios. Con la finalidad de reducir las variables y visualizar la relación de estas entre los transectos, se realizó un análisis de componentes principales (PCA), calculados y graficados con el programa estadístico PAST V. 3.20 (Hammer *et al.*, 2001)

EL PCA indicó que el 99 % de la variación en los datos es explicada por los dos primeros componentes (Componente 1 el 67 % y componente 2 el 32 %). La altitud y la conductividad son las variables que determinan la distribución de los transectos en el análisis de ordenación (Figura 7-202).

Se obtuvieron tres grupos que no siguen un patrón de distribución por microcuencas o hábitat. El grupo más alejado está conformado por el transecto Co-He-T4 que presentó los mayores valores de conductividad eléctrica (CE) en toda el área de estudio (Tabla 7-63). El segundo grupo, que se encuentra en la parte inferior izquierda del diagrama (Figura 7-202), está conformado por transectos que ubicados a mayor altitud (4872 – 4983 m s.n.m.) y presentan menores valores de CE (6,69 - 19,28 $\mu\text{S/cm}$). El tercer grupo que se encuentra en la parte inferior derecha (Figura 7-202), está conformado por transectos que se distribuyen a menores altitudes (4368 – 4983 m s.n.m.) y presentan valores de CE que varían entre 17,22 - 648,50 ($\mu\text{S/m}$).

Tabla 7-63. Valores de los parámetros físicos y características ambientales de los transectos evaluados en hábitats acuáticos en el área de estudio

Microcuenca	EF	Código Transecto	Hábitat	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	IHM
Imaginamayu	EF 1	Co-He-T1	Bofedal	20,61	6,01	7,06	17,22	31
		Co-He-T2	Césped de puna	15,60	5,75	7,18	23,95	31
	EF 2	Co-He-T5	Bofedal	9,15	5,96	7,61	9,57	30
		Co-He-T6	Roquedal	9,00	6,18	8,21	6,69	24
Supayhuasi	EF 4	Co-He-T3	Bofedal	6,10	7,27	7,20	15,39	28
		Co-He-T4	Bofedal	12,25	5,92	3,33	648,50	29
Quelcaya	EF 5	Co-He-T7	Bofedal	10,80	5,87	6,76	19,28	29
Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	EF 6	Co-He-T8	Césped de puna	12,60	6,33	7,16	31,80	29
		Co-He-T9	Césped de puna	8,20	6,89	7,32	27,90	26
		Co-He-T10	Bofedal	16,70	9,15	6,98	20,70	23

IHM: índice hidromorfológico



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

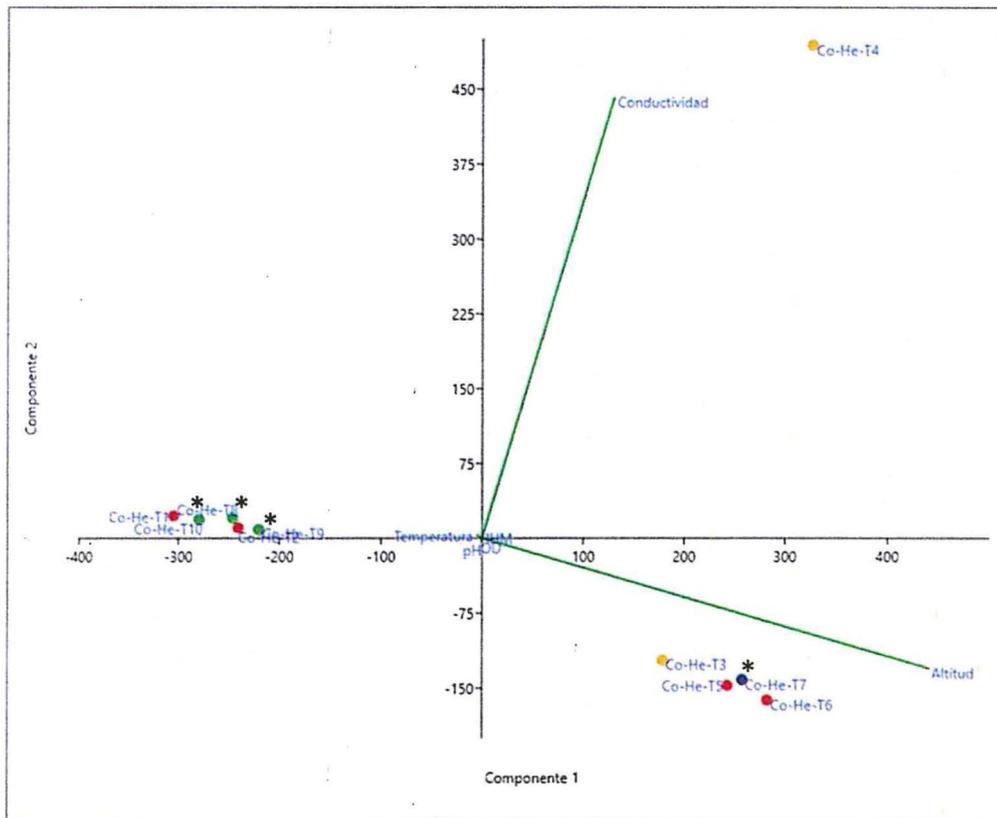


Figura 7-202. Análisis de componentes principales (PCA) de las características físicas y ambientales de los transectos de hábitats acuáticos de herpetología en el área de estudio
Nota: Los asteriscos indican la presencia de anfibios en el transecto evaluado





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

Relación de las características físicas y ambientales de hábitats acuáticos y la presencia de anfibios en el área de estudio

Según las observaciones realizadas en el área de estudio, la presencia de anfibios parece estar relacionada a cuerpos de agua con valores bajos de CE y menores altitudes, exceptuando el transecto ubicado en la microcuenca Quelcaya, que se encuentra a una altitud de 4954 m s.n.m. (Figura 7-202).

Respecto a la calidad de hábitat, los anfibios en general parecen soportar niveles moderados de perturbación (IHM = 23 – 31). Las demás variables ambientales como pH, oxígeno disuelto y temperatura no influyeron en la presencia de especies.

Estos datos fueron preliminares y es necesario incrementar el número de transectos evaluados para determinar características ambientales que puedan influir en la presencia de estas dos especies de anfibios por separado, ya que tienen diferentes ciclos de desarrollo y por ende tienen diferentes requerimientos para su distribución. Sin embargo, estos datos preliminares muestran ciertos patrones que son discutidos más adelante.

Especies amenazadas

En el área de estudio se registró la rana *Telmatobius cf. marmoratus*, que pertenece al complejo de especies *Telmatobius marmoratus*. Esta rana se distribuye en la región andina del sureste de Perú entre los departamentos Cusco y Puno, el norte y centro de Bolivia y el norte de Chile, entre los 3000 y los 5244 m s.n.m. (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2015).

De acuerdo con la categorización de especies amenazadas de fauna silvestre realizada por el Estado Peruano (Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI) y la UICN (2018), la rana *Telmatobius cf. marmoratus* es considerada como una especie vulnerable (VU) ya que se espera que su población disminuya en más del 30 % entre 2010 y 2020 (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2015) (Tabla 7-64).

La principal amenaza que enfrenta esta especie, es la presencia del hongo quitridio *Batrachochytrium dendrobatidis* que ha causado la declinación de una de sus poblaciones en el departamento Cusco a 50 km hacia el noroeste de la zona de estudio (Seimon *et al.*, 2007). En el Perú, además se identificó que la pérdida y contaminación de sus hábitats es causada por la actividad minera, cambio de uso de suelo para la actividad de pastoreo y agricultura, así como para la extensión de la zona urbana (Angulo, 2008).

Tabla 7-64. Especies categorizadas según el Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI y la UICN (2018), presentes en el área de estudio

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre local	Categoría de amenaza	
					UICN	D.S. N.º 004-2014
Amphibia	Anura	Telmatobiidae	<i>Telmatobius cf. marmoratus</i>	K'ayra	VU	VU

VU: Especie categorizada como vulnerable



Handwritten blue notes and signatures on the left margin, including the word 'NOTA' and various initials.



7.3.7.2. Composición ornitológica

Durante la evaluación realizada, se han registrado 38 de especies de aves mediante el método de transectos lineales (T) y cinco especies mediante el método de conteo total, en total se han registrado 43 especies pertenecientes a 18 familias y 11 órdenes (Tabla 7-65). El orden con mayor número de especies fue Passeriformes con 25 especies que representan el 58,14 % del total, seguido de los Anseriformes y Charadriiformes ambos con cuatro especies que representan el 9,30 % cada una de ellas, además los Accipitriformes y Pelecaniformes registran dos especies cada una y representan el 4,65 % del total.

El orden Passeriformes comprende el 60 % de todas las aves vivientes actuales, por lo que representan el orden con mayor abundancia dentro de esa clase (Machado y Peña, 2000). Este grupo es el más especializado de todos, lo cual se nota en el desarrollo de la siringe⁴⁸, son especies sedentarias o migratorias y abundan en todas las regiones del mundo a excepción de la zona antártica y ártica. Este orden comprende 56 familias con más de 5 000 especies aproximadamente, y desempeña un papel ecológico fundamental puesto que cumplen funciones como controladores de poblaciones de insectos, dispersadores de semillas y polinizadores, por lo cual se les considera un componente importante en la dinámica y conservación de los ecosistemas naturales (Kattan y Serrano, 1996).

Tabla 7-65. Orden, familia y número de especies de aves registradas en el área de estudio

Orden	Familia	Nº Especies
Anseriformes	Anatidae*	4
Podicipediformes	Podicipedidae*	1
Phoenicopteriformes	Phoenicopteridae*	1
Pelecaniformes	Threskiornithidae*	2
Accipitriformes	Accipitridae	2
Gruiformes	Rallidae*	1
Charadriiformes	Charadriidae*	1
	Scolopacidae*	1
	Thinocoridae*	2
Apodiformes	Trochilidae	1
Piciformes	Picidae	1
Falconiformes	Falconidae	1
Passeriformes	Furnariidae	7
	Tyrannidae	9
	Hirundinidae	2
	Troglodytidae	1
	Thraupidae	5
	Emberizidae	1

*: familias de aves acuáticas según Wetlands International (2012)

Analizando los datos obtenidos de las familias, se observa que la familia con mayor número de especies fue Tyrannidae (dormilonas, pitajos, mosqueritos) con nueve especies registradas que representan el 20,93 % del total. Los tiránidos son pájaros de tamaño entre mediano y minúsculo (de 6,5 a 28 cm), muchos tienen una cresta eréctil. La familia presenta una gran diversidad en las proporciones corporales, la forma, la estructura del pico y la longitud de las patas, son de aves que se posan en perchas (ramas superiores de los árboles) y cazan insectos al vuelo. Tienen alas puntiagudas, y en algunas ocasiones colas largas. Su boca situada en la parte basal

⁴⁸ Órgano de fonación propio de las aves.



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»

del pico presenta vibrisas (plumas especiales) largas, que les sirven para atrapar los insectos con más facilidad, generando una especie de embudo.

La siguiente familia con mayor riqueza de especies fue Furnariidae (canasteros) con siete especies registradas que representan el 16,28 %, seguido de la familia Thraupidae (fringilos, espigueros) con cinco especies que representan el 11,63 % del total, la siguiente es la familia Anatidae (patos) con cuatro especies que representa el 4,65 %. Las familias Accipitridae (aguiluchos), Hirundinidae (golondrinas), Thinocoridae y Threskiornithidae con dos especies, cada una representa el 4,65 % (Figura 7-203).

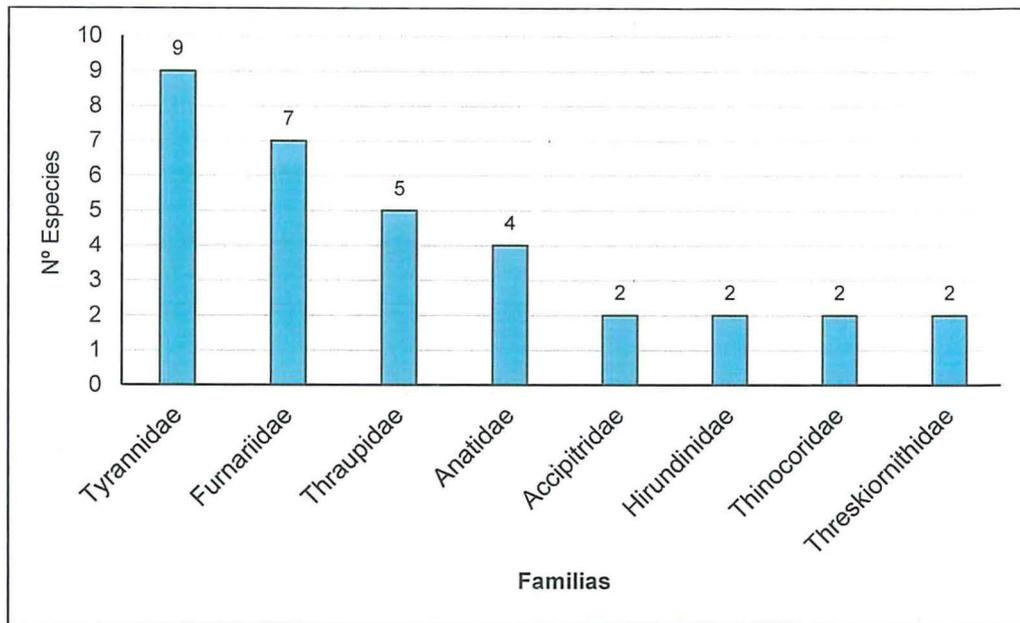


Figura 7-203. Familias con mayor riqueza de especies registradas en el área de influencia del proyecto minero Corani

Descripción de la avifauna por hábitat

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

Riqueza y abundancia general por hábitat

En el área de estudio se han identificado 5 hábitats, los cuales han sido divididos en 2 tipos: hábitats terrestres que corresponden al bofedal, césped de puna, roquedal y suelos crioturbados, y los hábitats acuáticos representados por la laguna Chullumpicocha. En estos hábitats se ha registrado mediante los transectos lineales y conteos totales, un total de 610 individuos pertenecientes a 43 especies. En la Tabla 7-66 se presenta un resumen de los 6 hábitats con la riqueza y abundancia reportadas en cada una de ellas mediante los 2 métodos de evaluación (transectos lineales y conteos totales).

La riqueza de especies registrada en los hábitats evaluados varió entre 7 y 31 especies, mientras que los valores de abundancia estuvieron en un rango entre los 12 a 325 individuos. El hábitat con la mayor riqueza de especies registrada fue bofedal con 31 especies, seguido de los hábitats roquedal y césped de puna, ambos con 18



1

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»

especies; mientras que, el hábitat con el menor número de especies fue suelos crioturbados con 7 especies.

En el caso de la abundancia de las especies por cada hábitat, vemos que el hábitat bofedal registró 325 individuos, seguido del hábitat césped de puna con 109 individuos y el hábitat roquedal con 74 individuos; en cambio, el menos abundante fue el hábitat suelos crioturbados con 12 individuos.

Tabla 7-66. Resumen de la riqueza y abundancia de aves por hábitat en el área de estudio

Habitats	Esfuerzo de muestreo	Nº Familias	Nº Especies	Abundancia
Hábitat terrestre				
Pajonal	2 TL	8	15	50
Bofedal	22 TL	13	31	325
Roquedal	5 TL	7	18	74
Césped de puna	6 TL	8	18	109
Suelos crioturbados	3 TL	5	7	12
Hábitat acuático				
Laguna	1 CT	6	9	40

TL: Transecto lineal, CT: Conteo total.

Analizando la abundancia total de todas las especies registradas, se observa que para las especies de hábitats terrestres la más abundante fue *Cinclodes albiventris* «churrete de ala crema» con 82 individuos reportados que representan el 13,44 %, seguido de *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 79 individuos que representan el 12,95 %, *Sicalis uropygialis* «chirigüe de lomo brillante» es la tercera especie con mayor abundancia con 41 individuos que representan el 6,72 %; mientras que, para las aves de hábitats acuáticos, la especie con mayor abundancia fue *Anas flavirostris* «pato barcino» con 38 individuos que representan el 6,23 % del total, seguida por *Oressochen melanopterus* «cauquén huallata» con 27 individuos que representan el 4,43 % del total (Figura 7-204).





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

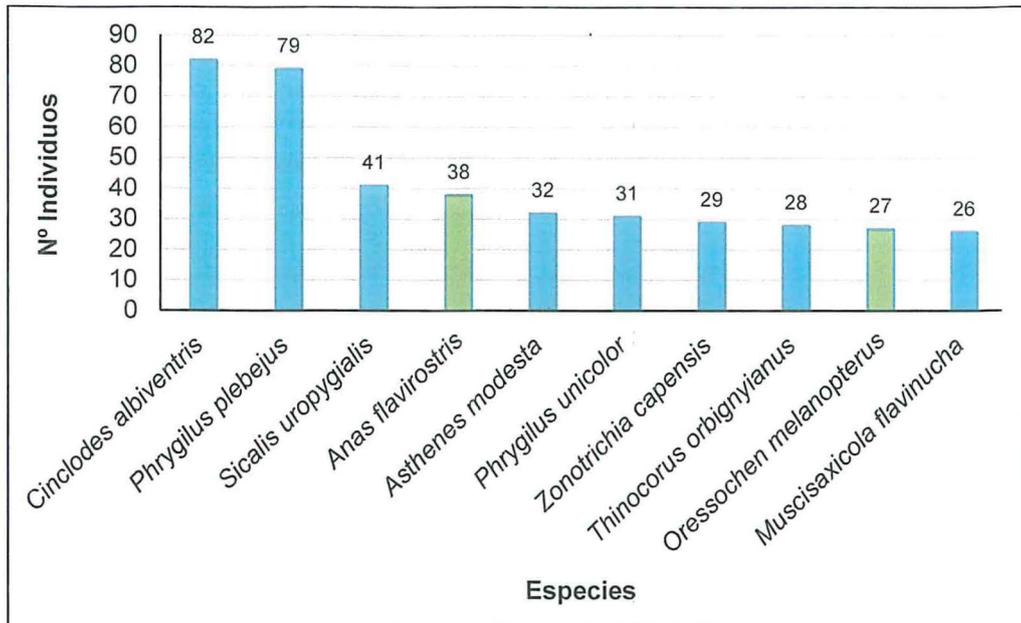


Figura 7-204. Especies con mayor abundancia total registrada en el área de estudio
Nota: Las barras rellenas de color azul claro corresponden a aves terrestres y las de color verde claro corresponden a aves acuáticas

A continuación, se analizará primero la avifauna registrada en los hábitats terrestres (suelo crioturbados, pajonal, roquedal, bofedales y césped de puna), y luego en los hábitats acuáticos (lagunas). La abundancia es registrada mediante los métodos cuantitativos (transectos lineales y conteos totales), la misma que se utilizó para los cálculos de los índices de diversidad alfa y beta. En el Anexo 2 se presenta la riqueza de especies y abundancia de aves por hábitat en el área de estudio.

Hábitats terrestres

Bofedal

En el área de estudio se evaluaron seis bofedales mediante el método de transectos lineales. Este hábitat se ubicó en ecosistemas frágiles identificados como EF 1, EF 2, EF 3, EF 4, EF 5 y EF 6.

El bofedal ubicado en el ecosistema frágil EF 6 de la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, fue el que registró la mayor riqueza y abundancia, con 19 especies y 129 individuos; mientras que, la menor riqueza y abundancia fue registrada en el bofedal ubicado en el ecosistema frágil EF 5 de la microcuenca Quelcaya, con tan solo 3 especies y 4 individuos (Tabla 7-67).

La familia con mayor número de especies fue Tyrannidae (dormilonas, pitajos, mosqueritos) con ocho especies, seguido de la familia Furnariidae (mineros, canasteros, entre otros) con seis especies, seguido de la familia Thraupidae (fringilos, chirigües) con cuatro especies.

La especie con mayor abundancia fue *Cinclodes albiventris* «churrete de ala crema» con 82 individuos registrados que representan el 16,31 %, seguido de *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 79 individuos que representan el 8,92 %, y la especie *Muscisaxicola flavinucha* «dormilona de nuca ocrácea» con 26 individuos que representan el 8 %; mientras que, las especies con la menor abundancia registrada fueron *Geranoaetus polyosoma* «aguilucho variable», *Cinclodes atacamensis*



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»

«churrete de ala blanca», *Asthenes humilis* «canastero de garganta rayada», *Muscisaxicola maculirostris* «dormilona chica» y *Agriornis montanus* «arriero de pico negro», todas con solo un individuo registrado que representan cada una el 0,31 % (Tabla 7-67).

Tabla 7-67. Riqueza de especies y abundancia de aves en los bofedales de los ecosistemas frágiles en el área de estudio

Especie	Microcuenca						Total	AR (%)
	Imaginamayu		Supayhuasi		Quelcaya	Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa		
	EF 1	EF 2	EF 3	EF 4	EF 5	EF 6		
<i>Oressochen melanopterus</i> *	2	1	2	4	0	13	22	6,77
<i>Lophonetta specularioides</i> *	1	0	0	2	0	12	15	4,62
<i>Anas flavirostris</i> *	0	0	0	0	0	24	24	7,38
<i>Plegadis ridgwayi</i> *	0	0	0	0	0	4	4	1,23
<i>Geranoaetus polyosoma</i>	0	0	0	0	0	1	1	0,31
<i>Vanellus resplendens</i> *	0	0	0	2	0	2	4	1,23
<i>Gallinago andina</i> *	0	0	1	2	0	0	3	0,92
<i>Thinocorus orbignyianus</i> *	0	0	18	0	0	0	18	5,54
<i>Colaptes rupicola</i>	1	0	1	0	0	3	5	1,54
<i>Phalacrocorax maculirostris</i>	0	0	0	0	0	1	1	0,31
<i>Geositta tenuirostris</i>	0	4	0	0	0	3	7	2,15
<i>Geositta saxicolina</i>	1	0	0	0	0	0	1	0,31
<i>Cinclodes albiventris</i>	6	23	3	2	0	19	53	16,31
<i>Cinclodes atacamensis</i>	0	1	0	0	0	0	1	0,31
<i>Asthenes humilis</i>	1	0	0	0	0	0	1	0,31
<i>Asthenes modesta</i>	0	7	4	1	1	1	14	4,31
<i>Lessonia oreas</i> *	0	0	0	0	0	6	6	1,85
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	0	1	0	0	0	0	1	0,31
<i>Muscisaxicola griseus</i>	2	3	2	1	2	2	12	3,69
<i>Muscisaxicola juninensis</i>	0	8	1	0	1	3	13	4,00
<i>Muscisaxicola cinereus</i>	0	1	1	0	0	0	2	0,62
<i>Muscisaxicola albifrons</i>	1	3	2	2	0	0	8	2,46
<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	4	4	0	0	0	18	26	8,00
<i>Agriornis montanus</i>	1	0	0	0	0	0	1	0,31
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	0	0	0	0	0	4	4	1,23
<i>Orochelidon andecola</i>	0	0	0	0	0	3	3	0,92
<i>Phrygilus unicolor</i>	0	4	3	1	0	0	8	2,46
<i>Phrygilus plebejus</i>	3	12	4	1	0	9	29	8,92
<i>Diuca speculifera</i>	0	7	0	3	0	0	10	3,08
<i>Sicalis uropygialis</i>	12	0	5	3	0	1	21	6,46
<i>Zonotrichia capensis</i>	1	5	0	1	0	0	7	2,15
Riqueza de especies	13	15	13	13	3	19	31	
Abundancia	36	84	47	25	4	129	325	

AR: abundancia relativa, EF: ecosistema frágil
*: Aves acuáticas según Wetlands International

Césped de puna

Se evaluaron 4 áreas correspondientes a césped de puna en el área de estudio, ubicadas dentro de los ecosistemas frágiles EF 1, EF 4, EF 5 y EF 6. En este hábitat se ha registrado mediante 6 transectos lineales un total de 18 especies y 109 individuos pertenecientes a 8 familias y 4 órdenes taxonómicos.

El orden con mayor representatividad fue Passeriformes con 15 especies y 5 familias, mientras que los demás órdenes presentaron solo 1 especie y 1 familia. La familia con mayor número de especies fue Furnariidae con 5 especies seguido de la familia Tyrannidae y Thraupidae, ambas con 4.

La especie con la mayor abundancia reportada fue *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 27 individuos que representan el 24,77 %, seguido de *Cinclodes albiventris* «churrete de la crema» con 17 individuos que representan el 15,60 %, y *Phrygilus unicolor* «fringilo plumizo» con 12 individuos que representan el 11,01 %.

Analizando los datos obtenidos por ecosistema frágil, observamos que el ecosistema con la mayor abundancia y riqueza de especie fue EF 6 con 9 especies y 49 individuos, seguido de EF 1 con 9 especies y 33 individuos (Tabla 7-68).

Entre las especies registradas destacan: *Thinocorus orbignyianus*, considerada ave acuática según Wetlands International, y también destaca la presencia de *Geranoaetus melanoleucus* «aguilucho variable» categorizada dentro del apéndice II del Cites.

Tabla 7-68. Riqueza de especies y abundancia de aves en el hábitat césped de puna de los ecosistemas frágiles en el área de estudio

Especie	Microcuenca				Total	AR (%)
	Imaginamayu	Supayhuasi	Quelcaya	Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa		
	EF 1	EF 4	EF 5	EF 6		
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	0	0	1	0	1	0,92
<i>Thinocorus orbignyianus*</i>	0	3	1	6	10	9,17
<i>Colaptes rupicola</i>	0	0	0	4	4	3,67
<i>Geositta tenuirostris</i>	0	2	0	0	2	1,83
<i>Geositta saxicolina (E)</i>	1	0	0	0	1	0,92
<i>Cinclodes albiventris</i>	5	2	3	7	17	15,60
<i>Leptasthenura andicola</i>	3	0	0	0	3	2,75
<i>Asthenes modesta</i>	1	1	2	4	8	7,34
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	0	0	0	1	1	0,92
<i>Muscisaxicola griseus</i>	0	1	1	0	2	1,83
<i>Muscisaxicola juninensis</i>	2	0	2	0	4	3,67
<i>Muscisaxicola cinereus</i>	0	1	0	0	1	0,92
<i>Troglodytes aedon</i>	0	0	0	4	4	3,67
<i>Phrygilus unicolor</i>	5	3	0	4	12	11,01
<i>Phrygilus plebejus</i>	11	4	2	10	27	24,77
<i>Diuca speculifera</i>	0	0	1	0	1	0,92
<i>Sicalis uropygialis</i>	3	0	0	0	3	2,75
<i>Zonotrichia capensis</i>	2	0	0	6	8	7,34
Riqueza de especies	9	8	8	9	34	
Abundancia	33	17	13	46	109	

AR: abundancia relativa, EF: ecosistema frágil

*: aves acuáticas según Wetlands International

Pajonal

Este hábitat se evaluó mediante 2 transectos lineales ubicados en la zona de ecosistema frágil denominada EF 1 de la microcuenca Imaginamayu. En este hábitat se han registrado 15 especies y 50 individuos pertenecientes a 8 familias y 4 órdenes taxonómicos.

El orden con mayor representatividad fue Passeriformes con 12 especies y 5 familias, los demás órdenes solo registraron 1 especie y 1 familia. La familia con la mayor riqueza de especies fue la familia Thraupidae (fringilos y espigueros) con 4 especies, seguidos de las familias Tyrannidae (mosqueritos, dormilonas y pitajos) y Furnariidae (canasteros) ambas familias con 3 especies registradas.

La especie más abundante fue *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 14 individuos registrados que representan el 28 % del total, seguido del *Sicalis uropygialis* «chirigüe de lomo brillante» con 9 individuos reportados que representan el 18 %, *Zonotrichia capensis* «gorrión de collar rufo» con 7 individuos es la siguiente, este valor representa el 14 % del total y *Phrygilus unicolor* «fringilo plumizo» con 5 individuos que representa el 10 %, es la cuarta más abundante. Las demás especies registradas solo presentan entre 1 a 2 individuos (Tabla 7-69).

Entre los registros destacaron la presencia de 2 especies *Oreotrochilus estella* «estrella andina» y *Phalcoboenus megalopterus* «caracara cordillerano», ambas se encuentran listadas en el apéndice II del Cites.

Tabla 7-69. Riqueza de especies y abundancia de aves en pajonal del ecosistema frágil EF 1 en el área de estudio

Especies	Microcuenca Imaginamayu	
	EF 1	AR (%)
<i>Oreotrochilus estella</i>	1	2
<i>Colaptes rupicola</i>	1	2
<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	1	2
<i>Cinclodes albiventris</i>	2	4
<i>Leptasthenura andicola</i>	1	2
<i>Asthenes modesta</i>	1	2
<i>Muscisaxicola griseus</i>	1	2
<i>Muscisaxicola juninensis</i>	2	4
<i>Ochthoeca oenanthoides</i>	2	4
<i>Troglodytes aedon</i>	1	2
<i>Phrygilus punensis</i>	2	4
<i>Phrygilus unicolor</i>	5	10
<i>Phrygilus plebejus</i>	14	28
<i>Sicalis uropygialis</i>	9	18
<i>Zonotrichia capensis</i>	7	14
Riqueza de especies	15	
Abundancia	50	

AR: abundancia relativa, EF: ecosistema frágil

Roquedal

Durante la evaluación realizada en el área de estudio, se han evaluado 3 roquedales mediante 6 transectos. Estos se ubicaron en las zonas de ecosistemas frágiles denominados EF 2, EF 3 y EF 6. En este hábitat se han registrado 18 especies y 74 individuos, pertenecientes a 7 familias y 3 órdenes (Tabla 7-70).



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a vertical list of initials and a signature at the bottom.



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

De los 3 ecosistemas frágiles evaluados, EF 3 presentó la mayor riqueza y abundancia de especies con 16 especies y 50 individuos, seguido del ecosistema EF 2, con 9 especies y 20 individuos, mientras que el ecosistema EF 6, presentó sólo 3 especies y 4 individuos.

El orden con el mayor número de especies fue Passeriformes con 16 especies registradas, el orden Charadriiformes y Piciformes reportaron solo 1 especie. Las familias con el mayor número de especies fueron Thraupidae (fringilos y espigueros) y Furnariidae (canasteros) ambas con 5 especies, seguido de la Tyrannidae (mosqueros) con 4 especies.

Las especies con la mayor abundancia registrada fueron *Asthenes modesta* «canastero cordillerano» y *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» ambas con 9 individuos que representan el 12,16 %, seguido de las especies *Cinclodes albiventris* «churrete de ala castaña» y *Sicalis uropygialis* «chirigüe de lomo brillante» ambas con 8 individuos que representan el 10,81 %

Analizando más a detalle, se observa que las especies registradas fueron en su mayoría especies terrestres típicas de zonas asociadas a roquedal cuyas familias representativas son Furnariidae, Tyrannidae y Thraupidae, además hay especies como *Zonotrichia capensis* propias de zonas intervenidas (Tabla 7-70).

Tabla 7-70. Riqueza de especies y abundancia de aves en roquedal de los ecosistemas frágiles en el área de estudio

Especie	Microcuencia			Total	AR (%)
	Imaginamayu	Supayhuasi	Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa		
	EF 2	EF 3	EF 6		
<i>Attagis gayi</i> *	2	0	0	2	2,70
<i>Colaptes rupicola</i>	0	2	1	3	4,05
<i>Geositta tenuirostris</i>	1	0	0	1	1,35
<i>Cinclodes albiventris</i>	4	2	2	8	10,81
<i>Cinclodes atacamensis</i>	0	1	0	1	1,35
<i>Asthenes humilis</i>	0	1	0	1	1,35
<i>Asthenes modesta</i>	2	7	0	9	12,16
<i>Muscisaxicola griseus</i>	0	5	0	5	6,76
<i>Muscisaxicola juninensis</i>	1	1	0	2	2,70
<i>Muscisaxicola albifrons</i>	0	1	0	1	1,35
<i>Agriornis montanus</i>	0	1	0	1	1,35
<i>Troglodytes aedon</i>	0	1	0	1	1,35
<i>Phrygilus punensis</i>	0	5	0	5	6,76
<i>Phrygilus unicolor</i>	1	4	0	5	6,76
<i>Phrygilus plebejus</i>	3	5	1	9	12,16
<i>Diuca speculifera</i>	3	3	0	6	8,11
<i>Sicalis uropygialis</i>	3	5	0	8	10,81
<i>Zonotrichia capensis</i>	0	6	0	6	8,11
Riqueza de especies	9	16	3	18	
Abundancia	20	50	4	74	

AR: abundancia relativa, EF: ecosistema frágil

*: aves acuáticas según Wetlands International



Suelos crioturbados

En el área de estudio se evaluaron dos hábitats correspondientes a suelos crioturbados, las cuales se ubicaron en los ecosistemas frágiles denominados EF 2 y EF 5. En este hábitat se han realizado 3 transectos lineales obteniéndose un total de 7 especies y 12 individuos. El ecosistema frágil EF 2, registró un total de siete especies y 11 individuos; mientras que el EF 5, solo reportó 1 especie y 1 individuo.

El orden con el mayor número de especies fue Passeriformes con 6 especies y 4 familias, mientras que el orden Charadriiformes solo registró 1 especie y 1 familia. Las familias con la mayor representatividad fueron Thraupidae (espigueros y fringilos) y Tyrannidae (pitajos, mosqueros y dormilonas), ambas con 2 especies. Es importante indicar que, las demás familias solo reportaron una especie.

La especie con mayor representatividad fue *Attagis gayi* «agachona de vientre rufo» con 4 individuos registrados que representan el 33,33 % del total. Esta es una especie que prefiere pendientes rocosas en las cercanías de la línea de nieves, aunque se desplaza hacia cotas inferiores para alimentarse en vegas y quebradas húmedas. Las siguientes especies con mayor abundancia fueron *Cinclodes albiventris* «churrete de ala castaña» y *Muscisaxicola juninensis* «dormilona de nuca ocrácea», ambas con 2 individuos que representan el 16,67 % del total (Tabla 7-71).

Tabla 7-71. Riqueza de especies y abundancia de aves en suelos crioturbados de los ecosistemas frágiles en el área de estudio

Especie	Microcuencia		Total	AR (%)
	Imaginamayu	Quelcaya		
	EF 2	EF 5		
<i>Attagis gayi*</i>	4	0	4	33,33
<i>Cinclodes albiventris</i>	2	0	2	16,67
<i>Muscisaxicola juninensis</i>	1	1	2	16,67
<i>Muscisaxicola cinereus</i>	1	0	1	8,33
<i>Phrygilus unicolor</i>	1	0	1	8,33
<i>Diuca speculifera</i>	1	0	1	8,33
<i>Zonotrichia capensis</i>	1	0	1	8,33
Riqueza de especies	7	1	8	
Abundancia	11	1	12	

AR: abundancia relativa, EF: ecosistema frágil
*: aves acuáticas según Wetlands International

Hábitats acuáticos

Laguna Chullumpicocha

En el área de estudio se ha evaluado una laguna altoandina llamada Laguna Chullumpicocha, ubicada en el ecosistema frágil EF 1. En este hábitat se ha registrado 9 especies y 40 individuos pertenecientes a 6 familias y 6 ordenes taxonómicos. Del total de especies registradas 7 fueron reportadas sobre la superficie del agua y solo 2 al borde de la laguna.

El orden con mayor representatividad fue Anseriformes con 4 especies registradas, el mismo que alberga a los ánsares, anádes y cisnes, animales semiacuáticos o acuáticos con morfologías semejantes, aunque su centro de distribución se encuentra en el hemisferio norte, están presente en todo el planeta excepto la Antártida. Se



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a large arrow pointing up and several initials.



caracterizan por tener un cuello relativamente largo y un pico aplanado con el borde en algunos casos dentado, dotado de una epidermis blanda, conificado, que contiene numerosas terminaciones nerviosas y provisto de una uña o caperuza más dura en el extremo. Tiene una lengua carnosa, patas cortas, pies con membranas interdigitales, y una cola generalmente corta, con una capa de plumas densa, compacta y resistente al agua. La mayoría de las especies son excelentes nadadoras, buenas voladoras (las restantes son incapaces de volar) y de costumbres migratorias (Padilla y Cuesta, 2003).

La familia con mayor riqueza de especies fue Anatidae (patos) con 4 especies registradas. La especie más abundante fue *Anas flavirostris* «pato barcino» con 14 individuos que representan el 35 % del total, seguido de *Anas puna* «pato de la puna» con 7 individuos que representan el 17,5 % y *Oressochen melanopterus* «cauquén Huallata» con 5 individuos que representan el 12,5 % (Tabla 7-72).

Entre los registros más representativos de este hábitat destacan *Phoenicopterus chilensis* «flamenco chileno», categorizada como especie Casi amenazada (NT) tanto por la UICN como por la legislación nacional (Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI), además destacan las especies, *Podiceps occipitalis* «zambullidor plateado» y *Fulica gigantea* «zambullidor gigante» categorizadas como especies casi amenazadas y *Theristicus melanopis* «bandurria de cara negra» como especie Vulnerable (VU), esto según legislación nacional.

Tabla 7-72. Riqueza de especies y abundancia de aves en la laguna Chullumpicocha del ecosistema frágil EF 1 en el área de estudio

Microcuenca Imaginamayu				
EF 1				
Laguna Chullumpicocha				
Orden	Familia	Especies	Individuos	AR (%)
Anseriformes	Anatidae	<i>Oressochen melanopterus</i> *	5	12,5
		<i>Lophonetta specularioides</i> *	3	7,5
		<i>Anas flavirostris</i> *	14	35
		<i>Anas puna</i> *	7	17,5
Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Podiceps occipitalis</i> *	2	5
Phoenicopteriformes	Phoenicopteridae	<i>Phoenicopterus chilensis</i> *	2	5
Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Theristicus melanopis</i> *	2	5
Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica gigantea</i> *	2	5
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Vanellus resplendens</i> *	3	7,5
Riqueza de especies			9	
Abundancia de especies			44	

AR: abundancia relativa, EF: ecosistema frágil

*: Aves acuáticas según Wetlands International

Diversidad por hábitat

Analizando los datos obtenidos, se observa que el hábitat terrestre con los valores más altos de riqueza y abundancia de especies fue el bofedal con 31 especies registradas y 325 individuos. Dicho hábitat, también, presentó los mayores valores de los índices de diversidad, obteniendo un valor de 2,95 nits/ind para el índice de Shannon Wiener, un valor de 0,93 probits/ind para el índice de Simpson y un valor de 0,86 para el índice de equidad de Pielou. Estos valores nos indican que el bofedal presentó una diversidad alta, donde las especies estuvieron representadas equitativamente en la muestra, es decir, no hubo dominancia de especies, esto debido



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

a la extensión del hábitat en el área de estudio, la cual permite albergar una importante diversidad de especies (Figura 7-205).

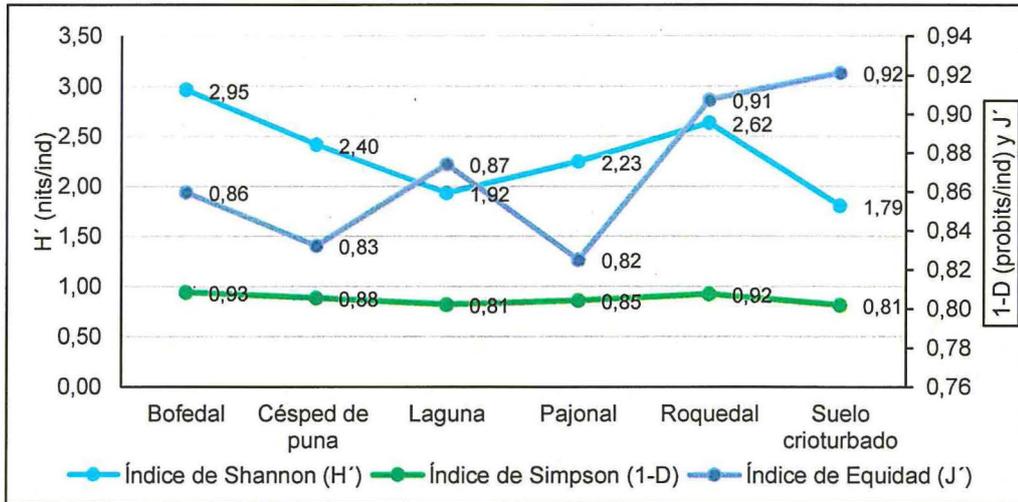


Figura 7-205. Índices de diversidad por hábitat obtenidos en el área de estudio

El hábitat terrestre denominado suelos crioturbados, fue la que presentó los menores valores de riqueza y abundancia, con 7 especies y 12 individuos, con un valor de 1,79 nits/ind para el índice de Shannon Wiener, lo que nos indicó que hubo una baja diversidad de especies, con un valor de 0,81 probits/ind para el índice de Simpson, esto nos indicó que hubo una ligera influencia de una especie (*Attagis gayi*) sobre las demás, no obstante las especies estuvieron distribuidas de manera equitativa en la muestra, esto en referencia al valor de 0,92 del índice de equidad de Pielou.

La laguna Chullumpicocha (hábitat acuático), registró un total de 9 especies y 40 individuos, con un valor de 1,92 nits/ind para el índice de Shannon Wiener, un valor de 0,85 probits/ind para el índice de Simpson y un valor de 0,87 para el índice de equidad de Pielou, esto nos indicó que hubo una baja diversidad de especies y que hubo una ligera influencia de acuerdo con el índice de Simpson, producto de una ligera influencia de *Anas flavirostris* «pato barcino» sobre las demás especies (Tabla 7-73).

Tabla 7-73. Riqueza, abundancia e índices de diversidad por hábitat en el área de estudio

Parámetros	Bofedal	Césped de puna	Laguna	Pajonal	Roquedal	Suelo Crioturbado
Riqueza (Número total de especies)	31	18	9	15	18	7
Abundancia (Total de Individuos)	325	109	40	50	74	12
Índice de Shannon (H')	2,95	2,40	1,92	2,23	2,62	1,79
Índice de Simpson (1-D)	0,93	0,88	0,81	0,85	0,92	0,81
Índice de Equidad (J')	0,86	0,83	0,87	0,82	0,91	0,92
Esfuerzo de muestreo	22 TL	6 TL	1 CT	2 TL	5 TL	3 TL

CT: conteo total, TL: transecto lineal

Similaridad por hábitat

Según el índice cuantitativo de Morisita, se observa un solo agrupamiento con una similaridad superior al 75 %, conformado por los hábitats césped de puna (Cp) y pajonal (Pa), es decir que, estos hábitats comparten más del 70 % de las especies que se han registrado, entre ellas destacan *Zonotrichia capensis*, *Asthenes modesta*,



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»

Cinclodes albiventris, *Leptasthenura andicola*, *Phrygilus plebejus*, *Phrygilus unicolor*, *Muscisaxicola juninensis*, *M. griseus* entre otras. Estas especies utilizan el césped de puna y pajonal como zonas de alimentación, refugio y reproducción, no obstante, al desplazarse recorren extensas áreas, por lo que se les puede observar visitando o habitando otros tipos de ecosistemas (Figura 7-206).

A la agrupación mencionada se une el hábitat roquedal (Ro) y bofedal (Bo) con una similitud entre 60 % y 70 %, respectivamente (Tabla 7-74 y Figura 7-206). La disimilitud se observa al comparar la laguna (La) con el resto de los hábitats.

Este índice muestra que hay especies compartidas entre los hábitats terrestres y no en los hábitats acuáticos, mostrando que las especies terrestres se comparten en los hábitats bofedal, pajonal, roquedal y césped de puna y suelos crioturbados, y muestra la singularidad de las especies acuáticas encontradas en la laguna.

Tabla 7-74. Valores del índice de similitud de Morisita entre los hábitats en el área de estudio

Hábitats	Bofedal	Césped de puna	Laguna	Pajonal	Roquedal	Suelos crioturbados
Bofedal	1,00	0,68	0,30	0,48	0,67	0,31
Césped de puna	0,68	1,00	0,00	0,78	0,75	0,31
Laguna	0,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
Pajonal	0,48	0,78	0,00	1,00	0,72	0,19
Roquedal	0,67	0,75	0,00	0,72	1,00	0,36
Suelo Crioturbado	0,31	0,31	0,00	0,19	0,36	1,00



Handwritten mark

Handwritten signature and notes

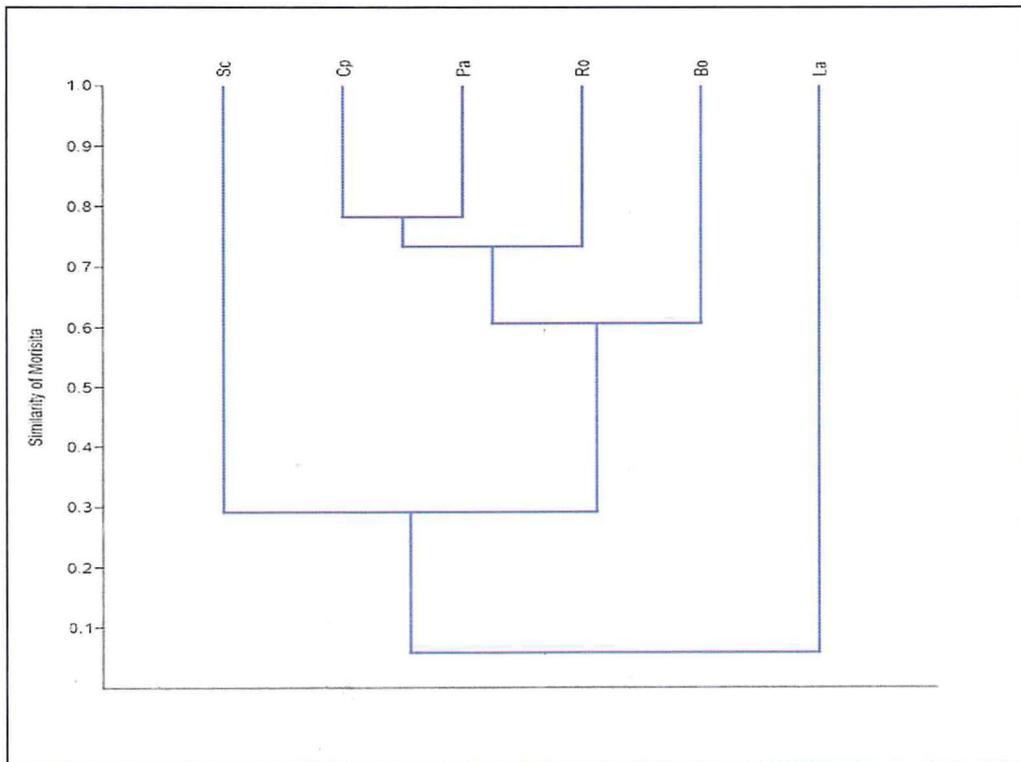


Figura 7-206. Dendrograma de similitud de Morisita entre hábitats en el área de estudio
La: laguna, Bo: bofedal, Pa: pajonal, Bp: Sc: suelos crioturbados, Cp: césped de puna, ro: roquedal



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

Especie	Microcuenca Supayhuasi		Total	AR (%)
	EF 3	EF 4		
<i>Sicalis uropygialis</i>	10	3	13	9,35
<i>Zonotrichia capensis</i>	6	1	7	5,04
Riqueza de especies	20	16	23	
Abundancia	97	42	139	

AR: Abundancia relativa, EF: Ecosistema frágil

*: aves acuáticas según Wetlands International

Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa

Esta microcuenca es la que presenta la mayor extensión de área de estudio. Esta microcuenca está representada por los hábitats bofedal, césped de puna y roquedal, las mismas que fueron evaluados mediante la aplicación de 12 transectos lineales.

En esta microcuenca se han registrado 24 especies y 179 individuos, pertenecientes a 13 familias y 7 órdenes taxonómicos. El orden con mayor número de especies fue Passeriformes con 15 especies registradas, seguido de los Anseriformes con 3 especies. La familia con el mayor número de especies fue la familia Tyrannidae (mosqueritos y dormilonas) con 5 especies, seguido de las familias Anatidae (patos), Furnariidae (canasteros) y Thraupidae (fringilos y espigueros) todas con 3 especies.

La especie con la mayor abundancia registrada fue *Cinclodes albiventris* «churrete de ala crema» con 28 individuos que representan el 15,64 %, seguido de la especie acuática *Anas flavirostris* «pato barcino» con 24 individuos reportados que representan el 13,41 % del total, la presencia de esta especie en ámbitos terrestres se debe básicamente a que esta especie hace uso de los microhábitats formados en los bofedales, ocupando los pequeños cuerpos de agua que se generan en este hábitat, por lo cual su registro es importante porque nos permite verificar su desplazamiento y el uso de hábitat de esta especie (Tabla 7-76).

Entre las especies registradas destacan las especies *Geranoaetus polyosoma* y *Phalcoboenus megalopterus*, ambas incluidas en el apéndice II del Cites.

Tabla 7-76. Riqueza de especies y abundancia de aves en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa del área de estudio

Especie	Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	AR (%)
	EF 6	
<i>Oressochen melanopterus</i> *	13	7,26
<i>Lophonetta specularioides</i> *	12	6,70
<i>Anas flavirostris</i> *	24	13,41
<i>Plegadis ridgwayi</i> *	4	2,23
<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	0,56
<i>Vanellus resplendens</i> *	2	1,12
<i>Thinocorus orbignyianus</i> *	6	3,35
<i>Colaptes rupicola</i>	8	4,47
<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	1	0,56
<i>Geositta tenuirostris</i>	3	1,68
<i>Cinclodes albiventris</i>	28	15,64
<i>Asthenes modesta</i>	5	2,79
<i>Lessonia oreas</i> *	6	3,35
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	1	0,56
<i>Muscisaxicola griseus</i>	2	1,12



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

Especie	Microcuenca Collpamayo- Chacaconiza-Jarapampa	AR (%)
	EF 6	
<i>Muscisaxicola juninensis</i>	3	1,68
<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	18	10,06
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	4	2,23
<i>Orochelidon andecola</i>	3	1,68
<i>Troglodytes aedon</i>	4	2,23
<i>Phrygilus unicolor</i>	4	2,23
<i>Phrygilus plebejus</i>	20	11,17
<i>Sicalis uropygialis</i>	1	0,56
<i>Zonotrichia capensis</i>	6	3,35
Riqueza de especies	24	
Abundancia	179	

AR: abundancia relativa, EF: ecosistema frágil
*: aves acuáticas según Wetlands International

Microcuenca Imaginamayu

La microcuenca Imaginamayu comprende a los ecosistemas frágiles EF 1 y EF 2. Esta está representada por las unidades de vegetación Bofedal, roquedal, Césped de puna, Pajonal, Suelo Crioturbado y Laguna. Los hábitats terrestres fueron evaluados mediante 15 transectos lineales y la laguna mediante el método de conteo total de especies (Tabla 7-77).

En esta microcuenca se han registrado un total 35 especies y 274 individuos pertenecientes a 15 familias y 10 órdenes taxonómicos. El orden con mayor representatividad fue Passeriformes con 22 especies registradas seguido del orden Anseriformes con 4 especies. La familia con mayor riqueza de especies fue Tyrannidae (espigueros y dormilonas) con 8 especies, seguido de la familia Furnariidae (canasteros) con 7 especies y la familia Thraupidae (fringilos) con 6 especies.

La especie con la mayor abundancia registrada fue *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 43 individuos que representan el 15,7 % del total, seguido de *Cinclodes albiventris* «churrete de ala crema» con 42 individuos registrados que representan el 15,3 % y *Sicalis uropygialis* «chirigüe de lomo brillante» con 27 especies que representan el 9,85 %.

Analizando más a detalle, vemos que el ecosistema frágil EF 1 presenta el mayor valor de riqueza y abundancia con 29 especies y 159 individuos sobre las 17 especies y 115 individuos reportados en el ecosistema EF 2.

Entre los registros destacaron la especie *Phoenicopterus chilensis*, categorizada como especie Casi amenazada (NT) según la IUCN, mientras que según la legislación nacional (Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI) destacaron 4 especies, entre ellas *Fulica gigantea*, *Phoenicopterus chilensis* y *Podiceps occipitalis*, especies categorizadas como Casi amenazada (NT), y la especie *Theristicus melanopis* clasificada como Vulnerable (VU) (Tabla 7-77).



Handwritten blue notes and signatures on the left margin, including a large 'P' and 'H' and a signature.



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

Tabla 7-77. Riqueza de especies y abundancia de aves en la microcuenca Imaginamayu del área de estudio

Especie	Microcuenca Imaginamayu		Total	AR (%)
	EF 1	EF 2		
<i>Oressochen melanopterus*</i>	7	1	8	2,92
<i>Lophonetta specularioides*</i>	4	0	4	1,46
<i>Anas flavirostris*</i>	14	0	14	5,11
<i>Anas puna*</i>	7	0	7	2,55
<i>Podiceps occipitalis*</i>	2	0	2	0,73
<i>Phoenicopterus chilensis*</i>	2	0	2	0,73
<i>Theristicus melanopsis*</i>	2	0	2	0,73
<i>Fulica gigantea*</i>	2	0	2	0,73
<i>Vanellus resplendens*</i>	3	0	3	1,09
<i>Attagis gayi*</i>	0	6	6	2,19
<i>Oreotrochilus estella</i>	1	0	1	0,36
<i>Colaptes rupicola</i>	2	0	2	0,73
<i>Phalacrocorax maculirostris</i>	1	0	1	0,36
<i>Geositta tenuirostris</i>	0	5	5	1,82
<i>Geositta saxicolina</i>	2	0	2	0,73
<i>Cinclodes albiventris</i>	13	29	42	15,33
<i>Cinclodes atacamensis</i>	0	1	1	0,36
<i>Leptasthenura andicola</i>	4	0	4	1,46
<i>Asthenes humilis</i>	1	0	1	0,36
<i>Asthenes modesta</i>	2	9	11	4,01
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	0	1	1	0,36
<i>Muscisaxicola griseus</i>	3	3	6	2,19
<i>Muscisaxicola juninensis</i>	4	10	14	5,11
<i>Muscisaxicola cinereus</i>	0	2	2	0,73
<i>Muscisaxicola albifrons</i>	1	3	4	1,46
<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	4	4	8	2,92
<i>Agriornis montanus</i>	1	0	1	0,36
<i>Ochthoeca oenanthoides</i>	2	0	2	0,73
<i>Troglodytes aedon</i>	1	0	1	0,36
<i>Phrygilus punensis</i>	2	0	2	0,73
<i>Phrygilus unicolor</i>	10	6	16	5,84
<i>Phrygilus plebejus</i>	28	15	43	15,69
<i>Diuca speculifera</i>	0	11	11	4,01
<i>Sicalis uropygialis</i>	24	3	27	9,85
<i>Zonotrichia capensis</i>	10	6	16	5,84
Riqueza de especies	29	17	35	
Abundancia	159	115	274	

AR: abundancia relativa, EF: ecosistema frágil

*: Aves acuáticas según Wetlands International

Microcuenca Quelcaya

Esta microcuenca comprende al ecosistema frágil EF 5, siendo la de menor extensión de área de estudio, alberga a los hábitats roquedal, césped de puna y suelos crioturbados, los cuales fueron evaluados mediante la aplicación de 3 transectos lineales.

En esta microcuenca se registró 8 especies y 18 individuos pertenecientes a 5 familias y 3 órdenes taxonómicos. El orden con mayor representatividad fue Passeriformes con 6 especies, las familias con la mayor riqueza de especies fueron la familia Thraupidae, Tyrannidae y Furnariidae, todas con 2 especies reportadas.



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

La especie con la mayor abundancia registrada fue *Muscisaxicola juninensis* «dormilona de la puna» con 4 individuos reportados que representan el 22,2 % del total, seguido de las especies *Cinclodes albiventris* «churrete de ala crema», *Asthenes modesta* «canastero cordillerano» y *Muscisaxicola griseus* «dormilona de Taczanowski», todas con 3 individuos cada una, y representan el 16,7 % del total (Tabla 7-78).

Entre las especies registradas destacó la especie *Geranoaetus melanoleucus*, incluida en el apéndice II del Cites.

Tabla 7-78. Riqueza de especies y abundancia de aves en la microcuenca Quelcaya del área de estudio

Especie	Microcuenca Quelcaya		AR (%)
	EF 5		
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	1		5,56
<i>Thinocorus orbignyianus</i> *	1		5,56
<i>Cinclodes albiventris</i>	3		16,67
<i>Asthenes modesta</i>	3		16,67
<i>Muscisaxicola griseus</i>	3		16,67
<i>Muscisaxicola juninensis</i>	4		22,22
<i>Phrygilus plebejus</i>	2		11,11
<i>Diuca speculifera</i>	1		5,56
Riqueza de especies	8		
Abundancia	18		

AR: abundancia relativa, EF: ecosistema frágil

*: Aves acuáticas según Wetlands International

Diversidad por microcuenca

Analizando los datos obtenidos, se observa que la microcuenca con los valores más altos de riqueza y abundancia de especies fue la de Imaginamayu con 35 especies registradas y 274 individuos, esta microcuenca también presentó los mayores valores de los índices de diversidad, obteniendo un valor de 2,94 nits/ind para el índice de Shannon Wiener, un valor de 0,92 probits/ind para el índice de Simpson y un valor de 0,83 para el índice de equidad de Pielou. Estos valores nos indican que la microcuenca Imaginamayu presentó una diversidad alta, donde las especies estuvieron representadas equitativamente en la muestra, es decir, no hubo dominancia de especies, a pesar de no ser la microcuenca con la mayor extensión dentro del área de estudio; la diversidad que alberga la cataloga como una de la más importantes dentro de dicha área (Figura 7-207).



↑

19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35



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

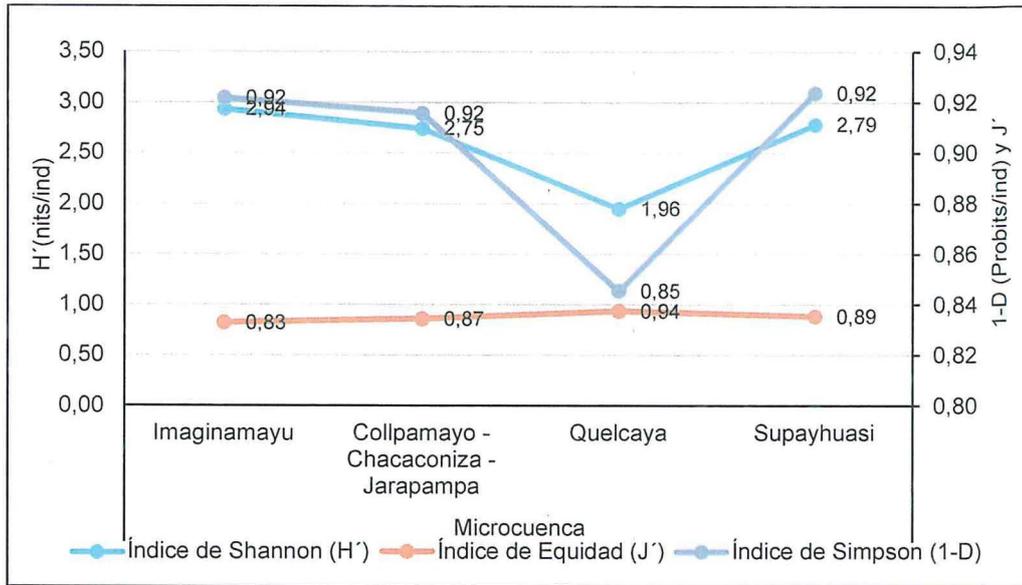


Figura 7-207. Índices de diversidad por microcuenca obtenidos en el área de estudio

La microcuenca Quelcaya, fue la que presentó los menores valores de riqueza y abundancia, con 8 especies y 18 individuos, con un valor de 1,96 nits/ind para el índice de Shannon Wiener, lo que nos indica que hubo una baja diversidad de especies; con un valor de 0,85 probits/ind para el índice de Simpson y un valor de 0,94 del índice de equidad de Pielou, lo que nos indicó que en la muestra no hubo dominancia de especies y que las especies estuvieron distribuidas equitativamente en la muestra (Tabla 7-79).

Tabla 7-79. Riqueza, abundancia e índices de diversidad por microcuenca en el área de estudio

Parámetros	Microcuenca			
	Imaginamayu	Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	Quelcaya	Supayhuasi
Riqueza (Número total de especies)	35	24	8	23
Abundancia (Total de Individuos)	274	179	18	139
Índice de Shannon (H')	2,94	2,75	1,96	2,79
Índice de Simpson (1-D)	0,92	0,92	0,85	0,92
Índice de Equidad (J')	0,83	0,87	0,94	0,89
Esfuerzo de muestreo	15 TI/1 CT	12 TL	3TL	8 TL

CT: conteo Total, TL: transecto lineal

Similaridad por microcuenca

Analizando el dendrograma obtenido mediante el índice de Morisita, vemos que se ha formado un agrupamiento conformado por las microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa e Imaginamayu, presentando un valor de dicho índice de 0,76; esto nos indicó que ambas microcuenca comparten más del 75 % de las especies registradas, como por ejemplo *Cinclodes albiventris*, *Anas flavirostris*, *Geositta tenuirostris*, *Muscisaxicola flavinucha*, *M. griseus*, *M. juninensis*, *Lophonetta specularioides*, entre otras. Esta similitud está relacionada a la presencia de bofedales en ambas microcuenca, lo cual permite que muchas de las especies registradas puedan desplazarse, alimentarse y refugiarse, ya que cuentan con los recursos suficientes para poder sobrevivir (Figura 7-80).



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»

Unido a este grupo encontramos a la microcuenca Supayhuasi, la cual presenta una similitud del 58 %, mientras que la microcuenca Quelcaya presenta una similitud del 54 %; esto quizás se debería a la lejanía de esta última, la cual no permite el libre desplazamiento de las aves, y por ende el intercambio y uso de hábitat de las especies (Tabla 7-80 y Figura 7-208).

Tabla 7-80. Valores del índice de similitud de Morisita entre las microcuencas en el área de estudio

Hábitats	Imaginamayu	Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	Quelcaya	Supayhuasi
Imaginamayu	1	0,76	0,58	0,69
Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	0,76	1	0,42	0,49
Quelcaya	0,58	0,42	1	0,54
Supayhuasi	0,69	0,49	0,54	1

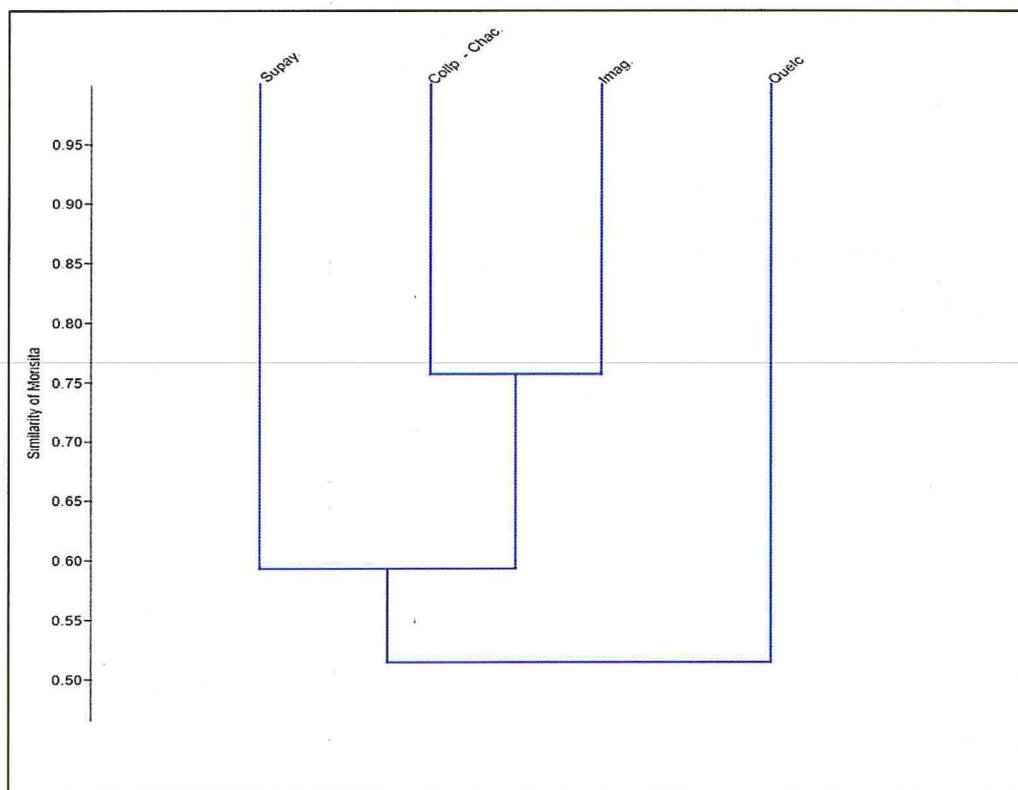


Figura 7-208. Dendrograma de similitud de Morisita entre microcuencas en el área de estudio

Supay.: microcuenca Supayhuasi, Collp - Chac.: microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, Imag.: microcuenca Imaginamayu, Quelc.: microcuenca Quelcaya

Curva de acumulación de especies

Se calculó la curva de acumulación de especies de aves ajustadas al modelo de la ecuación de Clench para los datos obtenidos de la evaluación en el área de estudio, para ello se utilizaron los programas: Estimates9 (Colwell, 2011), con el cual se obtuvieron los valores requeridos para poder realizar la curva de acumulación, la



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a vertical list of initials and a signature at the bottom.



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

misma que se ajustó al modelo de la ecuación de Clench, utilizando el software estadístico Statistica 7.0. Para la realización de la curva de acumulación se utilizó los datos obtenidos donde se registraron 43 especies (Figura 7-209).

El total de especies de aves registradas representó el 82,69 %, este valor es mayor al promedio registrado para la ecuación de Clench que indica que a partir de proporciones superiores al 70 %, la estimación de la riqueza asintótica se hace estable (Jiménez y Hortal, 2003). Este porcentaje nos indicó que nuestro esfuerzo de muestreo fue el adecuado y que el inventario de aves obtenido es bastante completo y altamente confiable.

Observando la curva de acumulación de especies de la EAT presente, se observa que el tamaño de la muestra de especies no llega a la asíntota, esto se debe a que para la zona se registró un total de 43 especies; mientras que, según los datos ajustados mediante la ecuación de Clench, indica que el máximo número de especies para el muestreo fue de 52 especies. Probablemente, las especies que no fueron registradas corresponderían a especies nocturnas o crepusculares, ocasionales, con migración altitudinal o especies estacionales.

El coeficiente de determinación R² tuvo un valor de 0,99 que representa un ajuste aceptable al modelo de Clench (cerca de uno). Manifestando que, la avifauna presente es muy rica en especies y que si realizamos más esfuerzo matemáticamente sería posible encontrar especies raras (baja abundancia y poca ocurrencia) e incrementar la riqueza (Figura 7-209).



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a vertical list of initials: S, C, H, M, P, F, D, E.

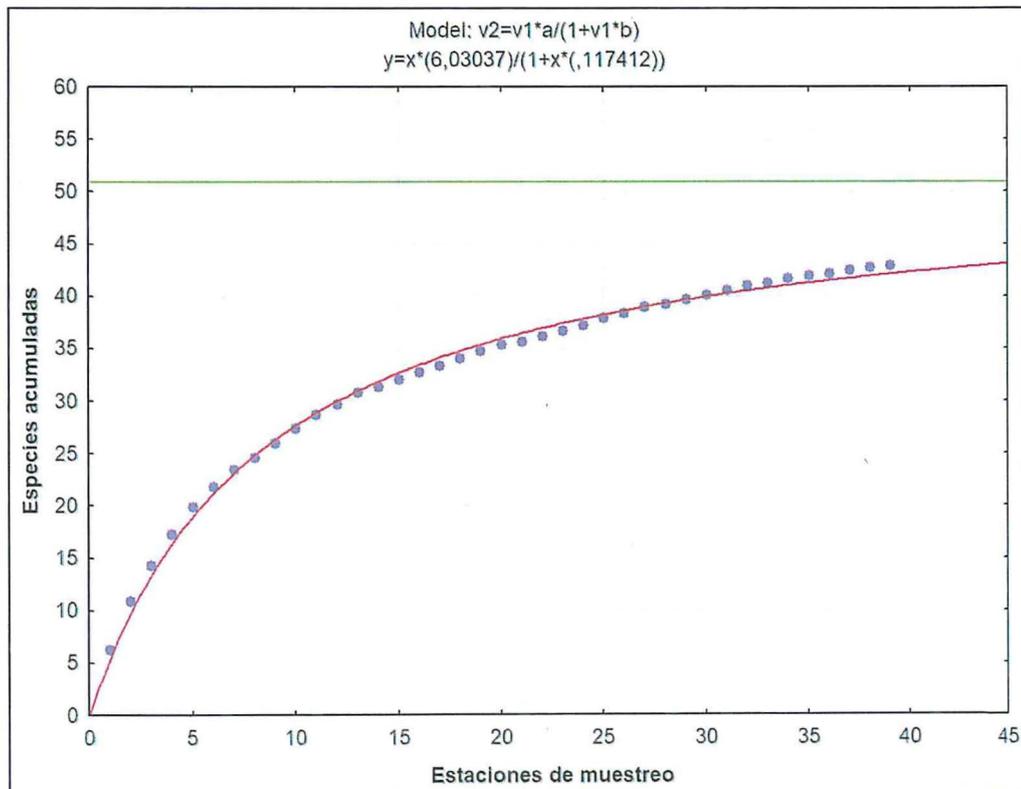


Figura 7-209. Curva de acumulación de especies presentes en el área de estudio

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

En el área de estudio se registró 43 especies, de estas, solo 22 especies se encontraron incluidas en alguna categoría de conservación y nivel de endemismo (Tabla 7-81). Estas 22 especies representan el 51,16 % de la riqueza total.

Según la legislación nacional (Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI) se registró 4 especies, una de ellas categorizada como especie Vulnerable (VU) se trata de la «bandurria de cara negra» *Theristicus melanopis*, y las otras especies registradas están categorizadas como especies Casi amenazadas (NT) estas especies son el «zambullidor plateado» *Podiceps occipitalis*, «gallareta gigante» *Fulica gigantea* y el «flamenco chileno» *Phoenicopterus chilensis*, casualmente esta última se encuentra en la misma categoría según la IUCN (2018).

Según la Cites se registró 5 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), como *Geranoaetus polyosoma* «aguilucho variable» y *Geranoaetus melanoleucus* «aguilucho de pecho negro», Falconidae (halcones) como *Phalco boenus megalopterus* «caracara cordillerano», Trochilidae (picaflores) como el *Oreotrochilus estella* «estrellita andina» y Phoenicopteridae (flamencos) como el *Phoenicopterus chilensis* «flamenco chileno». Así mismo las especies de la familia Anatidae (patos) están incluidas en apéndice II de la CEM (2015).

Finalmente, respecto al nivel de endemismo, solo se registró una especie endémica de Perú, se trata del «minero andino» *Geositta saxicolina*; no se logró registrar especies dentro de alguna EBA. No obstante, se ha logrado registrar a 13 especies dentro del bioma CAN (por sus siglas en inglés, Central Andes) (Tabla 7-81).

Tabla 7-81. Lista de especies incluidas en categorías de conservación y endémicas registradas en el área de estudio

Especies	Categorías de Conservación				Endemismo		
	D.S. N.º 004-2014-MINAGRI	IUCN	Cites	CMS	Perú	EBA	Bioma
<i>Lophonetta specularioides*</i>	-	LC	-	II	-	-	-
<i>Anas flavirostris*</i>	-	LC	-	II	-	-	-
<i>Anas puna*</i>	-	LC	-	II	-	-	-
<i>Podiceps occipitalis*</i>	NT	LC	-	-	-	-	-
<i>Phoenicopterus chilensis*</i>	NT	NT	II	-	-	-	-
<i>Plegadis ridgwayi*</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Theristicus melanopis</i>	VU	LC	-	-	-	-	-
<i>Geranoaetus polyosoma</i>	-	LC	II	-	-	-	-
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	-	LC	II	-	-	-	-
<i>Fulica gigantea*</i>	NT	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Oreotrochilus estella</i>	-	LC	II	-	-	-	CAN
<i>Colaptes rupicola</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Phalco boenus megalopterus</i>	-	LC	II	-	-	-	-
<i>Geositta saxicolina</i>	-	LC	-	-	x	-	CAN
<i>Asthenes humilis</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Lessonia oreas*</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Muscisaxicola juninensis</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Muscisaxicola albifrons</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Ochthoeca oenanthoides</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN



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

Especies	Categorías de Conservación				Endemismo		
	D.S. N. ° 004-2014-MINAGRI	IUCN	Cites	CMS	Perú	EBA	Bioma
<i>Phrygilus punensis</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Diuca specularifera</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Sicalis uropygialis</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN

X: endémico de Perú, VU: Vulnerable, NT: Casi Amenazado, LC: Preocupación menor, II: Apéndice II de la Cites y CMS, EBA: CAN: Bioma andes centrales, *: aves acuáticas

Usos actuales y potenciales de las aves por la población local

Durante la evaluación realizada en el área de estudio, los apoyos locales mencionaron que la población local hace uso de las aves; luego de entrevistarlos se llegó a la conclusión que solo seis especies del total registrado son de las que hacen uso.

Uno de los usos que le da la población a las aves es el alimenticio, en muchas ocasiones estas aves son cazadas para consumo de carne o consumo de huevos, empleando especialmente a las que se encuentran en las orillas de las lagunas, este grupo corresponde a los patos; también ellos indican que hay especies que dan belleza al lugar donde viven, considerando su uso ornamental, ya que estas son especies muy vistosas, de plumaje llamativo, consideradas como parte de la belleza natural; en este grupo se encuentran los colibríes y flamencos (Tabla 7-82).

Tabla 7-82. Usos de las aves por la población local en el área de estudio

Especie	Nombre Local	Usos	
		Alimento	Ornamental
<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato	x	
<i>Anas flavirostris</i>	Pato	x	
<i>Anas puna</i>	Pato	x	
<i>Podiceps occipitalis</i>	Pato	x	
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Flamenco		x
<i>Oreotrochilus estella</i>	Colibrí		x

7.3.7.3. Composición de mamíferos silvestres

En toda el área de estudio, conformada por cuatro microcuencas Supayhuasi, Imaginamayu, Quelcaya, y Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, se registraron 8 especies de mamíferos silvestres divididas en 4 ordenes, 7 familias y 8 géneros, siendo el orden Carnivora el de mayor registro (4 especies), seguida del orden Cetartiodactyla con 2 especies (Tabla 7-83).

Tabla 7-83. Composición de mamíferos en las cuatro zonas evaluadas

Orden	Familia	Género	Especie
Rodentia	1	1	1
Carnivora	3	4	4
Cetartiodactyla	2	2	2
Lagomorpha	1	1	1
Total	7	8	8

En las evaluaciones mediante recorridos por transectos, los mayores registros obtenidos fueron de las especies *Lagidium peruanum* «vizcacha» y *Vicugna vicugna* «vicuña» con 9 registros cada uno, entre observaciones directas y por medio de heces y huellas respectivamente, seguido de las especies del orden Carnivora con 6 registros cada uno.

**Descripción de mamíferos silvestres por microcuenca**

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

Riqueza y abundancia de mamíferos silvestres por microcuenca

En el área de estudio se distinguieron las cuatro microcuencas mencionadas anteriormente. En cada microcuenca, las evaluaciones se enfocaron en los ecosistemas frágiles (EF), por lo que el esfuerzo de muestreo varió entre estas.

En las microcuencas Supayhuasi, Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, y Quelcaya, se evaluaron mínimamente 2 transectos. Caso contrario, en la microcuenca Imaginamayu se realizó el mayor esfuerzo con 6 recorridos por transectos, con un total de 7,7 km en un tiempo de 10 horas y 53 minutos (Tabla 7-84).

Tabla 7-84. Unidades y esfuerzo de muestreo por microcuenca en el área de influencia del proyecto minero Corani

Microcuenca	EF	Transectos	Km	Tiempo
Supayhuasi	EF 3 EF 4	2	2,1	3 h 50'
Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	EF 6	2	2,31	4 h 00'
Imaginamayu	EF 1 EF 2	6	7,7	10 h 53'
Quelcaya	EF 5	2	2,8	3 h 15'



El esfuerzo de muestreo total con cámaras trampa fue de 325 trampas-noche. Distribuidas para la microcuenca Supayhuasi, con un esfuerzo de 63 trampas-noche, para la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, con un esfuerzo de 96 trampas-noche, para la microcuenca Imaginamayu, con un esfuerzo de 134 trampas-noche, y por último para la microcuenca Quelcaya, con un esfuerzo de 32 trampas-noche (Tabla 7-85).

Tabla 7-85. Esfuerzo de muestreo de cámaras trampa para la evaluación de mamíferos silvestres en el área de estudio

Código	Fecha de Instalación	Fecha de desinstalación	Tiempo de registro (días)	Esfuerzo de muestreo (Trampas-noche)
Microcuenca Supayhuasi				
CoMaCT-3	20/05/2018	23/06/2018	34	63
CoMaCT-4	25/03/2018	23/06/2018	29	
Microcuenca CollpamayoChacaconiza-Jarapampa				
CoMaCT-8	23/05/2018	24/06/2018	32	96
CoMaCT-9	23/05/2018	24/06/2018	32	
CoMaCT-10	23/05/2018	24/06/2018	32	
Microcuenca Imaginamayu				
CoMaCT-1	19/05/2018	24/06/2018	36	134
CoMaCT-2	21/05/2018	23/06/2018	33	
CoMaCT-5	21/05/2018	23/06/2018	33	
CoMaCT-7	23/05/2018	24/06/2018	32	
Microcuenca Quelcaya				
CoMaCT-6	22/05/2018	23/06/2018	32	32
Total				325

H
 E
 X
 A
 M
 P
 L
 O



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

Índice de ocurrencia (IO) e índice de abundancia (IA)

Para el cálculo del índice de ocurrencia se tomaron en cuenta todos los registros y evidencias encontradas (cualitativas y cuantitativas) en el área de estudio. No se consideraron las entrevistas realizadas a los apoyos locales, ni las observaciones y evidencias obtenidas fuera de los recorridos por transectos. Los valores de índice de ocurrencia (IO) e índice de abundancia (IA) por especie se muestran en la Tabla 7-86.

A nivel del análisis del registro de evidencias y considerando los índices de ocurrencia (IO), se confirman la presencia de cinco especies, siendo estas: *Lagidium peruanum* «vizcacha», *Lycalopex culpaeus* «zorro», *Conepatus chinga* «añás», *Vicugna vicugna* «vicuña» e *Hippocamelus antisensis* «taruca»; las cuales sobrepasaron el valor mínimo requerido de 10, según lo manifestado en Boddicker *et al.*, 2002, confirmando de esta manera la presencia de cada una de ellas.

En lo que respecta al análisis del índice de abundancia (IA), *Lagidium peruanum* «vizcacha», y *Vicugna vicugna* «vicuña» se reportaron como las más abundantes.

Tabla 7-86. Índice de ocurrencia (IO) e índice de abundancia de mamíferos en las cuatro microcuencas evaluadas en el área de estudio

Orden	Familia	Especies	Nombre común	Microcuenca				IO	IA
				Supayhuasi	Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	Imaginamayu	Quelcaya		
Rodentia	Chinchillidae	<i>Lagidium peruanum</i>	Viscacha	O(10)	O(23)	O(33)	-	10	660
Carnivora	Felidae	<i>Puma concolor</i>	Puma	-	-	Hu(1)	-	5	5
	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro	Hu(1), He(1), Sen(1)	Hu(1), He(1), Ma(1)	Hu(1), Dor(1)	-	13	35
	Mephitidae	<i>Conepatus chinga</i>	Zorrino, añás	-	-	Ex(5), He(1), Ma(1)	-	13	33
Cetartiodactyla	Camelidae	<i>Vicugna vicugna</i>	Vicuña	O(22), Hu(1)	-	O(7), Hu(2)	O(21), Hu(1)	15	520
	Cervidae	<i>Hippocamelus antisensis</i>	Taruca	-	He(1)	O(1), Hu(1)	-	19	19

O: observación directa, Hu: huella, He: heces, Sen: sendero, Ma: madriguera, Dor: dormitorio, Ex: excavación

Similaridad de Jaccard

Mediante el análisis de similaridad de Jaccard, se obtuvo un grupo bien definido que comparten la mayor parte de las especies registradas entre las microcuencas Supayhuasi, Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa y Imaginamayu, con un 50 % de similaridad; las especies que originan esta unión son *Lagidium peruanum* «vizcacha» y *Lycalopex culpaeus*, «zorro». Los valores presentados en la Tabla 7-87, son expresados en porcentajes con el fin de entender este análisis.

Tabla 7-87. Valores del índice de similaridad de Jaccard entre las microcuencas en el área de estudio

Microcuenca	Supayhuasi	Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	Imaginamayu	Quelcaya
Supayhuasi	1	0,5	0,5	0,333
Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa	0,5	1	0,5	0
Imaginamayu	0,5	0,5	1	0,167
Quelcaya	0,333	0	0,167	1



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

Los valores obtenidos en el análisis de similaridad de Jaccard se muestran de manera gráfica en el Figura 7-210. Es necesario precisar que los valores usados para este análisis involucran los registros cualitativos y cuantitativos mediante recorridos por transectos.

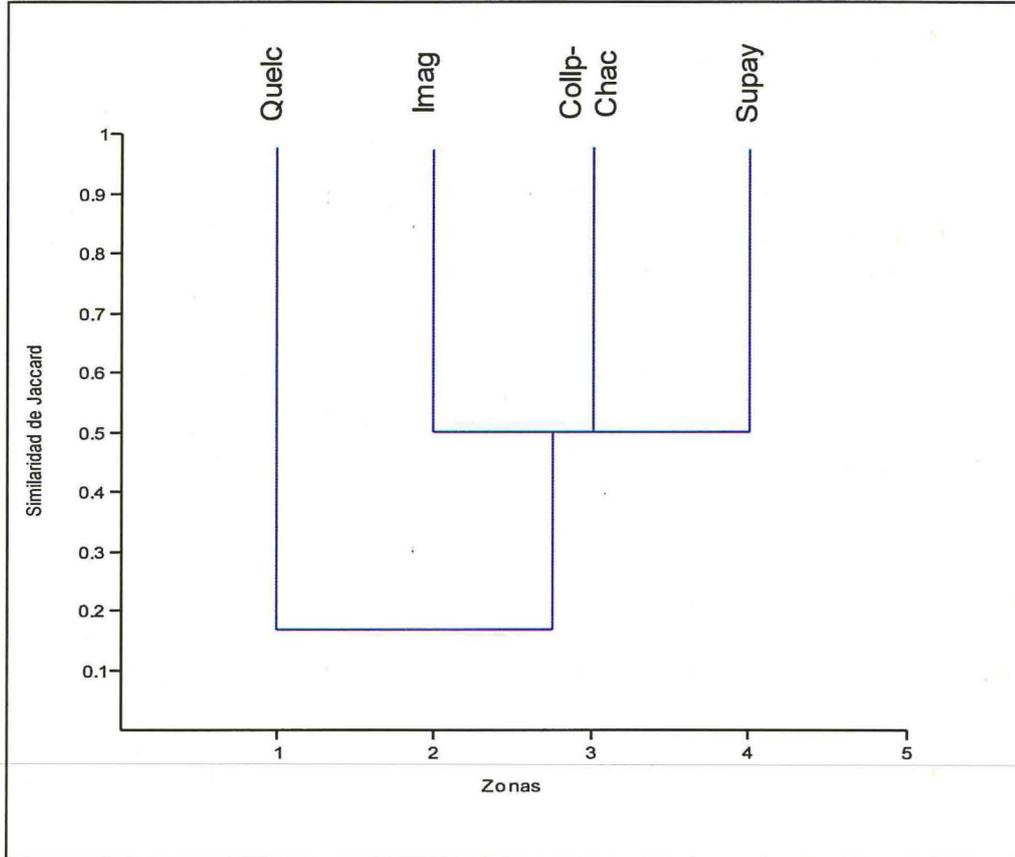


Figura 7-210. Cluster de similaridad de especies compartidas entre las microcuencas evaluadas en el área de estudio
Supay.: microcuenca Supayhuasi, Collp – Chac.: microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, Imag.: microcuenca Imaginamayú, Quelc.: microcuenca Quelcaya

Análisis de evaluación por cámaras trampa

Por medio de cámaras trampa, se obtuvo 74 registros independientes de mamíferos silvestres pertenecientes a un total de 7 especies, 4 órdenes, y 7 familias; entre las que destacan, *Leopardus colocolo* «gato de pajonal», *Lycalopex culpaeus*, «zorro», *Hippocamelus antisensis* «taruca» y *Vicugna vicugna* «vicuña» como especies importantes (Figura 7-211 y Tabla 7-88).



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74



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

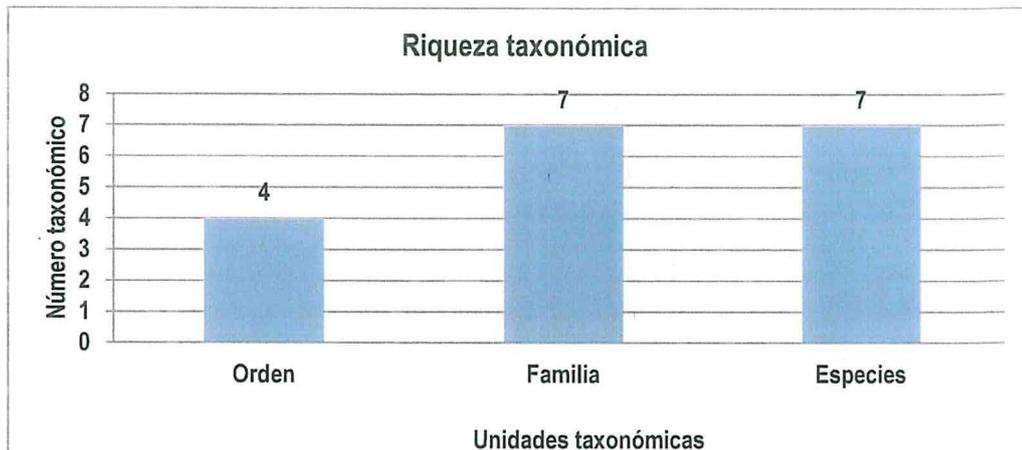


Figura 7-211. Composición taxonómica de registros de mamíferos silvestres por cámaras trampa

Tabla 7-88. Registros independientes de mamíferos silvestres por cámaras trampa

Especies	Cámaras Trampa										Total
	Supayhuasi		Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa			Imaginamayu			Quelcaya	10	
	CoMaCT-3	CoMaCT-4	CoMaCT-8	CoMaCT-9	CoMaCT-10	CoMaCT-1	CoMaCT-7	CoMaCT-2	CoMaCT-5		
<i>Lagidium peruanum</i>	2	8	3	6	10	4	0	0	6	0	39
<i>Lepus europaeus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Leopardus colocolo</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
<i>Lycalopex culpaeus</i>	2	3	1	0	0	0	0	0	2	0	8
<i>Conepatus chinga</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2
<i>Vicugna vicugna</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	16	19
<i>Hippocamelus antisensis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	3
Total	7	12	5	7	10	6	1	0	10	16	74
	19		22			17			16		

Los registros se obtuvieron solo en 9 de las 10 cámaras trampa instaladas, exceptuándose los de la cámara CoMaCT-2. La especie *Lagidium peruanum* «vizcacha», fue el que presentó el mayor registro del total (39 registros independientes), seguido por *Vicugna vicugna* «vicuña» con 19 registros.

En cuanto a los registros obtenidos por cada microcuenca, Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa presentó 22 registros independientes, en donde se instalaron 3 cámaras trampa, seguido de Supayhuasi, con 19 registros independientes, producto de 2 cámaras trampas instaladas (Figura 7-212).



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»

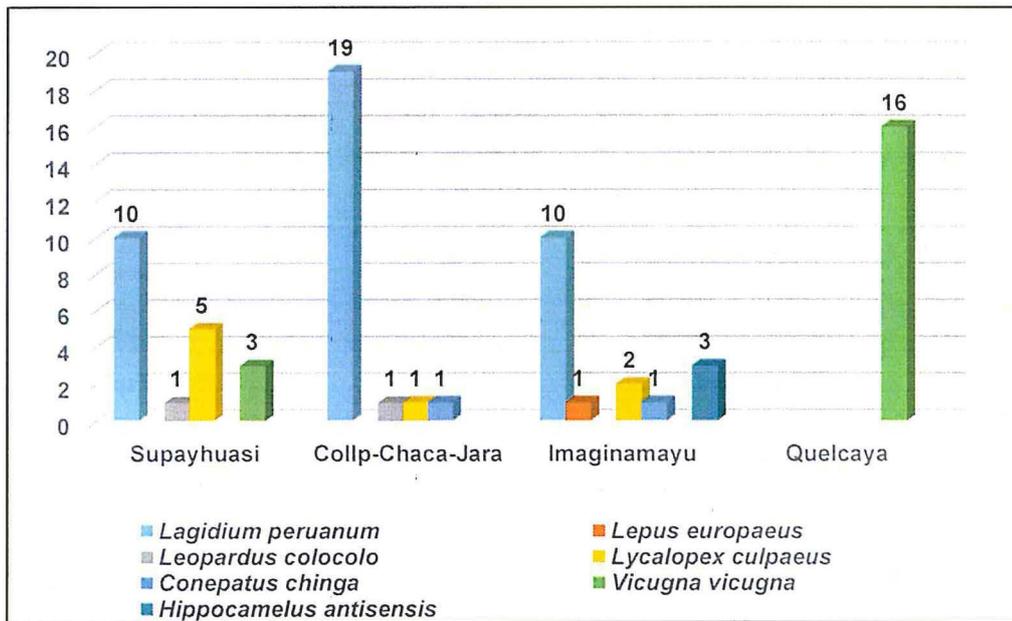


Figura 7-212. Composición de especies por microcuenca en el área de estudio
Supayhuasi: microcuenca Supayhuasi, Collp-Chaca-Jara: microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, Imaginamayu: microcuenca Imaginamayu, Quelcaya: microcuenca Quelcaya

Curva de acumulación de especies

En la Figura 7-213 se presenta la curva de acumulación de especies de mamíferos silvestres solo mediante el registro de recorridos por transectos. En ella se observa que, la curva de Clench es la que más se ajusta a los datos (R=1), en este caso, el número de recorridos por transectos realizados es casi el óptimo para el registro de seis especies potencialmente presentes en el área de estudio. Al extrapolar la curva, se estimó que, se ha logrado registrar casi el 100 % de las especies. Sin embargo, hay que señalar que con el uso de las cámaras trampa se logró sumar 2 especies a la lista de registros en el área de estudio; esto porque las cámaras trampa ayudaron a obtener información de especies raras o de difícil observación en campo.



Handwritten signature in blue ink



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

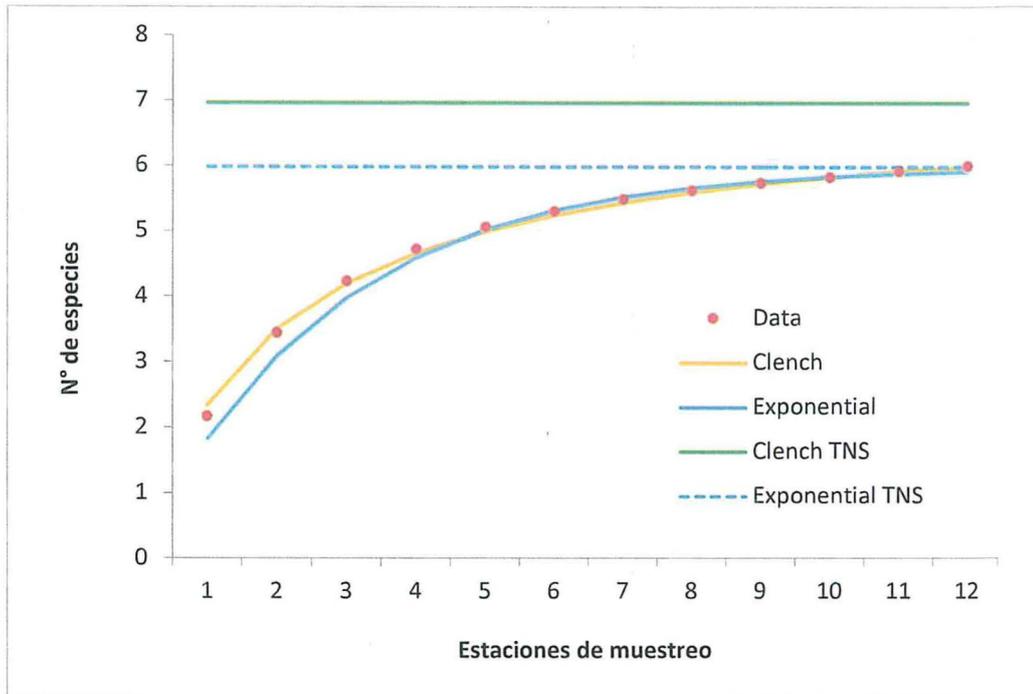


Figura 7-213. Curva de acumulación de especies de mamíferos silvestre en el área de estudio

Diversidad por microcuenca

En relación a la diversidad de especies por microcuenca, la mayor diversidad se presentó en la microcuenca Supayhuasi con $H'Log_2=1,84$ bits/individuo, en donde la riqueza estuvo conformada por 4 especies, con una abundancia de 19 individuos (Figura 7-214). Las cámaras instaladas en esta zona fueron la CoMaCT-3 y CoMaCT-4, registrando especies importantes como *Lycalopex culpaeus*, «zorro», *Vicugna vicugna* «vicuña» y *Leopardus colocolo* «gato de pajonal», entre las más importantes.



↑

Handwritten signature and notes on the left margin



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

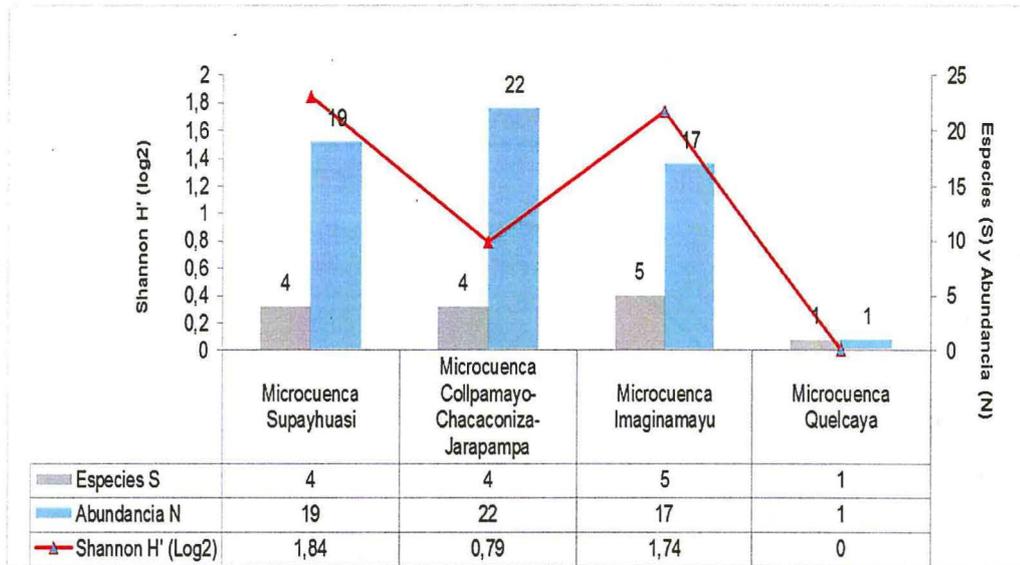


Figura 7-214. Diversidad y abundancia de mamíferos silvestres en el área de estudio

Estado de conservación

Según la IUCN (2018) en categoría de Casi amenazado (NT) se encuentra la especie *Leopardus colocolo* «gato de pajonal». Las amenazas sobre la población de esta especie, radica principalmente en la deforestación y la fragmentación de los bosques, sumado a la caza por su piel (Cossíos *et al.*, 2007; Villalba *et al.*, 2004; Pacheco, 2002). También se incluye a la especie *Hippocamelus antisensis* «taruca», como especie Vulnerable (VU), del cual sus poblaciones se encuentran amenazadas por la fragmentación de los bosques (Barrio, 2010). El resto de las especies se encuentran categorizadas como de bajo riesgo o de menor preocupación (LC).

Se registraron tres especies listadas en la legislación de conservación nacional (Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI), siendo las especies de mamíferos del orden Carnivora, el *Puma concolor* «puma» categorizada en estado de Casi amenazada (NT), *Leopardus colocolo* «gato de pajonal» categorizada con Datos insuficientes (DD), así mismo *Vicugna vicugna* «vicuña» categorizada como Casi amenazada (NT). Las principales amenazas para estas especies son la pérdida de hábitat y la casería para consumo y comercialización (Aquino *et al.*, 2001; Pacheco, 2002).

De acuerdo con los apéndices de la Cites (2017), se identificaron cinco especies de mamíferos mayores listadas con fines de protección ante la amenaza de explotación excesiva. Este número incluye a la especie *Leopardus colocolo* «gato de pajonal», capturado por registro fotográfico de las cámaras trampa CoMaCT-4 y CoMaCT-9, ubicadas en las microcuencas Supayhuasi, y Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa respectivamente, como especie importante para el apéndice II. Este apéndice incluye a las especies que, si bien en la actualidad no se encuentran necesariamente en peligro, pero que pueden llegar a esa situación a menos de que el comercio de dichos especímenes no esté sujeto a una reglamentación estricta y el comercio de estas se realiza excepcionalmente. En este, también se incluyen a las especies *Lycalopex culpaeus*, «zorro» y *Puma concolor* «puma».

En el apéndice I, se listan dos especies del orden Cetartiodactyla de la familia Cervidae, *Hippocamelus antisensis* «taruca» y de la familia Camelidae *Vicugna*



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



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

vicugna «vicuña». Especies sobre las que se cierne el mayor grado de peligro (extinción) entre las especies registradas.

Tabla 7-89. Estado de conservación de especies amenazadas

Orden	Familia	Genero	Especie	Nombre Común	Nombre local	IUCN (2018)	Cites (2017)	D.S. N.º 004-2014
Carnivora	Felidae	Puma	<i>Puma concolor</i>	Puma	Puma	---	II	NT
		Leopardus	<i>Leopardus colocolo</i>	Gato de pajonal	Oscollo	NT	II	DD
	Canidae	Lycalopex	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro	Zorro	---	II	---
Cetartiodactyla	Camelidae	Vicugna	<i>Vicugna vicugna</i>	Vicuña	Vicuña	---	I	NT
	Cervidae	Hippocamelus	<i>Hippocamelus antisensis</i>	Taruca	Taruca	VU	I	---

---: no aplica

8. DISCUSIONES

El presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., para lo cual se evaluaron las matrices de agua, sedimento, comunidades hidrobiológicas, suelo, aire, además de la evaluación de hidroquímica, caracterización geológica, geoquímica de rocas, flora y fauna silvestre.

8.1. Agua, sedimentos y comunidades hidrobiológicas

8.1.1. Microcuenca Supayhuasi (zona I)

La microcuenca Supayhuasi comprende las quebradas: sin nombre, Sala Sala, Intisayana, Piruacarca, Minaspatá, Pinchalli y Supayhuasi; donde se evaluaron la calidad del agua (superficial, subterránea y efluentes⁴⁹) y sedimento; además se realizaron estudios especializados (evaluación de comunidades hidrobiológicas, caracterización geológica, geoquímica de roca y evaluación hidroquímica).

La distribución de los puntos de muestreo se observa en la Figura 8-1, donde las evaluaciones se realizaron en julio 2017 (en adelante, época seca) y en febrero 2018 (en adelante, época húmeda).

En las Figuras 8-2 y 8-3 se muestran el resumen de los parámetros que excedieron los Estándares de Calidad Ambiental para Agua categorías 3 y 4 aprobados mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM (en adelante, ECA para agua Cat3 y Cat4) para agua superficial y subterránea (de manera referencial⁵⁰); y los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas aprobados mediante Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM (en adelante, LMP) para el caso de efluentes.

⁴⁹ Denominado así, a los **pasivos ambientales con drenajes**, los cuales descargan a cuerpos de agua como ríos y quebradas, según el Primer Informe Técnico Sustentatorio del administrado. Aprobado mediante Resolución Directoral N.º 012-2016-MEM-DGAAM, con fecha 19 de enero de 2016. En adelante, solo se hará mención a efluente.

⁵⁰ Cabe señalar que, los valores de oxígeno disuelto registrados en las aguas subterráneas, presentaron valores por debajo de los ECA para agua, que corresponden a condiciones naturales.



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»

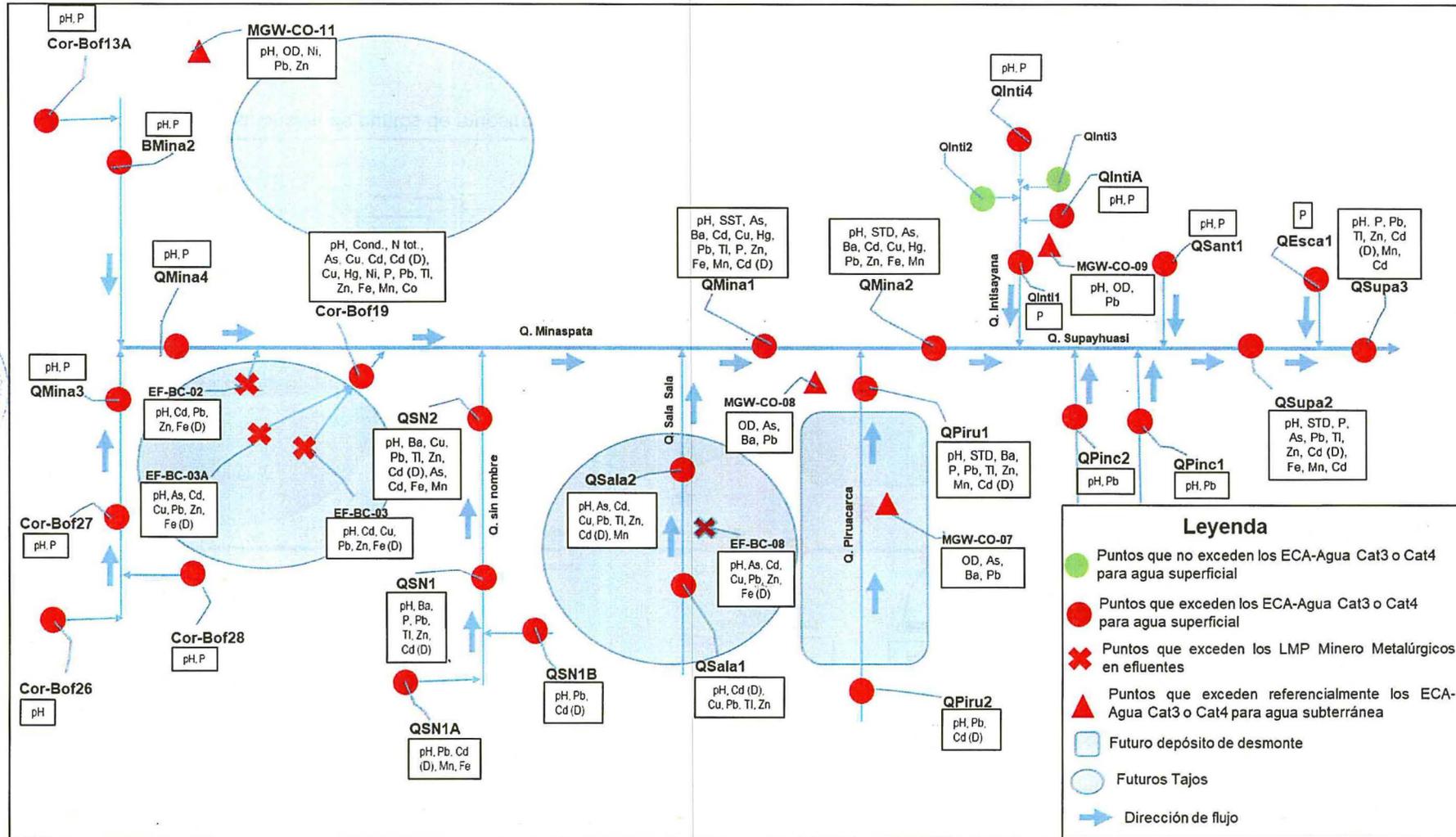


Figura 8-3. Esquema de distribución de puntos de muestreo que exceden la norma de comparación vigente para agua superficial, subterránea y efluentes en la microcuenca Supayhuasi, en época húmeda



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

El contexto geológico de la microcuenca Supayhuasi, corresponde a rocas volcánicas de la Formación Quenamari Miembro Chacacuniza (Nm-ch). Las áreas mineralizadas corresponden a los sectores Corani Mina, Corani Principal y Corani Este (donde se establecerán los futuros tajos) ubicadas en las quebradas sin nombre, Sala Sala y Piruacarca; y en el cerro Santocato. Asimismo, presentan alto contenido de sulfuros (galena, esfalerita, piritita, marcasita y acantita), sulfosales (freibergita, pirargirita, boulangerita y diaforita), minerales secundarios como la plumbogummita y minerales de ganga (barita, cuarzo, óxidos de hierro y óxidos de manganeso), este ensamble mineralógico provee al medio físico elevadas concentraciones de metales como Ag, Pb, Zn, Sb, Al, Ba, Mn, Fe y Si.

El contexto estructural local está controlado por fallas N-S, NO-SE y NE-SO. En la Figura 8-4 se observa el trazo de los componentes mineros proyectados asociados a las fallas y otras estructuras geológicas. Las fallas cortan al tajo en dirección E-O y en el depósito de desmonte tienen dirección N-S. Además, las vetas mineralizadas en el sector Corani Mina y Corani Principal tuvieron dirección preferencial NO-SE y en el sector Corani Este las vetas tuvieron dirección N-S.

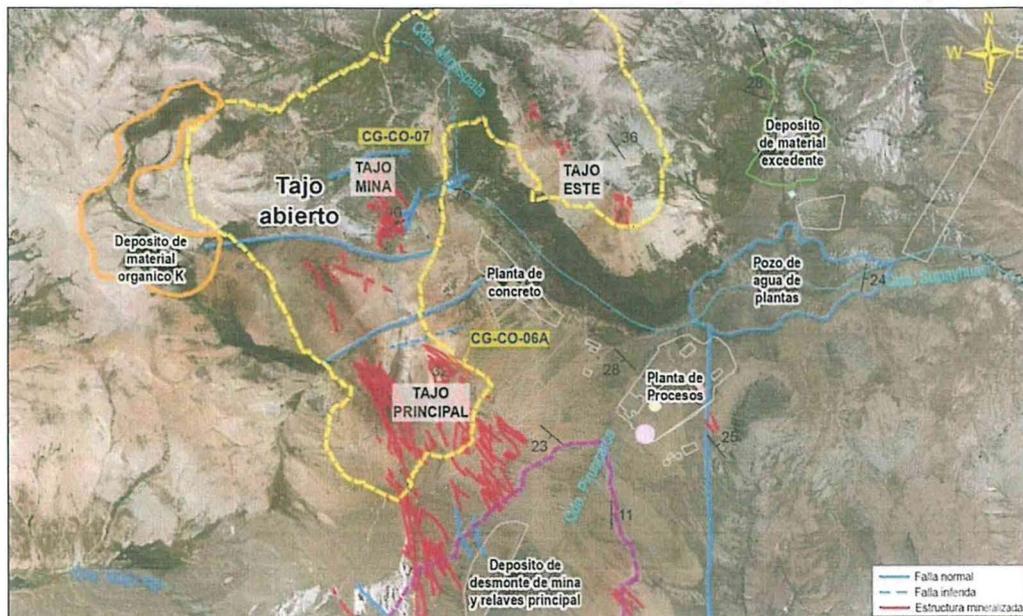


Figura 8-4. Contexto estructural local de las zonas aledañas a los componentes mineros

El análisis de geoquímica de rocas en los puntos COMIN-01 y COMIN-02 presentaron concentraciones de Sb, B, Ba, Cu, Pb, Zn, Cd, Hg, Se, Ta, Ru y U que superaron los valores promedios establecidos para la corteza continental (Rudnick, 1995). El análisis ABA determinó que son potenciales generadores de acidez, debido a la presencia de rocas volcánicas alteradas del Miembro Chacacuniza y presencia de sulfuros generan drenaje ácido de roca (DAR) en las zonas asociadas a los futuros tajos. Además, el análisis de Tessier determinó la biodisponibilidad de plomo en las extracciones 1 (intercambiable) y 2 (unido a carbonatos y bicarbonatos).

La calidad del agua en los puntos ubicados en la naciente de la quebrada Minaspata, aguas arriba de los futuros componentes mineros (Cor-bof26, Cor-bof27, Cor-bof28, Cor-bof13A) presentaron valores de pH entre 5,69 y 6,14 solo en época húmeda. Mientras que, el punto B Mina2 presentó un pH ligeramente ácido en época seca y neutro en época húmeda; además solo en época seca la concentración de manganeso



Handwritten notes in blue ink, including a vertical list of numbers and symbols.



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

excedió los valores del ECA para agua Cat3 o Cat4. La condición ácida en época húmeda en el punto BMinas2, se debería al lavado que sufren los bofedales (Humberto *et al.*, 2001)⁵¹; lo cual está asociado a suelos orgánicos (Figura 8-5). Asimismo, según la geoquímica de roca, la escasa presencia de metales estaría controlado por el Miembro Sapanuta (unidad posmineral).



Figura 8-5. Suelos orgánicos en los bofedales del proyecto minero Corani en la microcuenca Supayhuasi

El punto SED-BMinas2 (época seca), presentó concentraciones de arsénico, plomo y zinc que superaron el valor PEL, mientras que el cobre y mercurio solo superaron el valor ISQG de la CEQG. Estos valores estarían relacionados al arrastre del suelo erosionado proveniente de las laderas sin cobertura vegetal hacia las quebradas.

La quebrada Minaspata, que nace de la descarga de los bofedales, durante su recorrido recibe el aporte por la margen derecha de efluentes y de las quebradas sin nombre y Sala Sala. En el punto QMina4 ubicado en la naciente de la quebrada, presentó pH ligeramente ácido en época húmeda y alcalino en época seca; además solo las concentraciones de plomo y zinc (época seca) excedieron los valores del ECA para agua Cat3 o Cat4. Asimismo, presentó facies del tipo bicarbonatadas-sódicas y de acuerdo con diagrama de Ficklin se clasificó como aguas casi neutras con baja carga de metales.

El efluente EF-BC-02 (época húmeda), ubicado aguas abajo del punto QMina4 descarga directamente a la quebrada Minaspata, con valores de pH y concentraciones de cadmio, plomo, zinc y hierro disuelto que excedieron los LMP; asimismo, presentó facies sulfatadas mixtas (magnésico sódico) y de acuerdo al diagrama de Ficklin se clasificó como aguas ácidas con alta carga de metales (Figuras 8-6 y 8-7).

Los efluentes EF-BC-03 y EF-BC-03A descargan en el bofedal sin nombre (Cor-bof19) que a su vez tributa por la margen derecha a la quebrada Minaspata (Figura 8-6). Estos puntos presentaron valores de pH 2,48 y 3,05 respectivamente, y concentraciones de arsénico, cadmio, plomo, zinc y hierro disuelto que superaron los LMP, influyendo en la calidad del punto Cor-bof19, donde los valores de pH, y concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, mercurio, níquel, plomo, talio, zinc, hierro, manganeso, cobalto y cadmio disuelto excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4, cabe precisar que la evaluación se realizó únicamente en época húmeda y que las concentraciones hierro, zinc y cadmio en los puntos EF-BC-03 y EF-BC-03A fueron mayores que el punto EF-BC-02 (Figuras 8-6 y 8-7).



Vertical handwritten signature in blue ink.

⁵¹ Características y distribución de los bofedales en ámbito boliviano, asociación integral de ganaderos en camelidos de los andes altos, autoridad autónoma del Lago Titicaca (ALT)-Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), La Paz 2001.



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

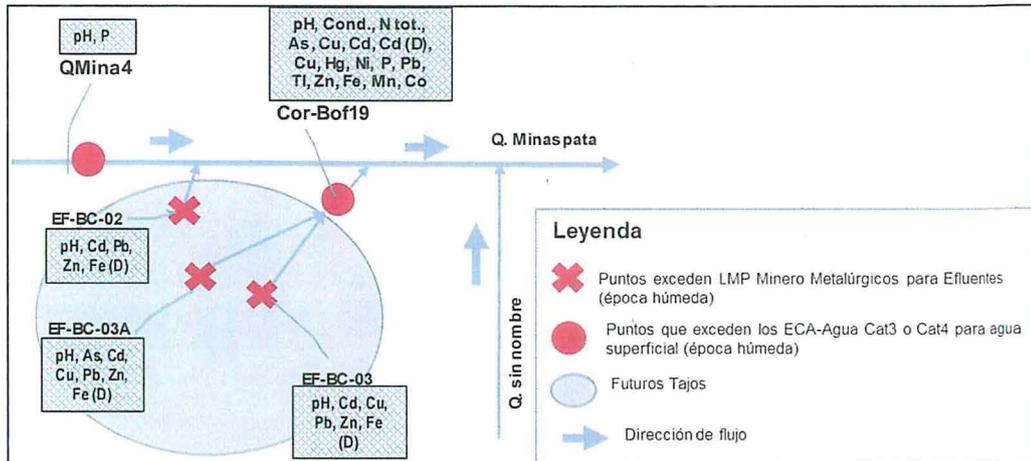


Figura 8-6. Recorrido de los efluentes (EF-BC-02, EF-BC03 y EF-BC-03A) hacia la quebrada Minas pata



Figura 8-7. Efluentes de bocaminas sin nombre a) EF-BC-03A, b) EF-BC-03, c) EF-BC-02 que son afluentes a la quebrada Minas pata, y d) EF-BC-08 afluente a la quebrada Sala Sala

Las facies hidroquímicas de los efluentes EF-BC-03 y EF-BC-03A fueron sulfatadas magnésicas con concentraciones de sulfato de 17,23 meq/L y 50,98 meq/L respectivamente. Así también, de acuerdo al diagrama de Ficklin se clasificaron como aguas ácidas con alta carga de metales y aguas de elevada acidez con carga extrema de metales respectivamente. Esta diferencia se debe a que el punto EF-BC-03A presentó mayor concentración de hierro (asociado a la pirita) y menor concentración de carbonatos que en los puntos EF-BC-03 y EF-BC-02, generando un mayor drenaje ácido de mina (DAM) (Figura 8-8).



Handwritten signature or notes in blue ink on the left margin.



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

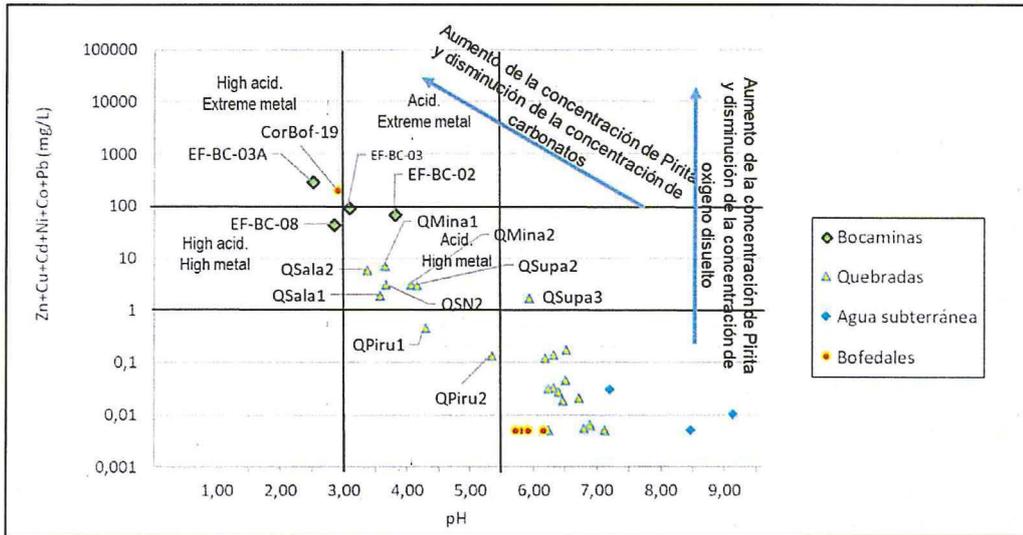


Figura 8-8. Clasificación de Ficklin en relación al contenido de hierro, carbonatos y oxígeno disuelto

La quebrada sin nombre (QSN1), que nace de las descargas (QSN1A y QSN1B) del bofedral sin nombre, registró valores de pH 6,2 (época seca) y 6,49 (época húmeda), concentraciones de bario, plomo, zinc y cadmio disueltos (época húmeda y seca); hierro y manganeso (época seca); fósforo y talio (época húmeda) que excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4, y facies bicarbonatadas-sódicas; además, según la clasificación de Ficklin, estos tres puntos ubicados aguas arriba de los futuros tajos (Principal y Mina), se clasificaron como casi neutros con baja concentración de metales (Figura 8-9).

El punto QSN2, ubicado aguas abajo de los futuros tajos, presentó facies sulfatadas mixtas (cálcico sódico) con valores de pH 3,64 (época húmeda) y 3,16 (época seca); asimismo, concentraciones de cadmio, cobre, plomo, talio, zinc, hierro, manganeso y cadmio disueltos (época húmeda y seca); arsénico y bario (época húmeda) que excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4. De acuerdo a la clasificación de Ficklin corresponde a aguas ácidas con alta concentración de metales (Figura 8-9).

El punto HID-QSN2 (época húmeda), presentó una ausencia total de macroinvertebrados bentónicos, disminución significativa con respecto al punto HID-QSN1 (época húmeda), ubicado aguas arriba, donde se registró moderada riqueza y abundancia con predominio de organismos de la familia Chironomidae. Asimismo, los puntos HID-QSN1 y HID-QSN2 presentaron una calidad hidromorfológica moderada; mientras que, de acuerdo al índice ABI presentaron una calidad biológica pésima (Figura 8-9).

La variación de la calidad del agua en la quebrada sin nombre entre los puntos aguas arriba (QSN1A, QSN1B y QSN1) y aguas abajo (QSN2) de los futuros tajos se debería a la escasa o nula cobertura vegetal en las laderas donde se desarrolla erosión en cárcavas, lo cual incrementa la interacción roca-agua (Figura 8-9).



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large 'H' and 'E'.



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

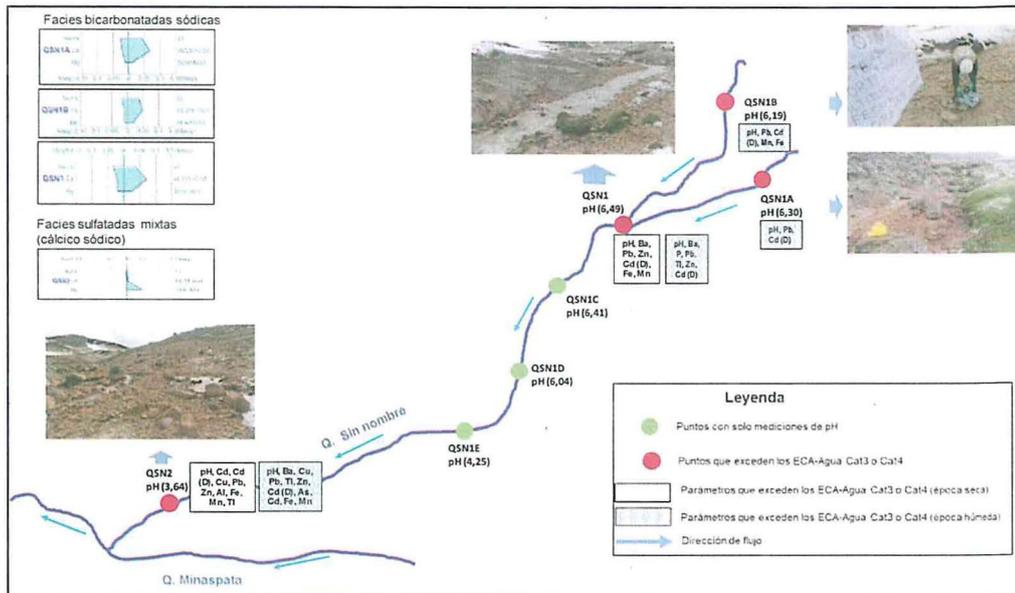


Figura 8-9. Valores de pH a lo largo del recorrido de la quebrada sin nombre en época húmeda

En época húmeda, la quebrada Sala Sala, que tributa por la margen derecha a la quebrada Minasparta, en los puntos QSala1 (antes de la descarga del efluente EF-BC-08) y QSala2 (después de la descarga del efluente EF-BC-08) presentaron valores de pH 3,54 y 3,34 respectivamente, con facies sulfatadas sódicas en ambos puntos; asimismo, se registró un mayor incremento en las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, plomo, talio, zinc, cadmio disuelto y manganeso que excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4 en el punto QSala2 con respecto al punto QSala1, debido a la descarga del efluente EF-BC-08. Además, de acuerdo a la clasificación de Ficklin corresponden a aguas ácidas con alta carga de metales.

El efluente EF-BC-08 presentó un valor de pH 2,81 y concentraciones totales de cadmio, plomo, zinc y hierro disuelto (época húmeda) que incumplieron los valores establecidos en los LMP y que presentó facies sulfatadas sódicas. De acuerdo a la clasificación de Ficklin corresponde a aguas altamente ácidas con alta carga de metales.

La afectación de la calidad en la quebrada Sala Sala (QSala1 y QSala2) se debería a la escasa o nula cobertura vegetal en las laderas donde se desarrolla erosión en cárcavas, lo cual incrementa la interacción roca-agua y se intensifica con la descarga del efluente EF-BC-08. (Figura 8-10)



Handwritten signature and date: M. 9/11/11



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

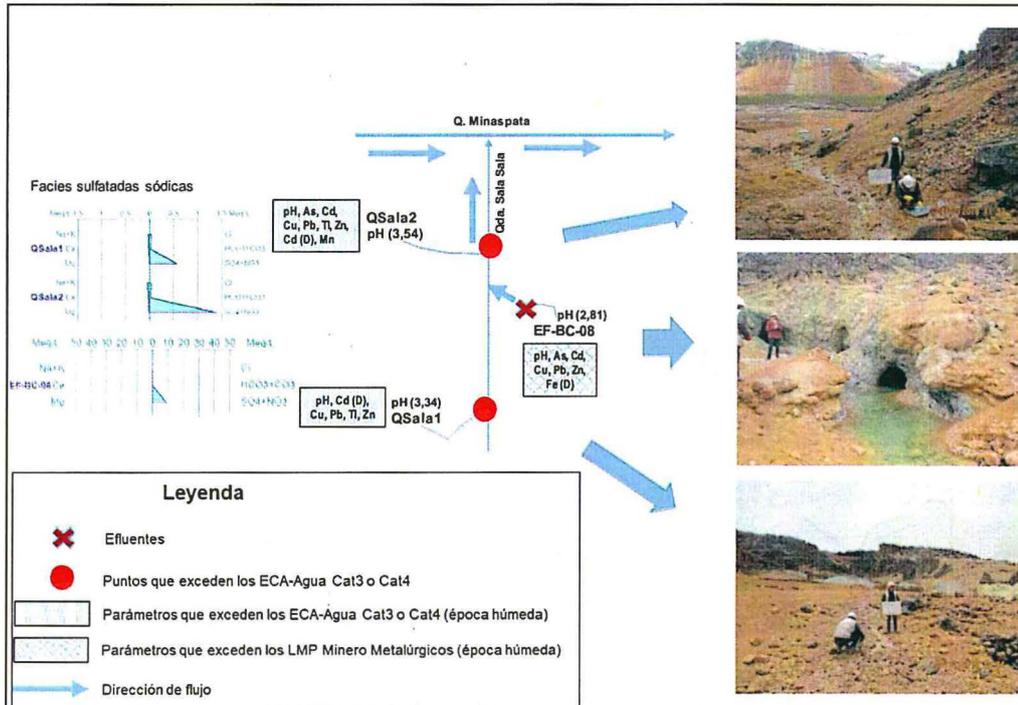


Figura 8-10. Valores de pH en la quebrada Sala Sala y del efluente (EF-BC-08) en época húmeda

El punto QMina1, ubicado en la quebrada Minaspata, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Sala Sala, presentó valores de pH 3,96 (época seca) y 3,62 (época húmeda); registrándose un incremento en las concentraciones de cadmio, cobre, plomo, talio, zinc, hierro, manganeso y cadmio disuelto (épocas húmeda y seca); arsénico, bario y mercurio (época seca) que excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4, con respecto al punto QMina4 (ubicado en la naciente); asimismo, se evidencia un cambio de facies en el agua, donde el punto QMina4 presentó facies bicarbonatadas-sódicas y con una calidad biológica buena (presencia de macroinvertebrados bentónicos de la familia Trichoptera y Ephemeroptera), mientras que el punto QMina1 presentó facies sulfatadas mixtas (sódico cálcico) y una calidad biológica pésima (ausencia total de macroinvertebrados bentónicos). Además, se observó un incremento de sólidos suspendidos totales en época de lluvia en comparación con época seca. Según *Auquilla et al.*, el exceso de sólidos degrada el ecosistema acuático y disminuye la abundancia de macroinvertebrados bentónicos en el punto QMina1.

La calidad de sedimento en el punto SED-QMina1 presentó un incremento mayor al 100% en las concentraciones de plomo, arsénico, cadmio, cobre, cromo y zinc con respecto al punto SED-QMina4. La variación en la calidad de agua y sedimentos; y comunidades hidrobiológicas en el punto QMina1 en comparación con el punto QMina4 se debería a las descargas, del efluente (EF-BC-02), bofedal (Cor-bof19), de las quebradas sin nombre (QSN2) y Sala Sala (QSala2) (Figura 8-11).



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»

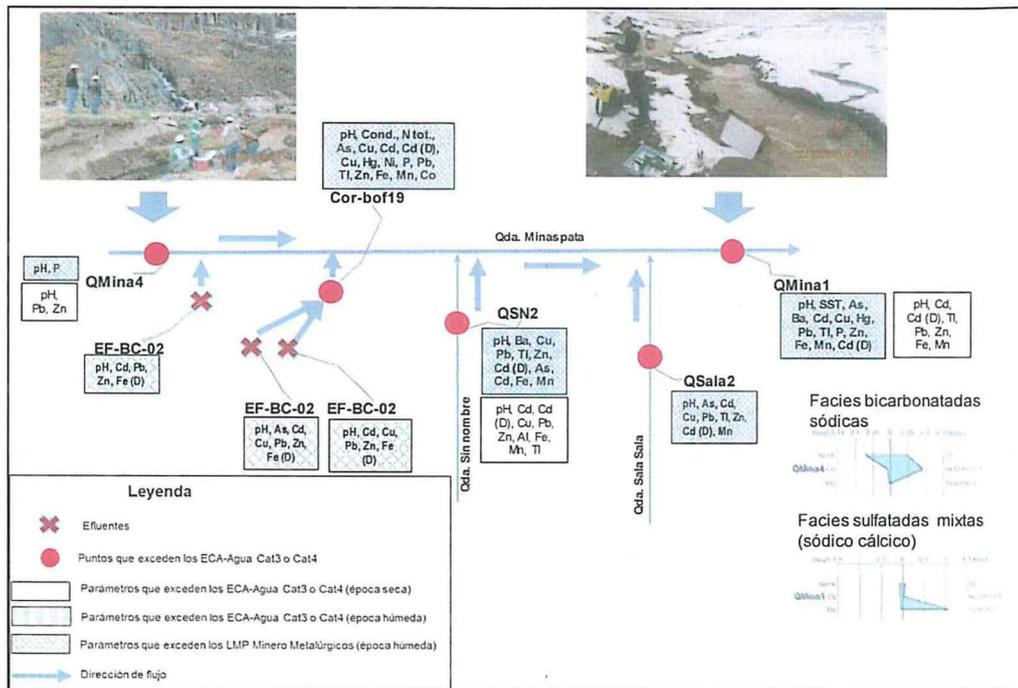


Figura 8-11. Parámetros que incumplen el ECA-Agua en la quebrada Minaspata (QMina4 y QMina1) y sus tributarios, en época seca y húmeda

La quebrada Piruacarca al unirse con la quebrada Minaspata por la margen derecha da origen a la quebrada Supayhuasi.

La calidad del agua de la quebrada Piruacarca en el punto QPiru1 (aguas abajo del futuro botadero de desmonte y presa de relaves), presentó una disminución de los valores de pH 4,23 (época seca) y 4,26 (época húmeda); y un incremento en las concentraciones de arsénico, bario, plomo, talio, zinc, manganeso y cadmio disuelto (época húmeda) que incumplieron los ECA para agua Cat3 o Cat4 en comparación con el punto QPiru2 (aguas arriba del futuro botadero de desmonte y presa de relaves); Además, se observó un incremento de sólidos suspendidos totales en época de lluvia en comparación con época seca en el punto QPiru1. Por otro lado, al comparar los resultados (QPiru1), con la línea de base (WQ-CO-02) de los años 2014 al 2017, se observa un comportamiento similar en ambas épocas (Figuras 8-14 y 8-15).

Por otro lado, el punto QPiru2 presentó facies cloruradas mixtas, mientras que el punto QPiru1, facies sulfatadas mixtas; además, de acuerdo con el diagrama de Ficklin, ambos puntos, se clasificaron como aguas ácidas con baja carga de metales. La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el punto HID-QPiru1 presentó una baja riqueza y abundancia de taxones en época seca, para luego incrementar su riqueza y abundancia en época húmeda, con una dominancia de organismos de la clase Oligochaeta; y según el índice ABI, en ambas épocas la calidad biológica fue mala.

La variación en la calidad del agua en los puntos QPiru1 y QPiru2 se debería a la escasa o nula cobertura vegetal en las laderas donde se desarrolla erosión en cárcavas, lo cual incrementa la interacción roca-agua (Figura 8-12).



↑

Handwritten signature and notes in blue ink.



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

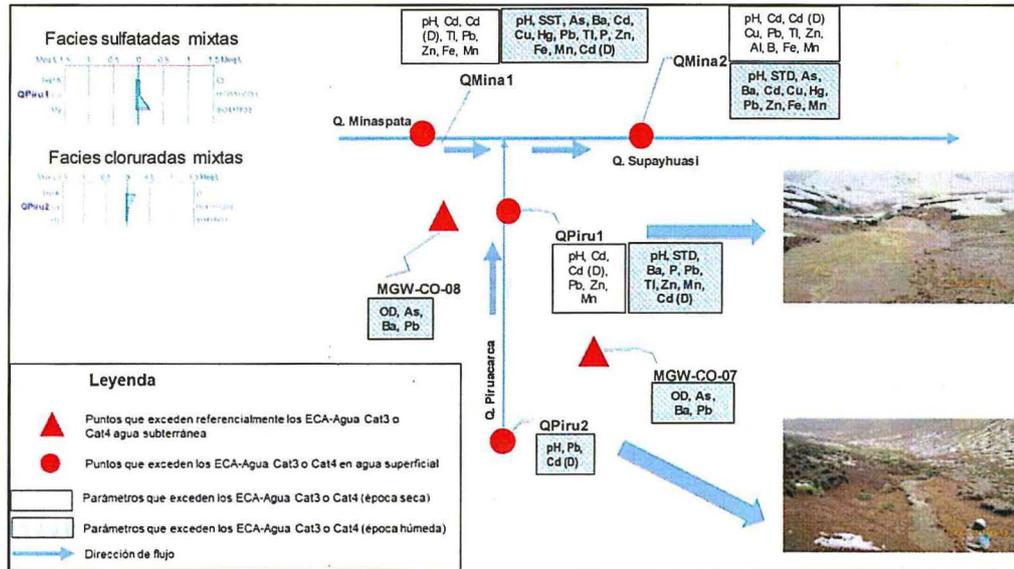


Figura 8-12. Quebrada Piruacarca entre los puntos QPiru1 y QPiru2 para época húmeda

En la quebrada Supayhuasi (QMina2), se registró una disminución en las concentraciones de arsénico, bario, cadmio, cobre, mercurio, plomo, zinc, manganeso y hierro con respecto a la quebrada Minaspatá (QMina1) debido al aporte de la quebrada Piruacarca (QPiru1); sin embargo, estas concentraciones excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4 y de acuerdo al diagrama de Ficklin se clasifica como aguas casi neutras con baja carga de metales y presentan facies bicarbonatadas-sódicas; asimismo, se observó un incremento de sólidos suspendidos totales en época de lluvia en comparación con época seca. Con relación a la calidad de sedimento en el punto SED-QMina2 presentó disminuciones en las concentraciones de cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc con relación al punto SED-QMina1 y un incremento de sólidos suspendidos totales en época de lluvia en comparación con época seca en el punto QMina2, ambos puntos no excedieron los valores PEL de la CEQG. Por otro lado, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto HID-QMina2 registró un incremento significativo en el número de taxones y abundancia para la época húmeda con predominio de organismos de la clase Oligochaeta (indicadores de alta carga orgánica), con respecto a HID-QMina1, donde no se registraron organismos.

La quebrada Intisayana (QInti1), tributario de la quebrada Supayhuasi, presentó mercurio que excedió los valores del ECA para agua Cat3 o Cat4 sólo en época seca; y al comparar los resultados, con la línea de base (WQ-CO-12) de los años 2014 al 2017, se observa un comportamiento similar en ambas épocas (Figuras 8-14 y 8-15); asimismo, las comunidades hidrobiológicas en el punto HID-QInti1, registró valores de riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos sobre el promedio de los demás puntos evaluados en ambas épocas, con predominio de organismos de la familia Chironomidae y clase Oligochaeta (taxones tolerantes que muestran preferencia por condiciones de alta carga orgánica); además, destaca la abundancia de *Hyalella* sp. solamente en época húmeda. La comunidad de perifiton en el punto HID-QInti1, presentó la mayor riqueza y abundancia en ambas épocas en comparación con los demás puntos evaluados, con predominio de taxones de los phyla Bacillariophyta y Charophyta en época seca y húmeda respectivamente (Figura 8-13).



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»

Por otro lado, las quebradas Santocato (QSant1) y Pinchali (QPinc1 y QPinc2), que también son tributarios de la quebrada Supayhuasi, evaluados en época húmeda, presentaron un pH ligeramente ácido con concentraciones de metales y metaloides que no excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4. Asimismo, los tres tributarios mencionados presentaron facies bicarbonatadas-sódicas y según el diagrama de Ficklin se clasificaron como aguas casi neutras con baja carga de metales.

La quebrada Supayhuasi (QSupa2), presentó un ligero incremento de valores de pH 3,59 (época seca) y 4,13 (época húmeda) y una disminución en las concentraciones de cadmio, plomo, talio, zinc, manganeso, hierro y cadmio disuelto (época húmeda y seca); arsénico (época húmeda); cobre y aluminio (época seca), con respecto al punto QMina2, debido al aporte de las quebradas Intisayana (QInti1), Santocato (QSant1) y Pinchali (QPinc1 y QPinc2); cabe señalar, que los parámetros mencionados incumplieron los ECA para agua Cat3 o Cat4. Además, al comparar los resultados con la línea de base (WQ-CO-09) de los años 2014 al 2017, se observa un comportamiento similar en ambas épocas (Figuras 8-14 y 8-15). De acuerdo al diagrama de Ficklin se clasifica como aguas ácidas con alta carga de metales y presenta facies sulfatadas-mixtas (sódicas cálcicas) (Figura 8-13).

Con respecto a las comunidades hidrobiológicas, en el punto HID-QSupa2, no se registraron organismos de macroinvertebrados bentónicos en ambas épocas, lo cual evidencia una disminución de la riqueza y abundancia con respecto al punto HID-QMina2, ubicado aguas arriba; esto se debería a las condiciones hidromorfológicas (moderada - mala) del punto HID-QSupa2. Así también, se evidencia una ligera disminución de la riqueza y abundancia de perifiton con respecto al punto HID-QMina2 en época húmeda.

En la quebrada Supayhuasi, el punto QSupa3 ubicado aguas abajo del punto QSupa2 presentó un incremento en los valores de pH 5,22 (época seca) y 5,91 (época húmeda) y disminución de las concentraciones de cadmio, plomo, zinc, manganeso y cadmio disuelto (época seca y húmeda); cobre, mercurio, aluminio (época seca); talio (época húmeda) con respecto al punto QSupa2, debido al aporte de la quebrada Escalera Cucho (QEsca1); cabe señalar, que los parámetros mencionados incumplieron los ECA para agua Cat3 o Cat4, y al comparar los resultados, con la línea de base (MWQ-CO-12) de los años 2014 al 2017, se observa un comportamiento similar en ambas épocas (Figuras 8-14 y 8-15). Asimismo, presentó facies sulfatadas-mixtas (sódicas cálcicas) que de acuerdo al diagrama de Ficklin se clasifica como aguas casi neutras con alta carga de metales. (Figura 8-13)

Con relación a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, se observa un incremento en la riqueza y abundancia en época húmeda en el punto HID-QSupa3 con respecto al punto HID-QSupa2, con el predominio de *Podonomus* sp., taxón perteneciente a la familia Chironomidae, grupo tolerante a la contaminación, sobre todo de tipo orgánica, por lo que se le usa como indicador de calidad de agua, asociando su presencia a altas concentraciones de materia orgánica y bajos valores de oxígeno (Raudez, 2003), mientras que en época seca no se registraron organismos en ambos puntos de muestreo, esto se debería a las condiciones hidromorfológicas (moderada - mala). La calidad biológica (ABI) en el punto QSupa3 presentó una calidad biológica pésima en época húmeda y moderada en época seca.



↑

Handwritten notes in blue ink on the left margin, including a vertical line and some illegible characters.



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

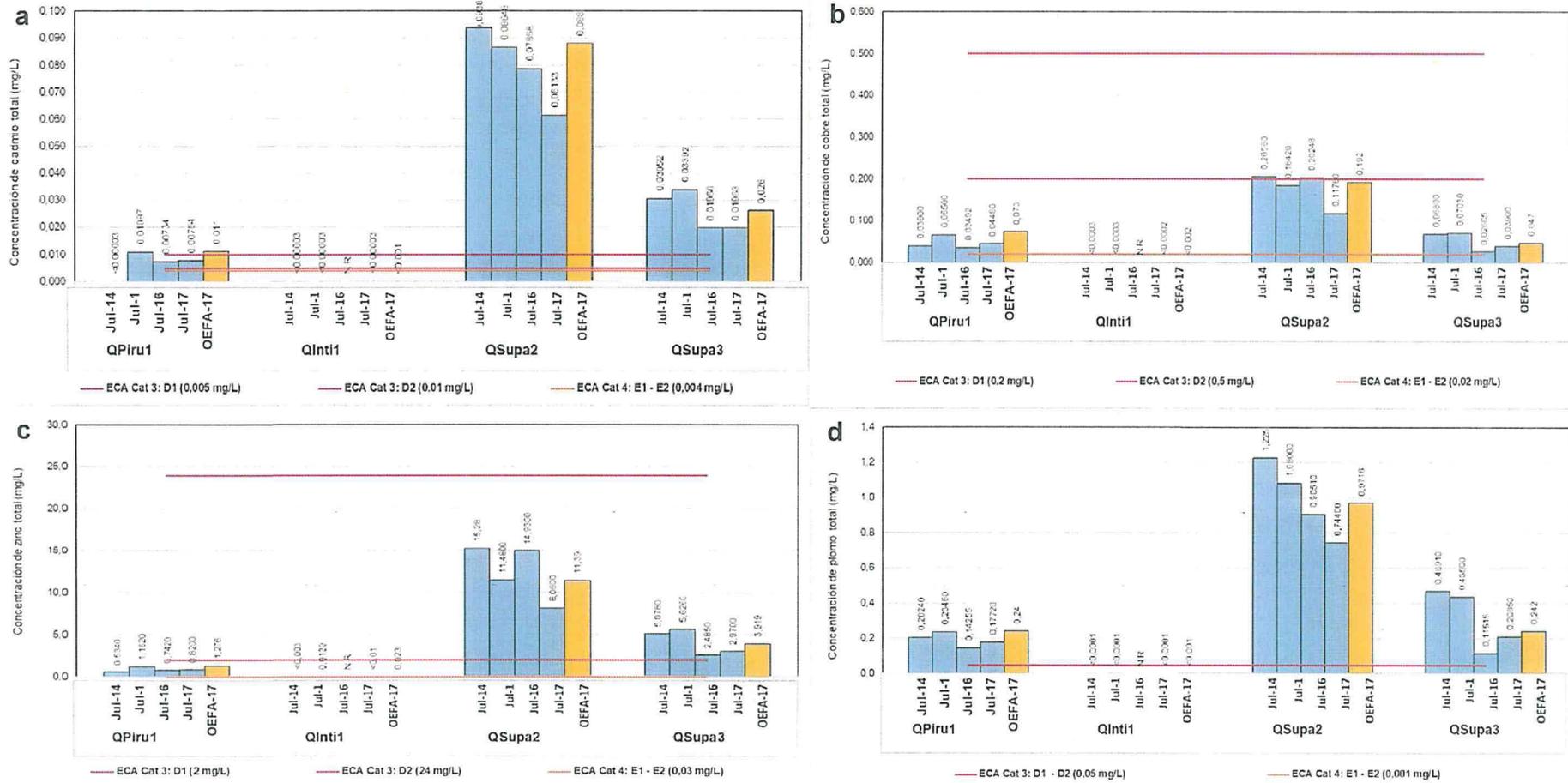


Figura 8-14. Comparación de los resultados reportados por el administrado y por el OEFA respecto a la concentración de a) cadmio, b) cobre, c) cinc, y d) plomo en los puntos QPiru1, Qinti1, QSupa2 y QSupa3; en época seca durante los años 2014-2017



Handwritten signature and date: 19/08/17



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»

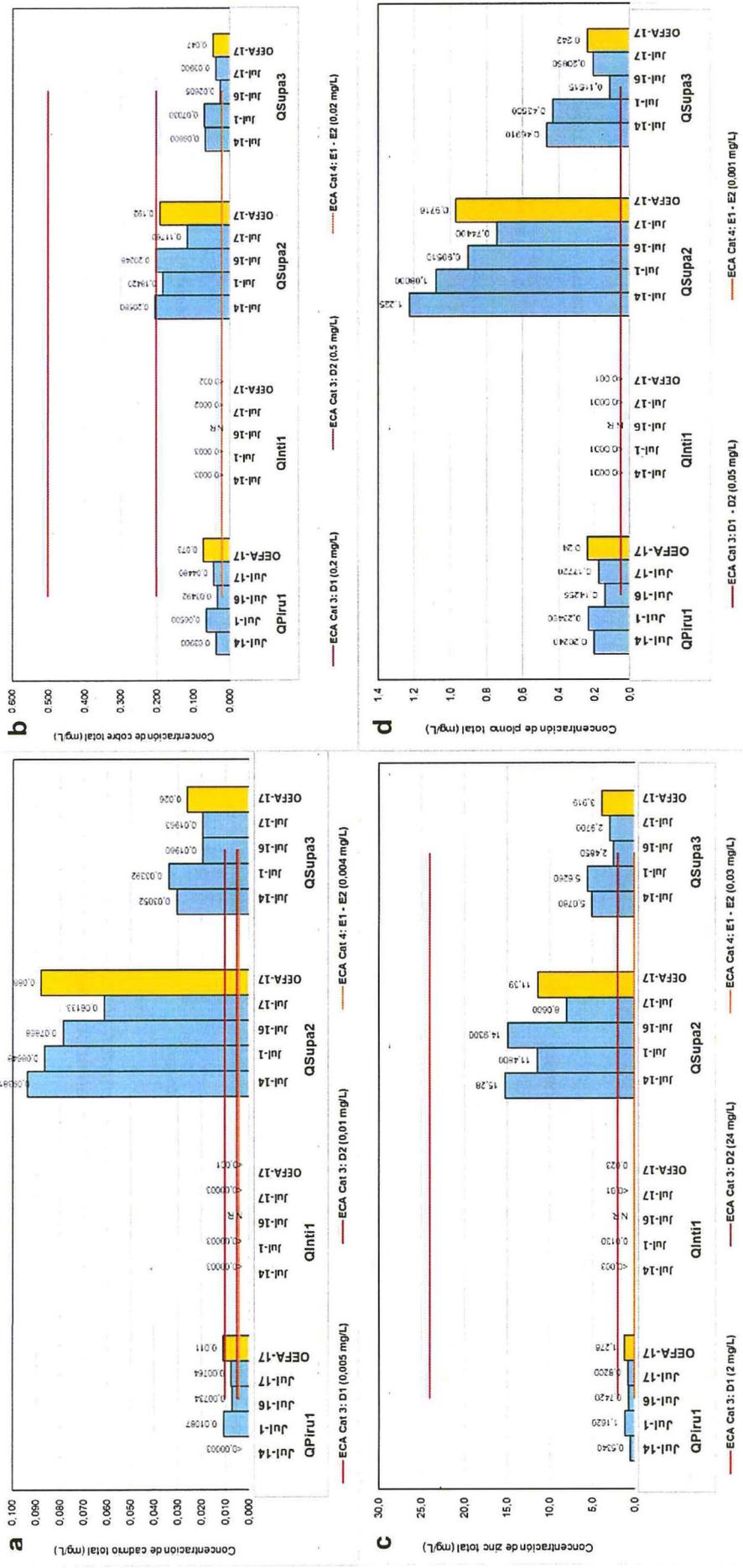


Figura 8-15. Comparación de los resultados reportados por el administrado y por el OEFA respecto a la concentración de a) cadmio, b) cobre, c) zinc y d) plomo en los puntos QPIru1, QInti1, QSupa2 y QSupa3; en época húmeda durante los años 2014-2017





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

8.1.2. Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (zona II)

La microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa comprende a la laguna Cochapata, las quebradas Collpamayo, Minacucho y Sillacoto, los ríos Chacaconiza y Jarapampa; donde se evaluaron la calidad del agua (superficial y subterránea⁵²), sedimento, y estudios especializados (comunidades hidrobiológicas, caracterización geológica e hidroquímica).

La distribución de los puntos de muestreo se observa en la Figura 8-16, donde la evaluación se realizó en los meses de julio 2017 (en adelante, época seca) y febrero 2018 (en adelante, época húmeda).

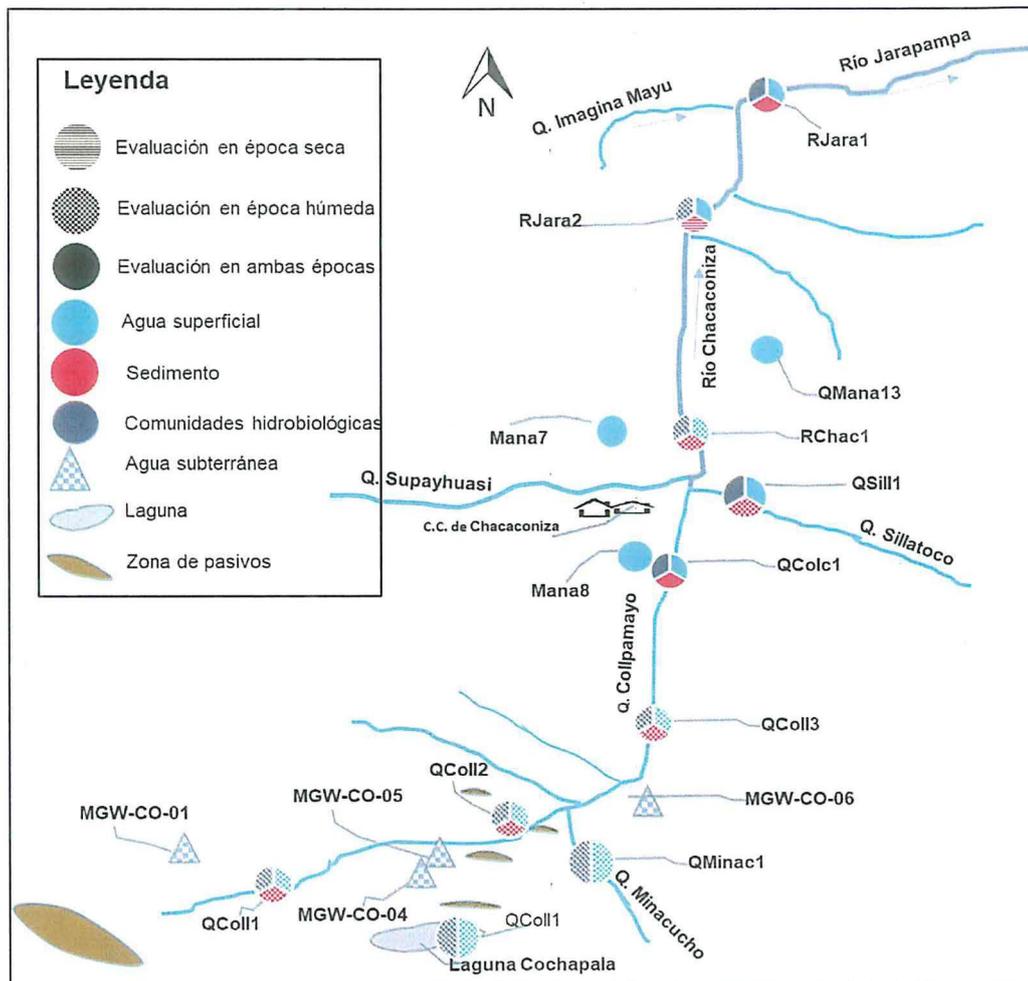


Figura 8-16. Esquema de distribución de puntos de muestreo en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, en épocas húmeda y seca



Vertical handwritten text on the left margin, possibly a signature or reference code.

52 Comprende la evaluación de piezómetros y manantiales.



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

Las Figuras 8-17 y 8-18 muestran los parámetros que excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4; asimismo, en agua subterránea (piezómetros) y manantiales la comparación fue de manera referencial⁵³.

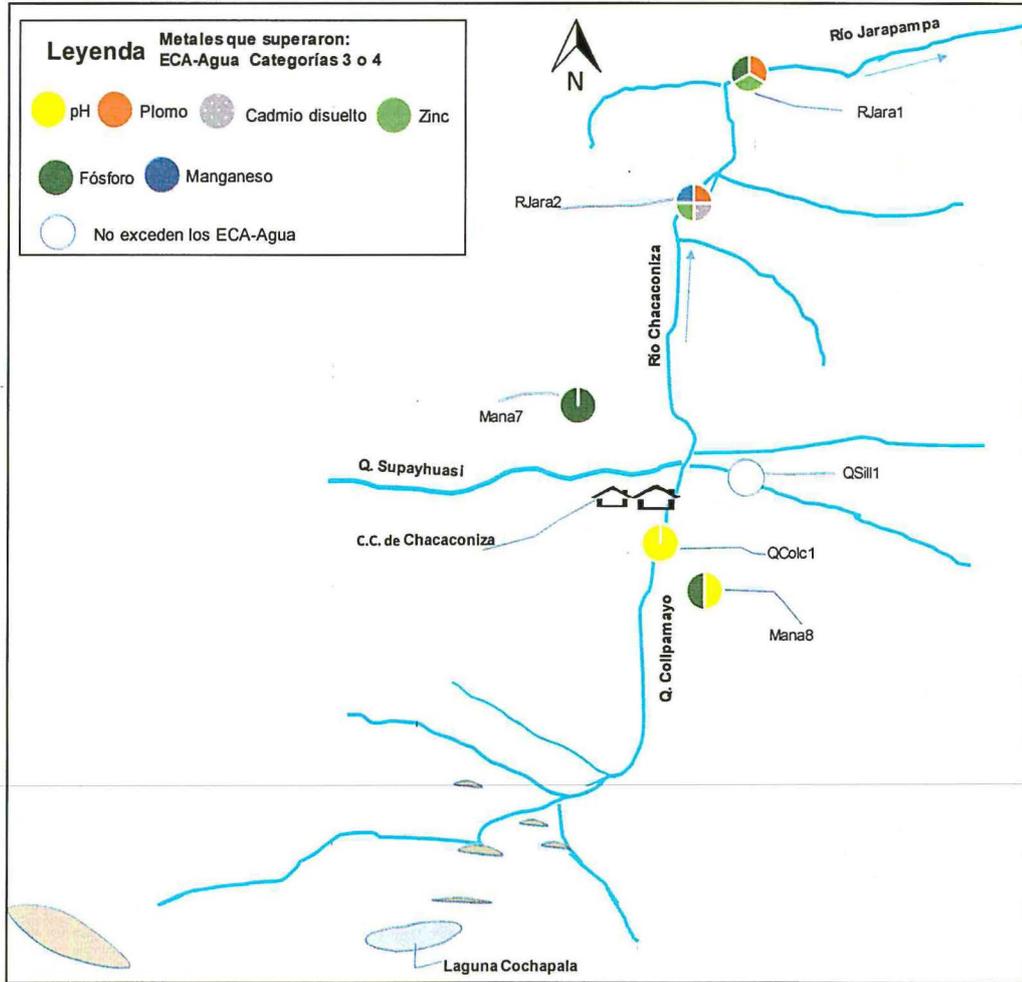


Figura 8-17. Puntos que exceden los ECA para agua en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, en época seca



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

⁵³ Cabe señalar que, los valores de oxígeno disuelto registrados en las aguas subterráneas, presentaron valores por debajo de los ECA para agua, que corresponden a condiciones naturales.



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

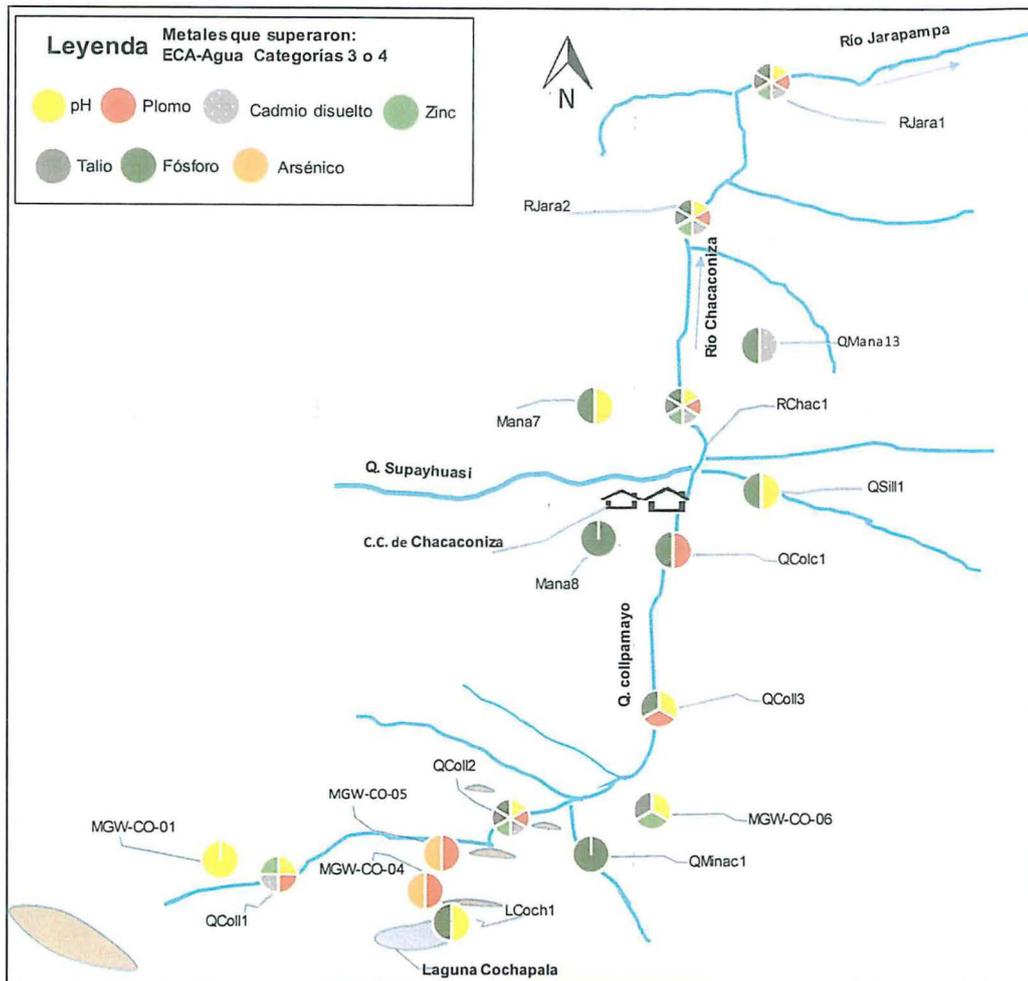


Figura 8-18. Puntos que exceden los ECA para agua en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, en época húmeda

Las unidades litoestratigráficas predominantes en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, corresponden a las rocas volcánicas de la Formación Quenamari-miembros Chacaconiza y Sapanuta; sin embargo, en ambas márgenes de la quebrada Collpamayo afloran lutitas del grupo Mitu y areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani, además de cuerpos subvolcánicos de Cayo Orco y Huaña que cortan a las unidades antes mencionadas. Adicionalmente se observan terrazas aluviales en el fondo de los valles, cuyos fragmentos volcánicos y sedimentarios son subredondeados y heterométricos, englobados en matriz arenosa.

En el cerro Cuello y Laguna Cochapata se ubican dos áreas mineralizadas de Au-Agy Sb respectivamente (líneas de color rojo), emplazado en rocas volcánicas en forma de vetas irregulares, acompañado de minerales con contenido de Si, Ba y Fe. Además, cabe precisar que en la naciente de la quebrada Collpamayo y en ambas márgenes del actual campamento existen pasivos ambientales (bocaminas, plataformas, trincheras, piques, zanja y depósitos de desmontes) producto de la actividad minera anterior al proyecto minero Corani (Figura 8-19).



Handwritten notes in blue ink on the left margin, including a vertical line and the letters 'H', 'A', 'P', 'D', 'E'.



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

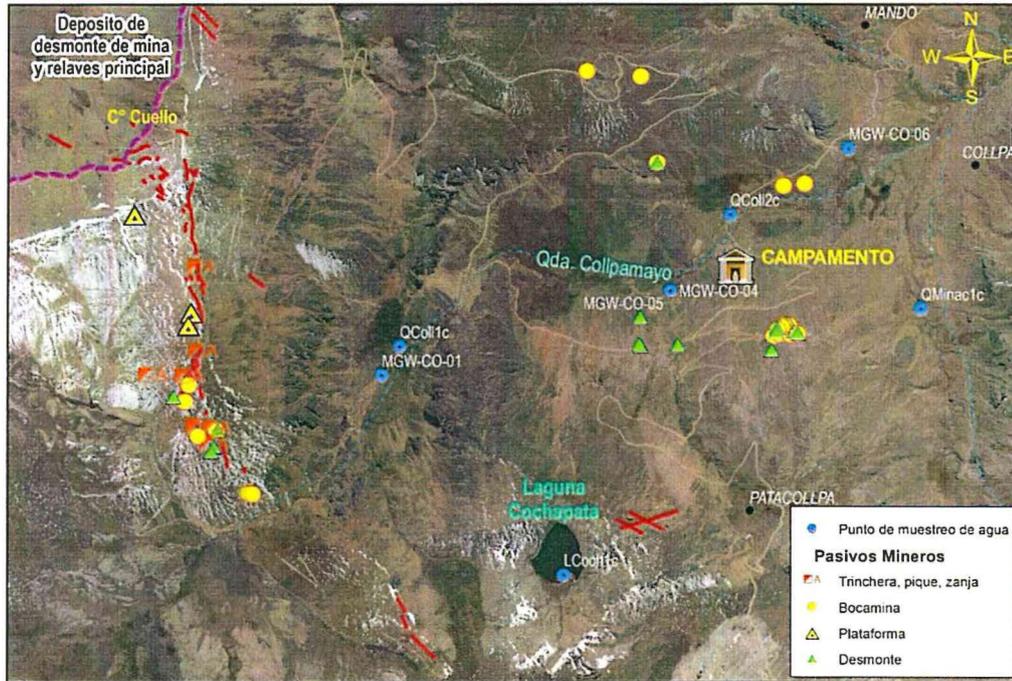


Figura 8-19. Ubicación de pasivos ambientales mineros y las zonas mineralizadas

Las características geoquímicas fueron determinadas en función a la base de datos litogeoquímica de INGEMMET, en la cual indica que existen concentraciones elevadas de As, Sn, Ba, Cr, Rb, Zn y U en los miembros Chacacuniza y Sapanuta; y As, Sn, Rb, U y Ga en los subvolcánicos Cayo Orco y Huaña con respecto a los valores de corteza continental propuesto por Rudnik (1995), sin embargo, cabe precisar que estos elementos se encuentran en la estructura mineral de las rocas frescas (sin alteración).

En la dirección sureste de la naciente de la quebrada Collpamayo, a una altitud aproximada de 5100 m s.n.m. se ubica la laguna Cochapata (LCoCh1), que registró pH ligeramente ácido (6,01) y concentración de fósforo que incumplieron el ECA para agua Cat3 o Cat4 en época húmeda; además, presentó facies sulfatadas cálcicas según el diagrama de Piper, y de acuerdo al diagrama de Ficklin se clasificó como aguas casi neutras con bajas concentraciones de metales. Además, al comparar los resultados con la línea de base (MWQ-CO-01) de los años 2014 al 2017, se observa un comportamiento similar en ambas épocas (Figuras 8-24 y 8-25)

En la quebrada Collpamayo, el punto QColl2 ubicado aguas abajo del punto QColl1 (ubicado en la naciente) presentó una disminución en los valores de pH de 4,37 a 4,24 y un incremento de las concentraciones de plomo, talio, zinc y cadmio con respecto al punto QColl1; cabe señalar, que los parámetros mencionados incumplieron los ECA para agua Cat3 o Cat4, debido a la presencia de pasivos ambientales mineros⁵⁴ en la zona (Figura 8-20). Asimismo, las aguas se clasificaron como sulfatadas mixtas (cálcicas sódicas), y según el diagrama de Ficklin presentaron aguas ácidas con baja carga de metales.

Por otro lado, la concentración de arsénico se incrementó en el punto SED-QColl2 con respecto al punto SED-QColl1; ambos puntos superaron los valores PEL de la CEQG. Con relación a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos el punto HID-QColl2

⁵⁴ Segundo Informe Técnico Sustentatorio del proyecto Corani, aprobado mediante Resolución Directoral N.º 340-2017-SENACE/DCA, con fecha 02 de noviembre de 2017.

Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a circular stamp from the OEFA.



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

registró una disminución de riqueza de taxones y un incremento en la abundancia de organismos de las familias Glossiphoniidae y Muscidae, y de los órdenes Ephemeroptera y Trichoptera; por otro lado, se observa una disminución de organismos de la clase Oligochaeta y de la familia Chironomidae, con respecto al punto HID-Coll1. Esto facilitado por las condiciones de aguas rápidas y una mayor disponibilidad de microhábitats por un buen estado en la condición de la zona de ribera, lo cual se refleja en una calidad hidromofológica moderada.

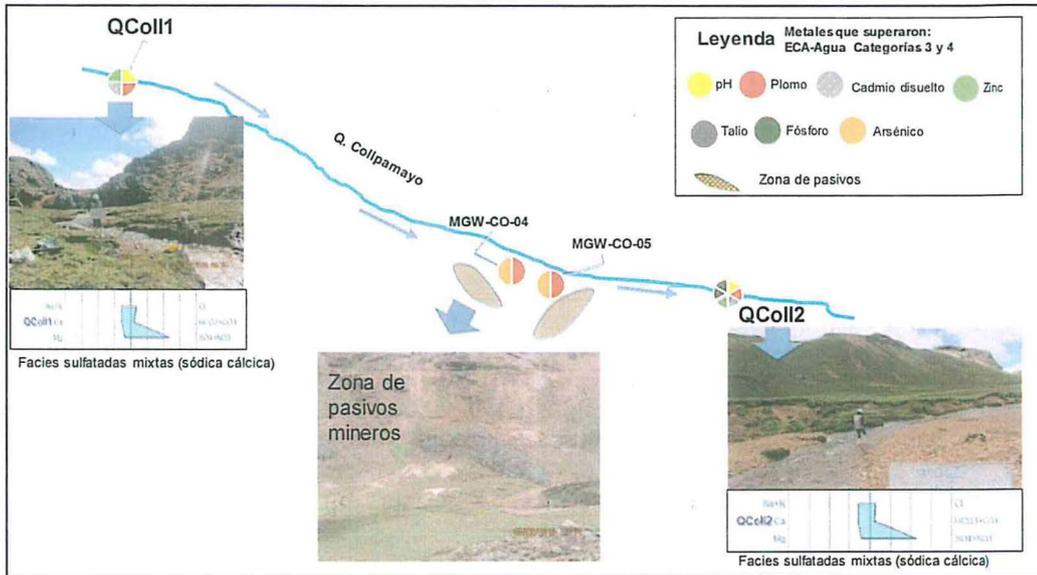


Figura 8-20. Ubicación de los puntos MGW-CO-04, MGW-CO-05, QColl1 y QColl2

El punto QColl3 en comparación con el punto QColl2, registró un aumento en el valor de pH y una disminución en la concentración de metales; solo registrándose incumplimiento de los ECA para agua Cat3 o Cat4 en los parámetros pH, fósforo y plomo; asimismo, presentó facies cálcicas mixtas (bicarbonatadas sulfatadas), que según el diagrama de Fickin se clasificaron como aguas casi neutras con bajo contenido de metales. Por otro lado, la concentración de arsénico disminuyó en el punto SED-QColl3 con respecto al punto SED-QColl2 (Figura 8-21). El cambio de la calidad del agua y sedimento entre estos dos puntos se debería al aporte de la quebrada Minacucho (QMinac1), que presentó facies del tipo bicarbonatadas mixtas (cálcico sódico), donde únicamente la concentración de fósforo excedió el estándar mencionado. Además, al comparar los resultados con la línea de base QColl2 (MWQ-CO-02) y QColl3 (MWQ-CO-05) de los años 2014 al 2017, se observa un comportamiento similar en ambas épocas (Figuras 8-24 y 8-25).



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a vertical list of characters and a signature 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»

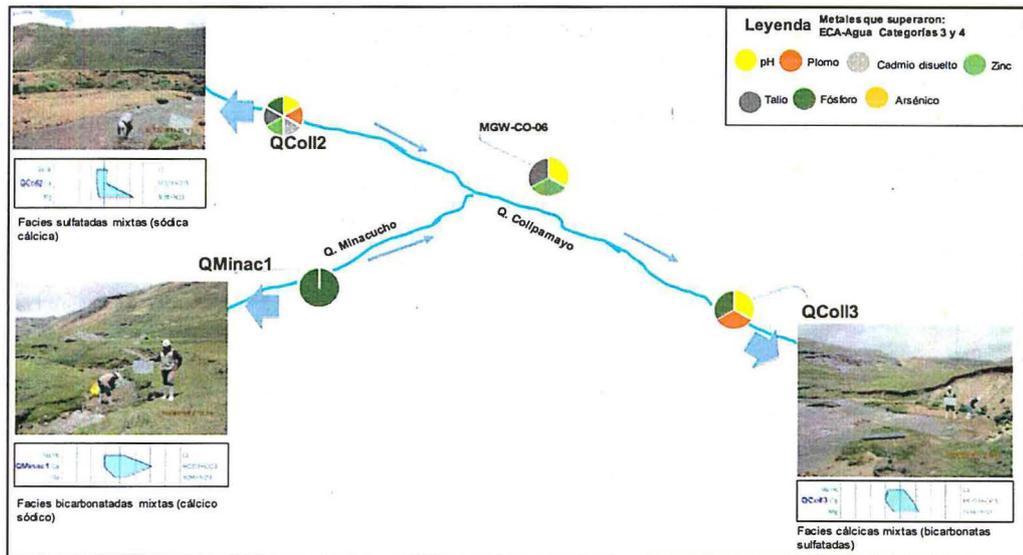


Figura 8-21. Ubicación de los puntos MGW-CO-06, QColl2 y QColl3

El río Chacaconiza (RChac1), que se forma de la unión de las quebradas Collpamayo (QColc1), Sillatoco (QSill1) y Supayhuasi (QSupa3), registró disminución de pH (5,83) y concentraciones de fósforo, plomo, talio, zinc y cadmio disuelto con respecto al punto QSupa3 que excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4 (época húmeda); además presentó facies sulfatadas mixtas (sódicas cálcicas) al igual que el punto QSupa3; mientras que los puntos QColc1 y QSill1 presentaron facies sulfatadas cálcicas y bicarbonatadas mixtas (cálcicas sódicas), respectivamente (Figura 8-22). De acuerdo al diagrama de Ficklin, los puntos QColc1, QSill1 y RChac1 se clasifican como aguas casi neutras con baja carga de metales a diferencia del punto QSupa3 que se clasifica como aguas casi neutras con alta carga de metales. Cabe precisar que, al comparar los resultados con la línea de base RChac1 (MWQ-CO-13) del 2014 al 2017, se observó un comportamiento similar en época húmeda (Figuras 8-25).

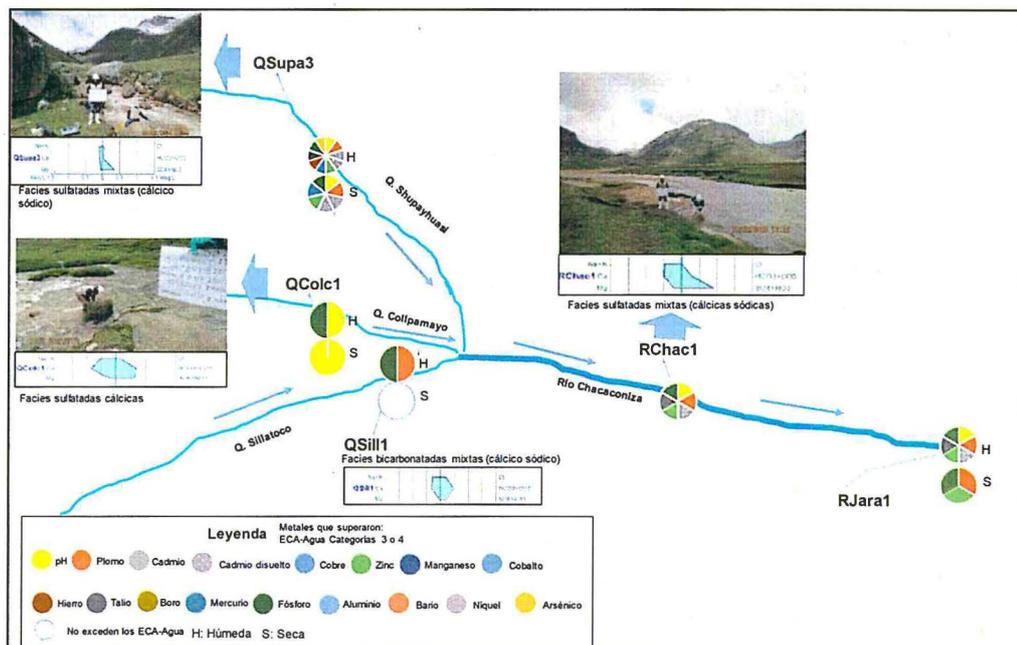


Figura 8-22. Ubicación de los puntos QColc1, QSill1 y RChac1



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



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

El río Jarapampa (RJara1) formado por la confluencia del río Chacaconiza (RJara2) y la quebrada Imaginamayu (QImag4), presentó un incremento en el valor de pH 7,61 (época seca) y 6,16 (época húmeda), con una disminución de las concentraciones de fósforo, plomo, talio, zinc y cadmio disuelto que excedieron los valores de los ECA para agua Cat3 o Cat4 con respecto al río Chacaconiza (RJara2) para la época húmeda, esto se debe al aporte de la quebrada Imaginamayu (QImag4), donde únicamente la concentración de fósforo excedió el estándar mencionado en ambas épocas. Además, al comparar los resultados con la línea de base RJara1 (WQ-CO-23) y RJara2 (MWQ-CO-14) del 2014 al 2017, se observó un comportamiento similar en ambas épocas (Figuras 8-24 y 8-25). Asimismo, los puntos RJara1 y RJara2 presentaron facies sulfatadas mixtas (cálcicas sódicas), a diferencia del punto QImag4 que presentó facies bicarbonatadas sódicas; y de acuerdo al diagrama de Ficklin los tres puntos se clasifican como aguas casi neutras con baja carga de metales (Figura 8-23).

Con relación a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto HID-RJara1 se registró una baja abundancia en ambas épocas, lo cual estaría relacionado a las condiciones de corriente rápida, dificultando el asentamiento de estos organismos en el lecho del río, principalmente en época húmeda debido al incremento del caudal. Por otro lado, la calidad biológica ABI y calidad hidromorfológica fueron moderadas en ambas épocas. Es importante mencionar que las concentraciones de arsénico (épocas húmeda y seca) y plomo (época húmeda) en sedimento superaron el valor referencial PEL de la CEQG.



Handwritten notes in blue ink, including a vertical list of numbers: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50.

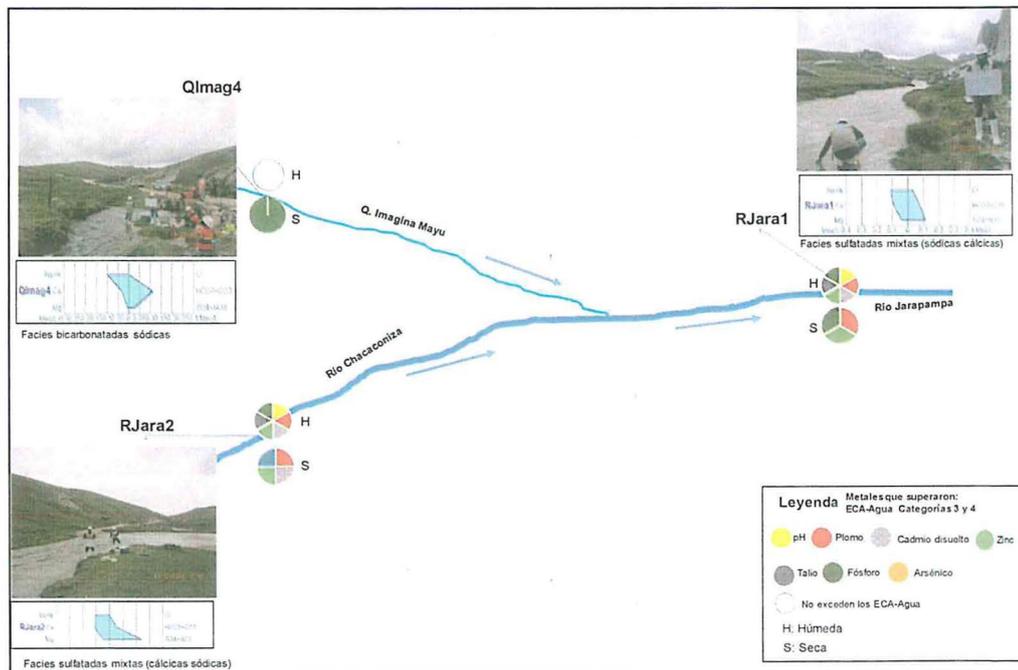


Figura 8-23. Ubicación de los puntos RJara1 y RJara2

En la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa se evaluaron dos manantiales: Mana7 y Mana13, ubicados a 900 y 500 m del río Chacaconiza (RChac1) respectivamente. El punto Mana7 presentó valores de pH ligeramente ácidos (época seca y húmeda) y concentración de fósforo (época húmeda) que incumplieron los ECA para agua Cat3 o Cat4; mientras que, el punto Mana13 registró concentraciones de fósforo y cadmio disuelto (época húmeda) que incumplieron los estándares referidos.



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

Estos puntos presentaron facies bicarbonatadas sódicas y según el diagrama de Ficklin se clasificaron como aguas casi neutras con baja carga de metales.

Las aguas subterráneas en los puntos MGW-CO-01, MGW-CO-04, MGW-CO-05 y MGW-CO-06, evaluados en época húmeda, presentaron facies sulfatadas mixtas (sódicas cálcicas), bicarbonatadas mixtas (cálcicos sódicos), sulfatadas cálcicas y sulfatadas mixtas (sódica cálcica), respectivamente, y de acuerdo al diagrama de Gibbs el punto MGW-CO-01 se ubica la zona de evaporación (flujo local) y los puntos MGW-CO-04, MGW-CO-05 y MGW-CO-06 se ubicaron en la zona de interacción agua-roca; así también, estos puntos registraron valores de pH 6,37, 7,27, 6,63 y 5,36, respectivamente. De igual manera, las concentraciones de talio y zinc (MGW-CO-06), arsénico y plomo (MGW-CO-04 y MGW-CO-05) y fósforo (MGW-CO-01), incumplieron de manera referencial los ECA para agua Cat3 o Cat4. Finalmente, de acuerdo al diagrama de Ficklin los puntos mencionados se clasifican como aguas casi neutras con baja carga de metales.



↑

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



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»

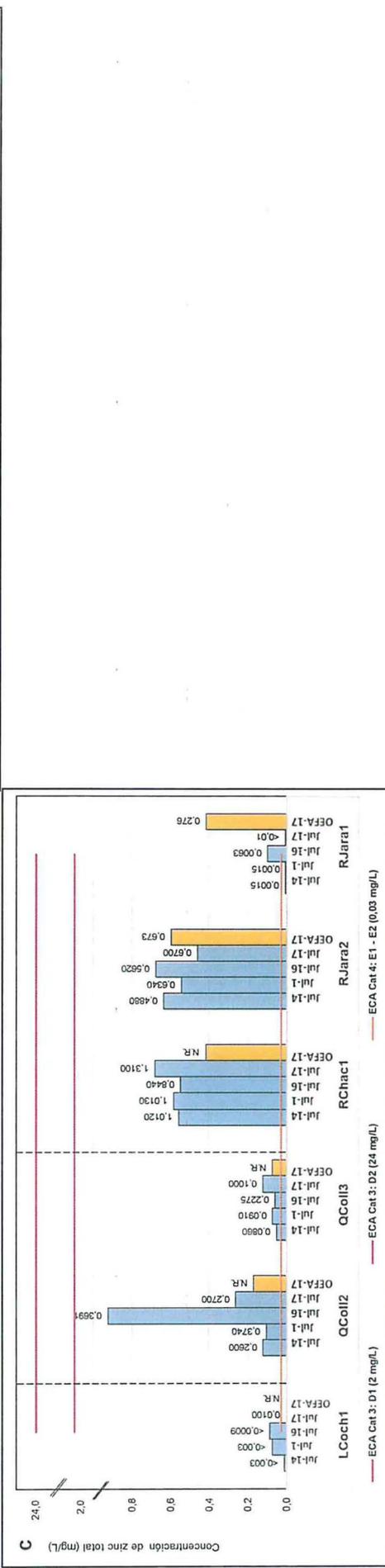
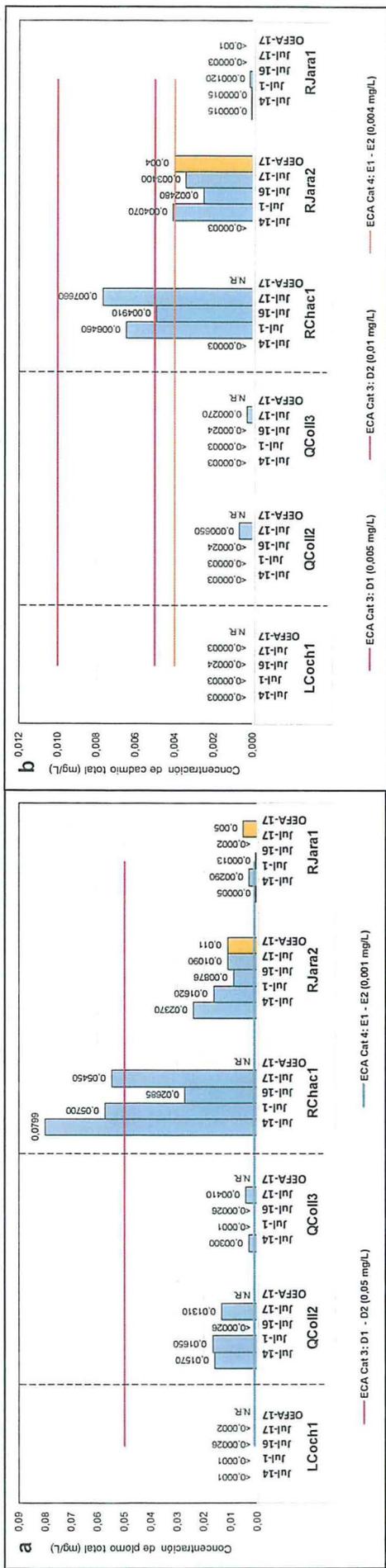


Figura 8-24. Comparación de los resultados reportados por el administrado y por el OEFA respecto a la concentración de a) plomo, b) cadmio y c) zinc en los puntos LCocho, QColl2, QColl3, RChac1, Rjara2 y Rjara1; en época seca durante los años 2014-2017

Handwritten signatures and initials in blue ink.



PERU

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»

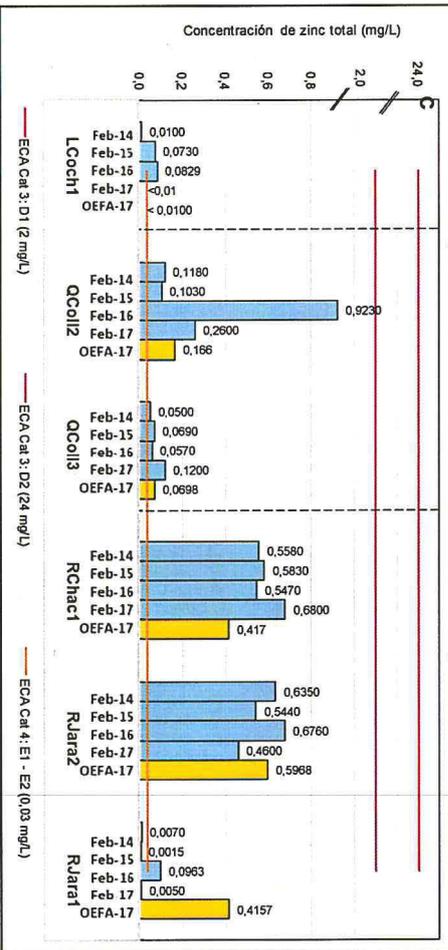
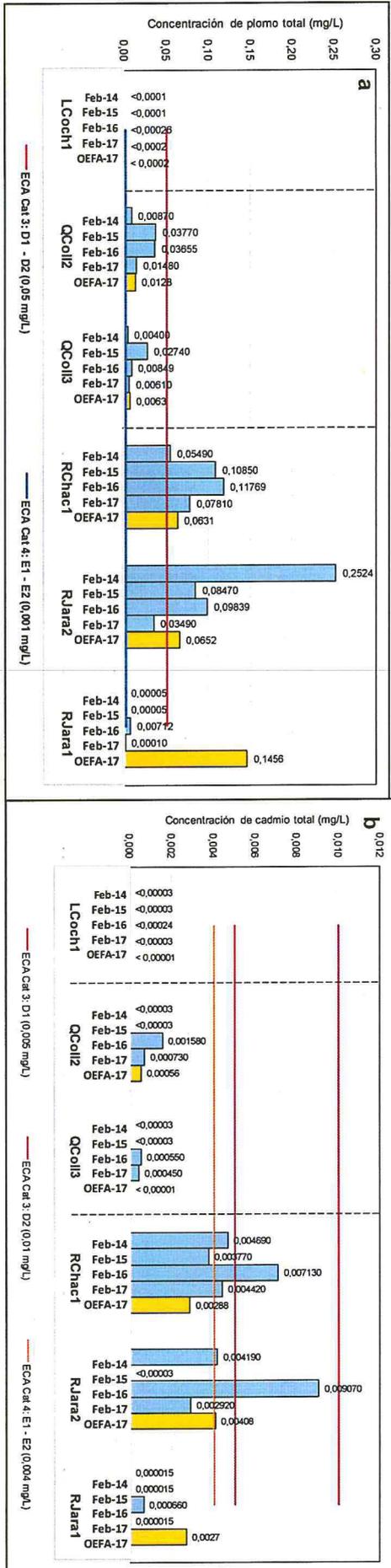


Figura 8-25. Comparación de los resultados reportados por el administrado y por el OEFA respecto a la concentración de a) plomo, b) cadmio, c) zinc en los puntos LCoch, QCoil2, QCoil3, RChac1, Rlaraz2 y Rlarat1 en época húmeda durante los años 2014-2017



Handwritten signatures and initials at the top of the page.



8.1.3. Microcuenca Imaginamayu (zona III)

La microcuenca Imaginamayu comprende las quebradas Imaginamayu y Pausicucho, así como la laguna Chullumpicocha; además de, los bofedales sin nombre, Negromina y Sornahuiña. En estos cuerpos de agua se evaluaron la calidad del agua superficial, sedimentos, y estudios especializados (comunidades hidrobiológicas, caracterización geológica e hidroquímica).

La distribución de los puntos de muestreo se observa en la Figura 8-26, donde la evaluación se realizó en épocas seca y húmeda. Asimismo, las Figuras 8-27 y 8-28 muestran los parámetros que excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4.

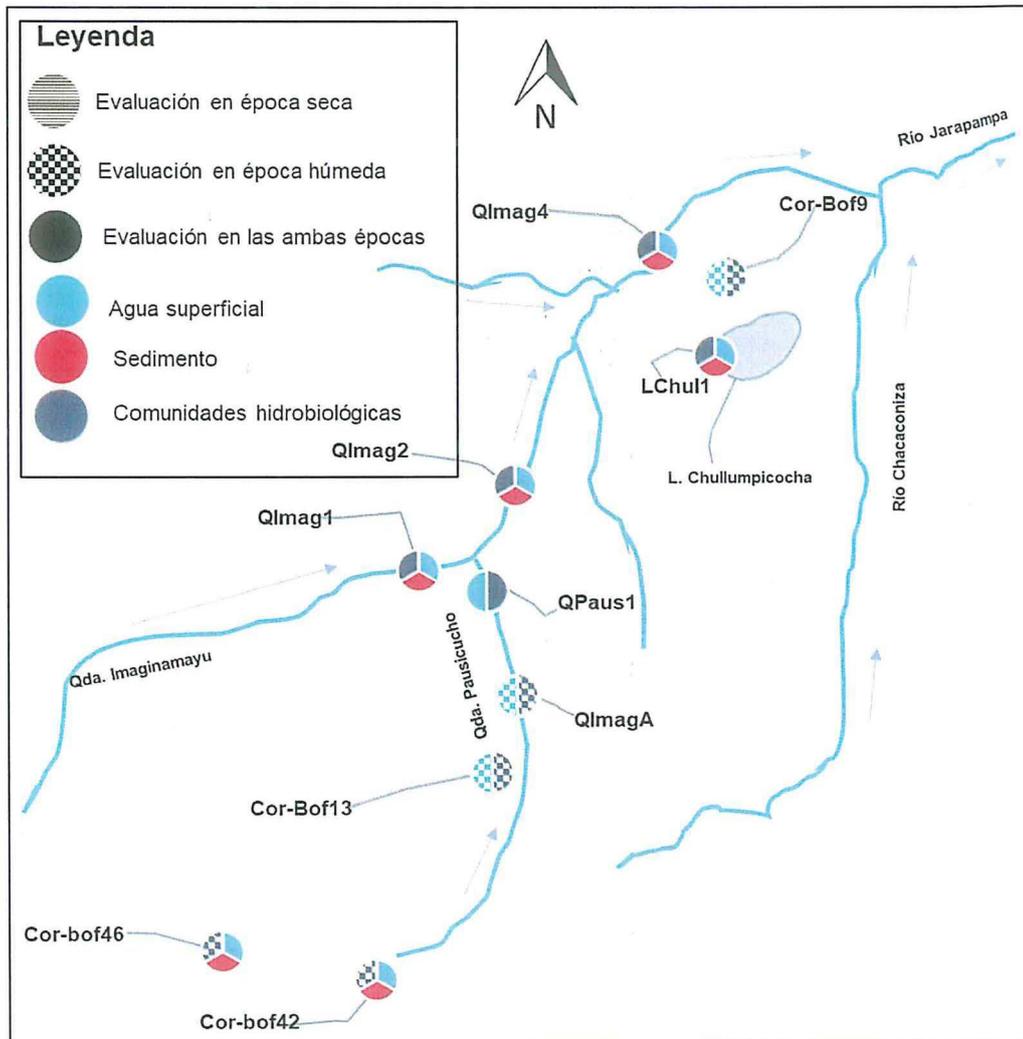


Figura 8-26. Esquema de distribución de puntos de muestreo en la microcuenca Imaginamayu, en épocas húmeda y seca



Vertical handwritten text on the left margin: "NOVA S.A. D. C."



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

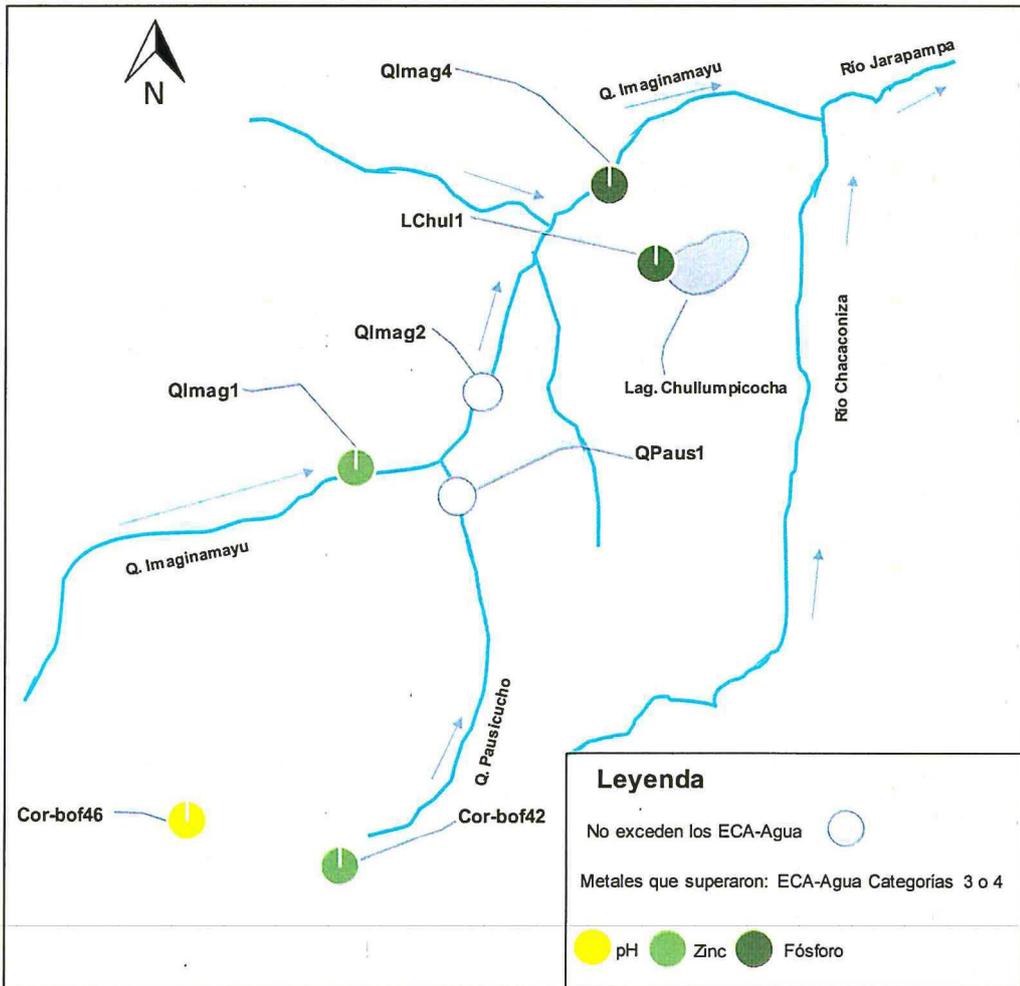


Figura 8-27. Puntos de muestreo que exceden los ECA para agua en la microcuenca Imaginamayu, en época seca



Vertical handwritten text on the left margin, possibly a signature or date.



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

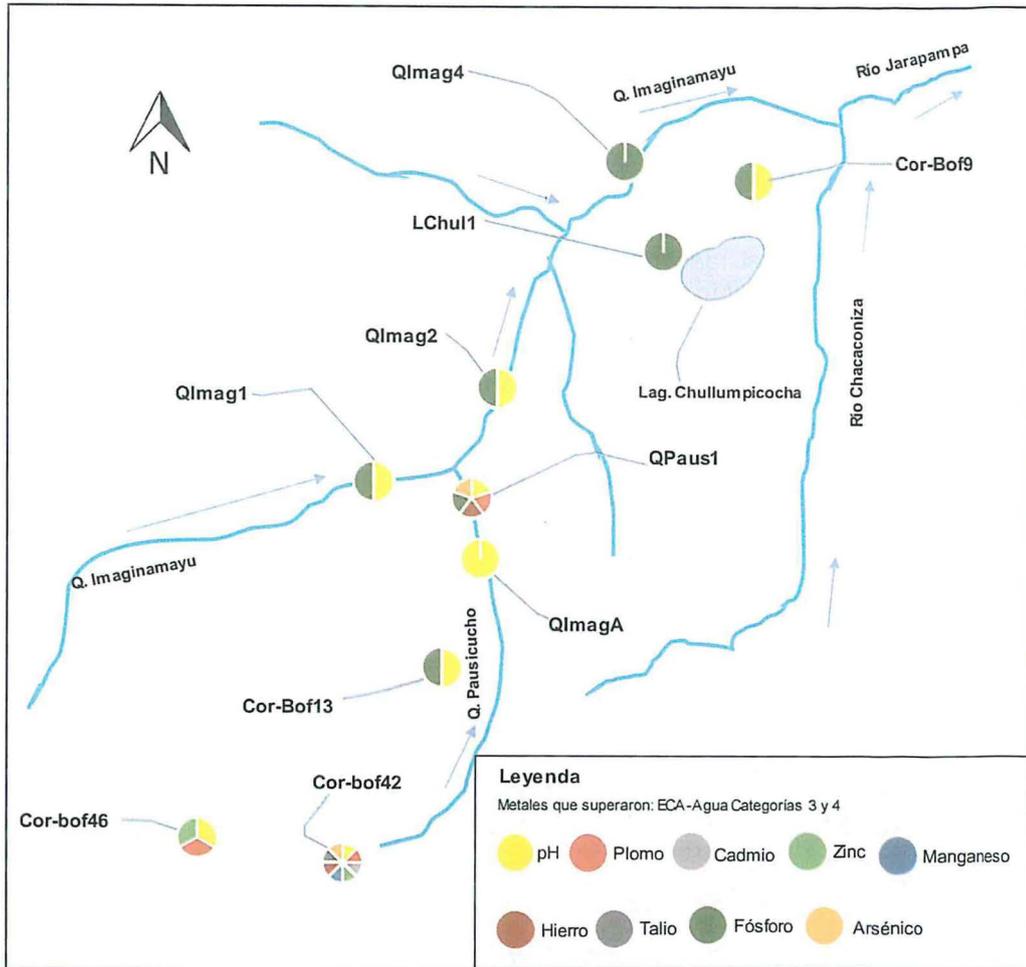


Figura 8-28. Puntos de muestreo que exceden los ECA para agua en la microcuenca Imaginamayu, en época húmeda

Las unidades litoestratigráficas predominantes en la microcuenca Imaginamayu, corresponden a las rocas volcánicas de la Formación Quenamari-Miembro Sapanuta (Nm-qu/sa), la cual consiste en secuencias gruesas de tobas de cristales de estructura columnar y que al erosionarse genera relieves abruptos (escarpas rocosas) a manera de «bosques de rocas»⁵⁵; asimismo, en las partes altas del cerro Conchaloma se tienen tobas blancas de lapilli de composición riolíticas del Miembro Yapamayo, y en el fondo de los valles se observa depósitos aluviales recientes (terrazas) y depósitos biogénicos (bofedales) compuesto por fragmentos volcánicos subredondeados, englobados en matriz arenolimosa.

La composición geoquímica de estas rocas volcánicas presenta valores de As, Be, Sn, Mo, Zn, Rb, Th, U y Ga que superan a los valores de la corteza continental (Rudnick, 1995), lo cual se correlaciona con la asociación de minerales en condiciones félsicas (rocas frescas sin alteración).

La calidad del agua en los puntos Cor-bof42 y Cor-bof46, ubicados en la naciente de la quebrada Imaginamayu, presentaron valores de pH 5,66 y 5,68 (época húmeda)

⁵⁵ Resolución Directoral N° 340-2017-SENACE/DCA, Segundo Informe Técnico Sustentario para cambios menores al EIA-d para explotación y beneficio minero del proyecto Corani



Handwritten signature and notes on the left margin.



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

respectivamente; las condiciones ácidas, según Humberto *et al.*, 2001⁵⁶, se debería al lavado que sufren los bofedales; lo cual está asociado a suelos orgánicos (Figura 8-29). El punto Cor-bof42 registró concentraciones de arsénico, cadmio, hierro, manganeso, zinc, plomo y talio (época húmeda) y de zinc (época seca), y el punto Cor-bof46 únicamente concentraciones de zinc y plomo (época húmeda) que excedieron los valores de los ECA para agua Cat3 o Cat4, al comparar los resultados de metales con la línea de base Cor-bof42 (MWQ-CO-09) del 2014 al 2017, las concentraciones de cadmio, cobre y zinc (época húmeda) fueron mayores a lo reportado por el administrado, cuyos resultados tuvieron un comportamiento homogéneo y el punto Cor-bof46 (MWQ-CO-08) del 2014 al 2017, las concentraciones de plomo y zinc (época seca) fueron mayores a lo reportado por el administrado, cuyos resultados tuvieron un comportamiento homogéneo (Figuras 8-31 y 8-32). Asimismo, ambos puntos presentaron facies bicarbonatadas sódicas. Con relación al sedimento en los puntos SED-Cor-bof42 y SED-Cor-bof46, estos presentaron comportamiento similar donde las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, cromo, plomo y zinc disminuyeron en época húmeda con respecto a la época seca; a excepción de mercurio en el punto SED-Cor-bof46 el cual registró un aumento, excediendo el valor ISQG de la CEQG.

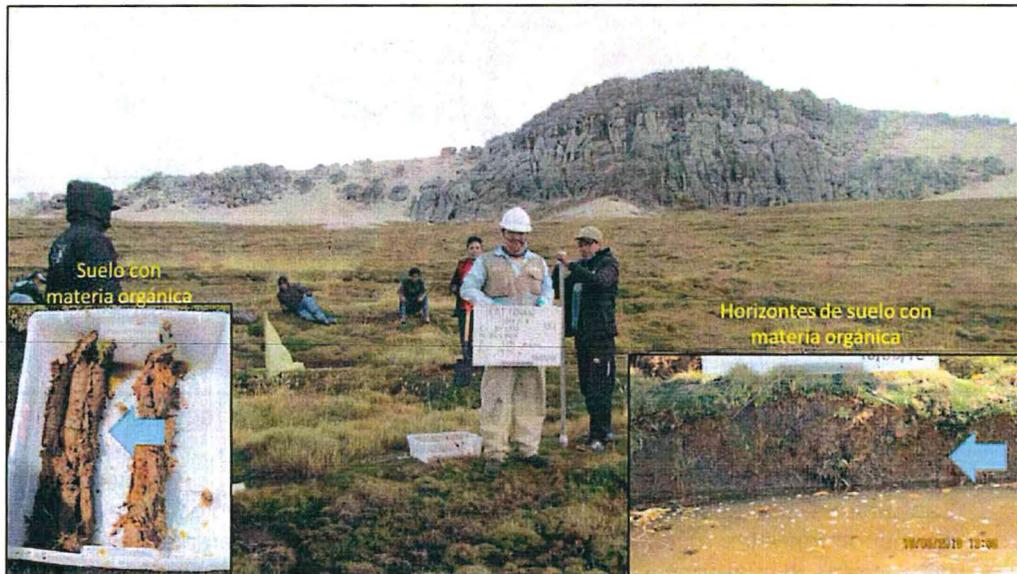


Figura 8-29. Suelos orgánicos en los bofedales en la microcuenca Imaginamayu

La quebrada Imaginamayu en los puntos QImag1 y QImag2, ubicados aguas arriba y abajo de la afluencia de la quebrada Pausicucho (QPaus1), presentaron concentraciones de fósforo (época húmeda) y de zinc (época seca) solo para el punto QImag1, que excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4, al comparar los resultados de metales con la línea de base QImag2 (WQ-CO-57) del 2014 al 2017, se observó un comportamiento similar en época húmeda y seca (Figuras 8-31 y 8-32). Asimismo, presentaron facies bicarbonatadas sódicas y según el diagrama de Ficklin se clasifican como aguas casi neutras con baja carga de metales. A pesar que la quebrada Pausicucho presentó concentraciones de arsénico, plomo, fósforo y hierro (época húmeda), estas no influyeron en la calidad del agua de la quebrada Imaginamayu (QImag2). Respecto a la calidad de sedimentos, época húmeda, el punto SED-

⁵⁶ Características y distribución de los bofedales en ámbito boliviano, asociación integral de ganaderos en camélidos de los andes altos, autoridad autónoma del Lago Titicaca (ALT)-Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), La Paz 2001



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»

QImag1 presentó concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, cromo, plomo y zinc, que no superan el valor ISQG de la CEQG, a excepción de arsénico (Figura 8-30).

Respecto a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, el punto HID-QImag2 presentó un incremento de organismos de los órdenes de Ephemeroptera y Trichoptera en ambas épocas, con respecto al punto HID-QImag1; así como un incremento de organismos del taxón *Macrelmis* sp., esto sugiere una mejora en la calidad del agua al ser estos taxones sensibles a condiciones de la alta carga orgánica. Cabe resaltar que, la quebrada Pausicucho (HID-QPaus1), presentó una composición comunitaria heterogénea en época seca; mientras que, en época húmeda se observó un incremento significativo en la abundancia del taxón tolerante *Cricotopus* sp., así como incremento de organismos de la clase Ephemeroptera y de la familia Elmidae, taxones sensibles y presentes en aguas bien oxigenadas. Esto sugiere una condición de calidad moderada, como así lo indica el índice biológico ABI.

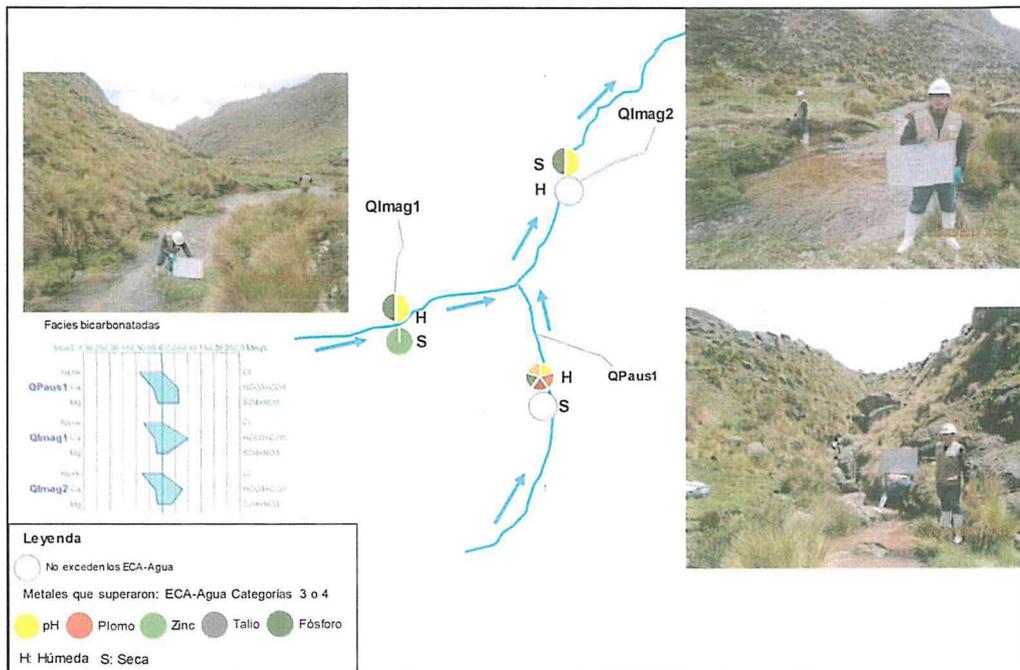


Figura 8-30. Quebradas Piruacarca en el punto QPiru1 e Imaginamayu en los puntos QImag1 y QImag2, ubicados en la microcuenca Imaginamayu

En la laguna Chullumpicocha (LChul1), predominó las facies bicarbonatadas sódicas en ambas épocas, donde los valores de los parámetros registrados cumplieron con los ECA para agua Cat3 o Cat4. Asimismo, al comparar los resultados de metales con la línea de base LChul1 (WQ-CO-25) del 2014 al 2017, se observó un comportamiento similar en época húmeda y seca (Figuras 8-31 y 8-32).



H
O
Y
A
pe
ch.
D.
E



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»

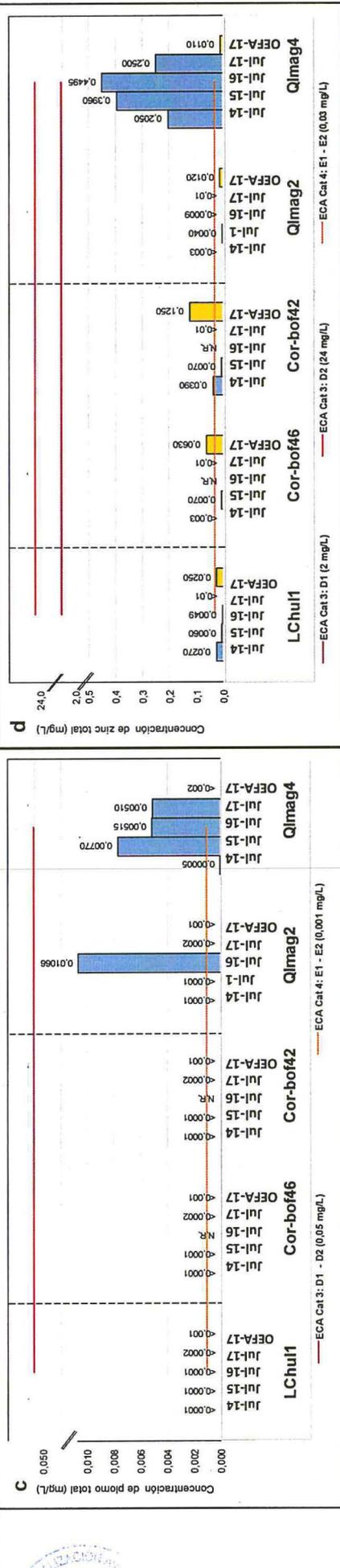
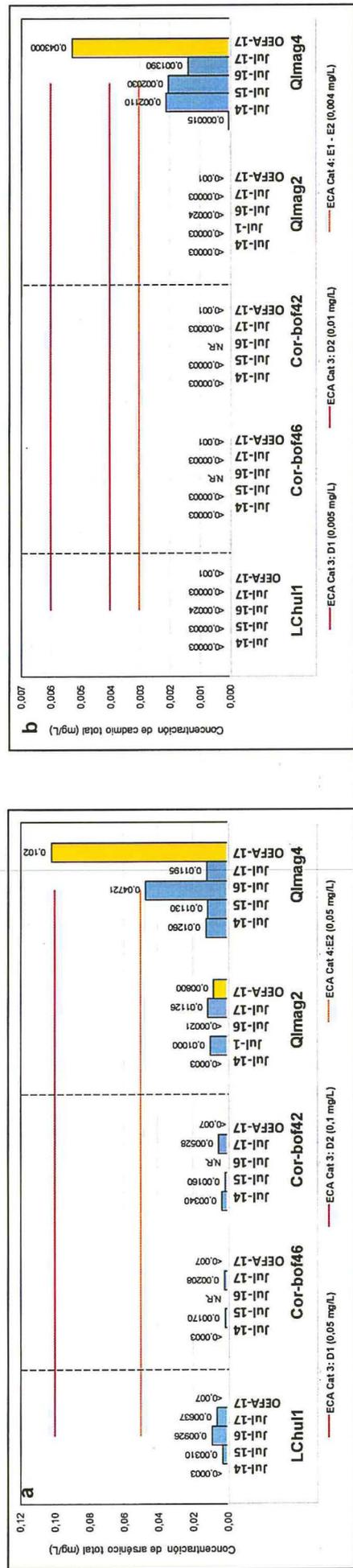


Figura 8-31. Comparación de los resultados reportados por el administrado y por el OEFA respecto a la concentración de a) arsénico, b) cadmio, c) plomo y d) zinc, en los puntos LChul1, Cor-bof42, Cor-bof46, QImag2 y QImag4; en época seca durante los años 2014-2017



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»

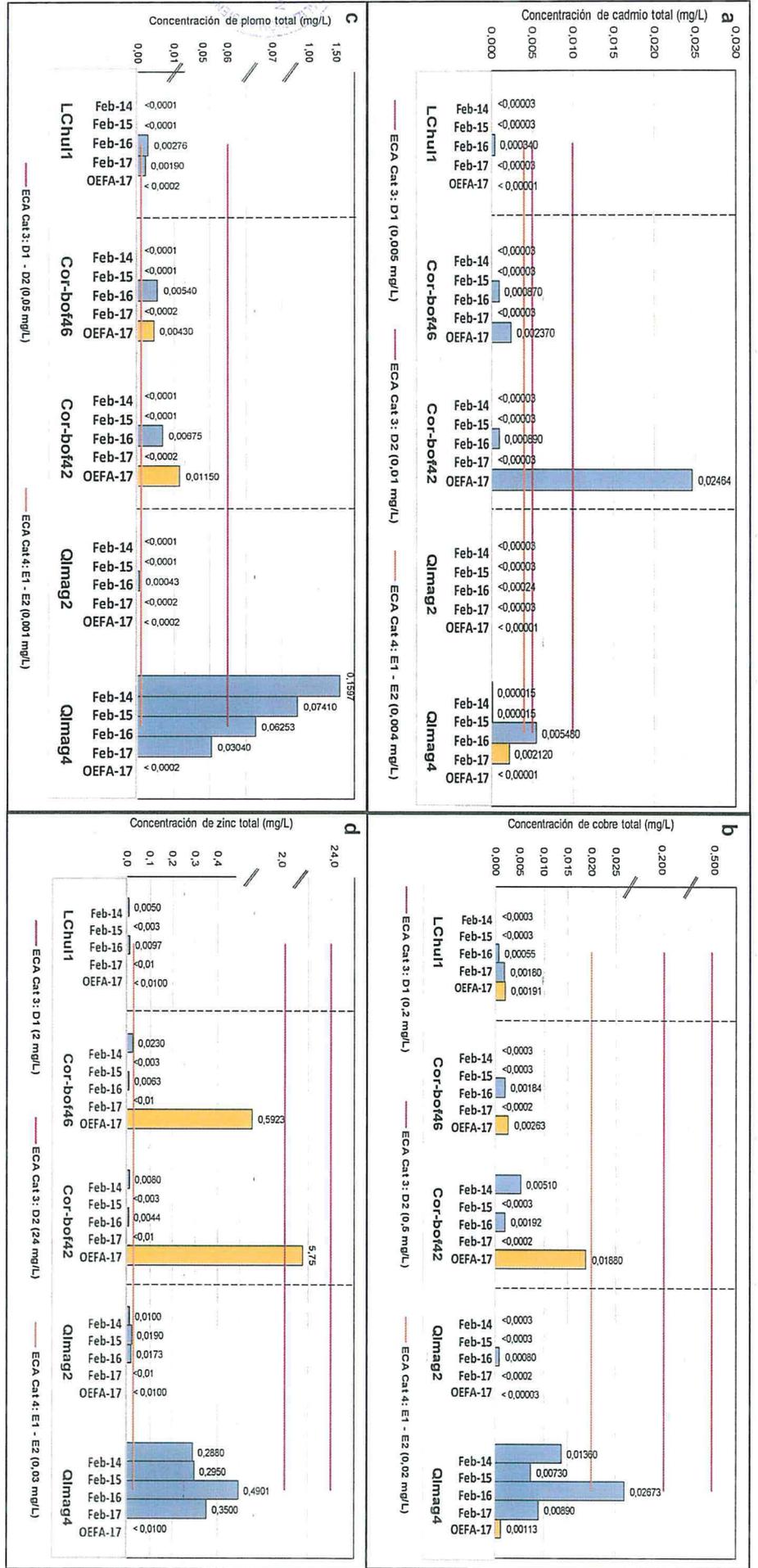


Figura 8-32. Comparación de los resultados reportados por el administrado y por el OEFA respecto a la concentración de a) cadmio, b) cobre, c) plomo y d) zinc, en los puntos LChul1, Cor-bofa2, Cor-bofa6, Qlimga2 y Qlimga4; en época húmeda durante los años 2014-2017



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

8.1.4. Microcuenca Quelcaya (zona IV)

La microcuenca Quelcaya comprende a las quebradas sin nombre, Simiaje, Quellopujio, Maijo Aje, Chaupitera, Misachancara, Sallapata y Silitoco; el río Quelcaya, así como manantiales, piezómetros (agua subterránea) y bofedales presentes en el área de estudio; donde se evaluaron la calidad del agua (superficial y subterránea⁵⁷), sedimento, y estudios especializados (comunidades hidrobiológicas, caracterización geológica e hidroquímica).

La distribución de los puntos de muestreo se observa en la Figura 8-33, donde la evaluación se realizó en época seca y época húmeda.

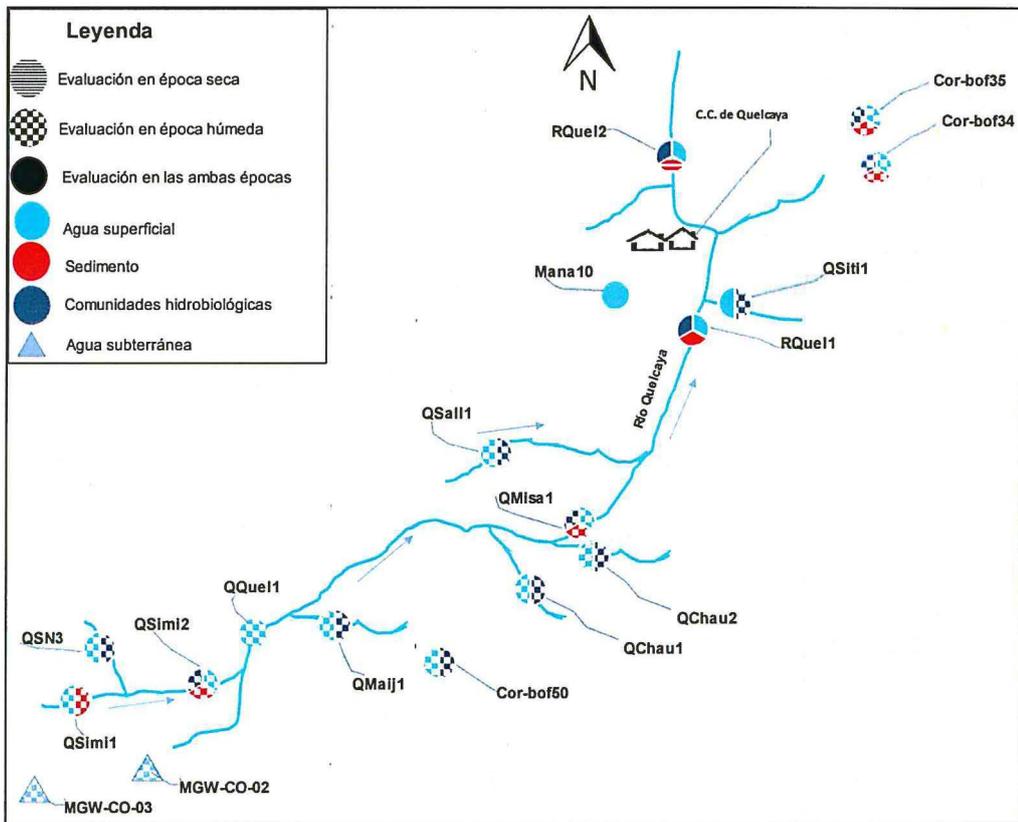


Figura 8-33. Esquema de distribución de puntos de muestreo en la microcuenca Quelcaya, en épocas húmeda y seca

Las Figuras 8-34 y 8-35 muestran los parámetros que excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4; asimismo, en agua subterránea (piezómetros) y manantiales la comparación fue de manera referencial⁵⁸.

⁵⁷

Comprende la evaluación de piezómetros y manantiales

⁵⁸

Cabe señalar que, los valores de oxígeno disuelto registrados en las aguas subterráneas, presentaron valores por debajo de los ECA para agua, que corresponden a condiciones naturales.



Vertical handwritten text on the left margin, possibly a signature or date.



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»

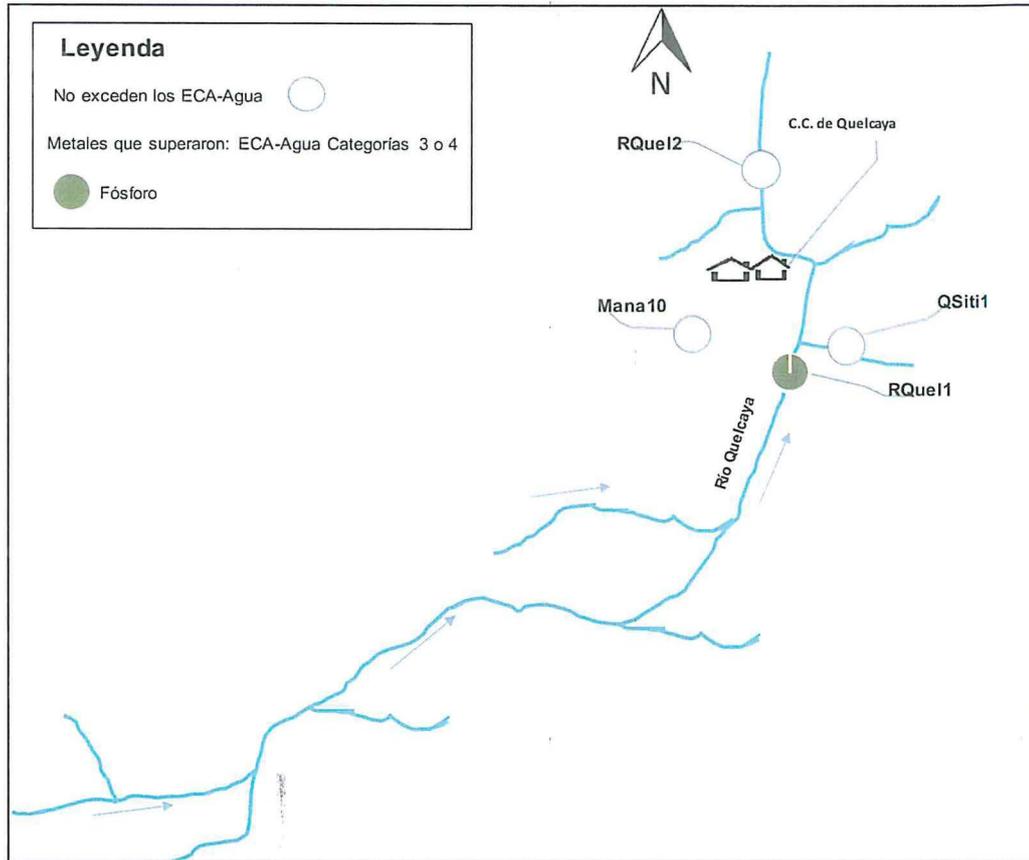


Figura 8-34. Esquema de distribución de puntos de muestreo que exceden los ECA para agua en la microcuenca Quelcaya, en época seca



Handwritten signature or notes in blue ink.



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

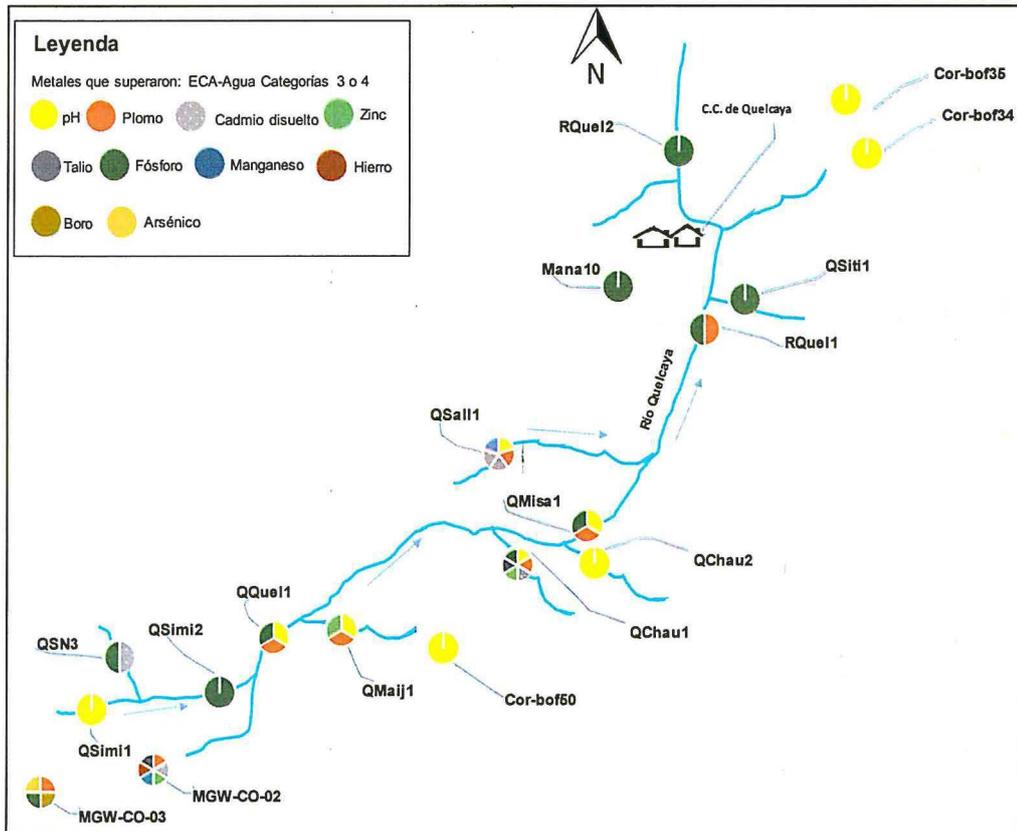


Figura 8-35. Esquema de distribución de puntos de muestreo que exceden los ECA para agua en la microcuenca Quelcaya, en época húmeda

Las unidades litoestratigráficas predominantes en la microcuenca Quelcaya, corresponden a las rocas volcánicas de la Formación Quenamari-Miembro Chacacuniza (Nm-qu/ch) la cual consiste en tobas de cristales con líticos de composición riolíticas e intercalado con lavas andesíticas, considerado como el primer episodio volcánico del área⁵⁹; asimismo, en las partes altas (Cerro Nacuopa y la parte alta de Minaspatá) se observan secuencias de tobas de composición riolíticas con cuarzo, biotita y fragmentos líticos, distribuido en secuencias masivas subhorizontales con estructura columnar. En la naciente de la quebrada Sallapata (nevado Quellma) se emplazó el subvolcánico Anta (riolita porfídica) donde se observa intensa alteración hidrotermal.

La geoquímica de las rocas volcánicas del Miembro Chacacuniza indicaron que los elementos As, Ba, Cr, Sn, Rb, Th, U y Ga superan a los valores de la corteza continental (Rudnik, 1995) y el Miembro Sapanuta excede a los valores de corteza continental en As, Be, Sn, Mo, Zn, Rb y U. Asimismo, cabe precisar que en el subvolcánico Anta no se realizó ensayos geoquímicos, pero se le atribuye las condiciones de acidez y presencia de metales en la quebrada Sallapata (QSall1) debido a la alteración hidrotermal ubicado en la naciente de esta quebrada (Figura 8-36).

⁵⁹ Informe N° 065-2016-MEN-DGAAM/DNAM/DGAMA/C, Informe técnico sustentario para cambios menores al EIA-d para explotación y beneficio minero del proyecto Corani



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including the name 'MORALES' and other illegible text.



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

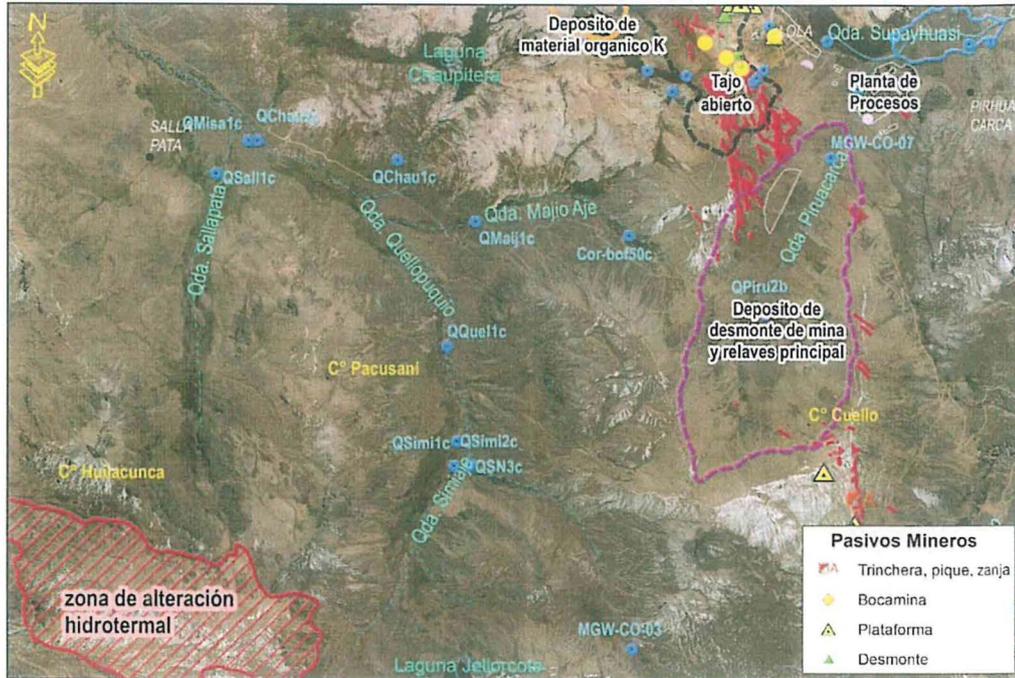


Figura 8-36. Ubicación de alteración hidrotermal en la naciente de la quebrada Sallapata

En la quebrada Simiaje, sólo evaluada en época húmeda, el punto QSimi2 (ubicado aguas abajo de la confluencia de la quebrada sin nombre) presentó un incremento en la concentración de fósforo con respecto al punto QSimi1 (naciente del río Quelcaya), que incumplió los ECA para agua Cat3 o Cat4; con cambios en sus facies de sulfatadas mixtas (cálcico sódico) a bicarbonatadas mixtas, debido al aporte de la quebrada sin nombre (QSN3), la cual registró concentraciones de fósforo y cadmio disueltos que incumplieron el mencionado estándar, y presentó facies bicarbonatadas sódicas. De acuerdo al diagrama de Ficklin, los tres puntos evaluados se clasificaron como aguas casi neutras con baja carga de metales. Con relación a la calidad de sedimento, la concentración de arsénico disminuyó, mientras que la concentración de mercurio aumentó en el punto SED-QSimi2 en comparación con el punto SED-QSimi1, superando los valores PEL de la CEQG.

Respecto a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto HID-QSimi2 (época húmeda) se registró una composición comunitaria heterogénea, con presencia de organismos de los órdenes: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, indicadores de buena calidad del agua; así como, presencia y predominio de organismos de la clase Hirudínea, presente en ambientes con alta carga orgánica. Esta heterogeneidad comunitaria se ve facilitada por la mayor disponibilidad de mesohábitats en época húmeda, lo cual es respaldado por una valoración de calidad hidromorfológica moderada; así como también, una calidad biológica moderada, según el índice ABI.

La quebrada Simiaje cambia su nombre a quebrada Quellapujio (QQuel1) luego de recibir el aporte de una quebrada de bajo caudal; a su vez, aguas abajo recibe el aporte de la quebrada Chaupitera cambiando su nombre a quebrada Misachancara (QMisa1). El punto QMisa1 presentó un incremento de la concentración de plomo y zinc, y una disminución de fósforo con respecto al punto QQuel1, las concentraciones de fósforo y plomo incumplieron los ECA para agua Cat3 o Cat4; asimismo, presentaron facies bicarbonatadas mixtas (potásico cálcicas) y mixtas (sulfatadas bicarbonatada-cálcica sódica) respectivamente. Dicho incremento de la concentración de plomo y zinc entre los puntos se debería al aporte de la quebrada Chaupitera (QChau1), que presentó



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a large signature and several smaller initials and marks.



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

concentraciones de fósforo, plomo, talio, zinc y cadmio disuelto; y de la quebrada Maijo Aje (QMaij1), con concentraciones de plomo y zinc; donde todos los parámetros mencionados incumplieron el mencionado estándar, presentando facies bicarbonatas sódicas. Asimismo, la disminución de la concentración de fósforo se debe al aporte de la quebrada Chaupitera (QChau2) que presentó concentraciones de metales y metaloides que cumplieron con los ECA para agua Cat3 o Cat4, presentando facies bicarbonatadas sódicas. De acuerdo al diagrama de Fickin los cinco puntos evaluados se clasificaron como aguas casi neutras con baja carga de metales.

La calidad de sedimento, en el punto SED-QMisa1 presentó una disminución de las concentraciones de arsénico, mercurio y plomo que superaron los valores PEL de la CEQG con respecto al punto SED-QQuel1. Es necesario mencionar que este punto se ubica a espalda de los futuros tajos.

Respecto a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto HID-QMisa1 (época húmeda), se observó disminución en la riqueza y abundancia con respecto al punto HID-QSimi2, ubicado aguas arriba. Estos dos puntos presentaron una composición comunitaria heterogénea entre ellos, con una variación tanto de organismos tolerantes como sensibles; además, presentaron una valoración de calidad hidromorfológica moderada; y una calidad biológica moderada, según el índice ABI.

En el punto RQuel2 del río Quelcaya (épocas seca y húmeda) las concentraciones de fósforo y plomo disminuyeron con respecto al punto RQuel1, donde solo el fósforo excedió los ECA para agua Cat3 o Cat4 en ambos puntos evaluados; mientras que el plomo excedió el referido estándar solo en el punto RQuel1 (época húmeda). Con relación a la hidroquímica, el río Quelcaya, durante su recorrido desde el punto RQuel1 al RQuel2 presentó cambios de facies de sulfatadas sódicas a bicarbonatadas mixtas (cálcica sódica) en época seca y de bicarbonatadas sódicas a bicarbonatadas cálcicas en época húmeda. Asimismo, de acuerdo al diagrama de Ficklin, ambos puntos evaluados se clasificaron como aguas casi neutras con baja carga de metales. Con relación a la calidad de sedimentos, en el punto SED-RQuel2 se registró una disminución en la concentración de arsénico con respecto al punto SED-RQuel1. Cabe señalar que, la concentración de arsénico solo en el punto SED-RQuel1 (época seca) superó el valor PEL de la CEQG (Figura 8-37).

Respecto a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto HID-RQuel2 (época húmeda), se observó disminución en la riqueza y abundancia con respecto al punto HID-RQuel1. Así también, se observó una disminución en la calidad biológica ABI, de buena a moderada, mientras que la calidad hidromorfológica fue moderada en ambos casos. Esta disminución en la calidad coincide con el aumento en la abundancia de organismos de la familia Chironomidae, indicadores que habitan en aguas claras hasta sistemas con elevada carga de materia orgánica, además resisten bajas concentraciones de oxígeno, situación que muy pocos organismos toleran (Coffman & Ferrington, 1979).

Esta variación se debería al aporte las quebradas sin nombre y la quebrada Silitoco (QSiti1), esta última presentó valores de pH 7,24 (época seca) y 7,00 (época húmeda) con concentración de fósforo que incumplió los ECA para agua Cat3 o Cat4, solo en época húmeda; con facies hidroquímicas de tipo bicarbonatadas mixtas (época seca y húmeda) que se clasifica como aguas casi neutras con baja carga de metales, según el diagrama de Ficklin. En cuanto a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, el punto HID-QSiti1 presentó una calidad hidromorfológica moderada y calidad biológica (ABI) buena, en época húmeda.



↑

Handwritten signature and initials vertically along the left margin



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

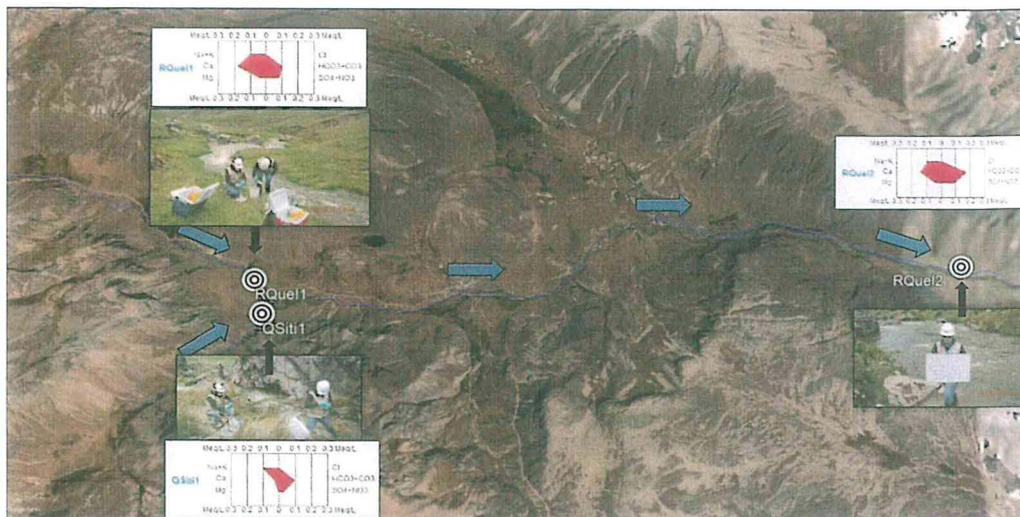


Figura 8-37. Facies hidroquímicas del río Quelcaya y la quebrada Sítitoca

En la microcuenca Quelcaya se evaluó el manantial (Mana10), ubicado a 300 m del punto RQuel1, que presentó valores de pH de 7,14 (época seca) a 7,6 (época húmeda). Asimismo, la concentración de fósforo solo excedió los ECA para agua Cat3 o Cat4 en época húmeda. Sin embargo, al realizar la comparación referencial con el ECA para agua categoría 1 – A1: «Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección» (ECA agua Cat1A1), las concentraciones de arsénico (época seca y húmeda) y hierro (época seca) superaron el estándar mencionado. Para el caso del arsénico, la excedencia con respecto al valor ECA agua Cat1A1 (0,01 mg/L), en época seca fue 0,008 mg/L; mientras que para la época húmeda fue 0,0008 mg/L.

Las aguas subterráneas en los puntos MGW-CO-02 y MGW-CO-03, ubicados en la dirección sureste de la naciente de la quebrada Simiaje, a una altitud aproximada de 5100 m s.n.m., evaluados solo en época húmeda, presentaron facies sulfatadas mixtas (cálcico magnésico) y bicarbonatadas sódicas respectivamente; de acuerdo al diagrama de Gibbs se ubicaron en la zona de evaporación (flujo local); clasificándose según el diagrama de Ficklin como aguas ácidas con extrema carga de metales y aguas casi neutras con alta carga de metales respectivamente (Figura 8-38). Estos puntos registraron valores de pH 4,65 y 7,67 respectivamente; las concentraciones de hierro, manganeso, plomo, talio, zinc y cadmio disueltos en el punto MGW-CO-02 y arsénico, boro, fósforo, hierro y manganeso en el punto MGW-CO-03, excedieron de forma referencial los ECA para agua Cat3 o Cat4. Asimismo, al comparar con la línea de base⁶⁰, estos se encuentran dentro del rango de valores reportados para época húmeda.

8.2. Calidad del aire

La evaluación de calidad de aire se realizó en las comunidades campesinas de Chacaconiza (AIR-CO-01) y Quelcaya (CA-COR-02). Las direcciones predominantes de los vientos que fueron norte (N) y sureste (SE), correspondiente a los dos puntos de monitoreo AIR-CO-01 (barlovento) y CA-COR-02 (sotavento). Las frecuencias de las predominancias fueron 16,1 % para la estación de monitoreo CA-COR-02, es decir con dicho porcentaje los vientos se dirigen desde el proyecto minero Corani hacia la

⁶⁰ Resolución Directoral N.º 340-2017-SENACE/DCA, Segundo Informe Técnico Sustentatorio del proyecto Corani



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



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

comunidad campesina de Quelcaya; mientras que la estación de monitoreo AIR-CO-01 tuvo una frecuencia de 17,2 %.

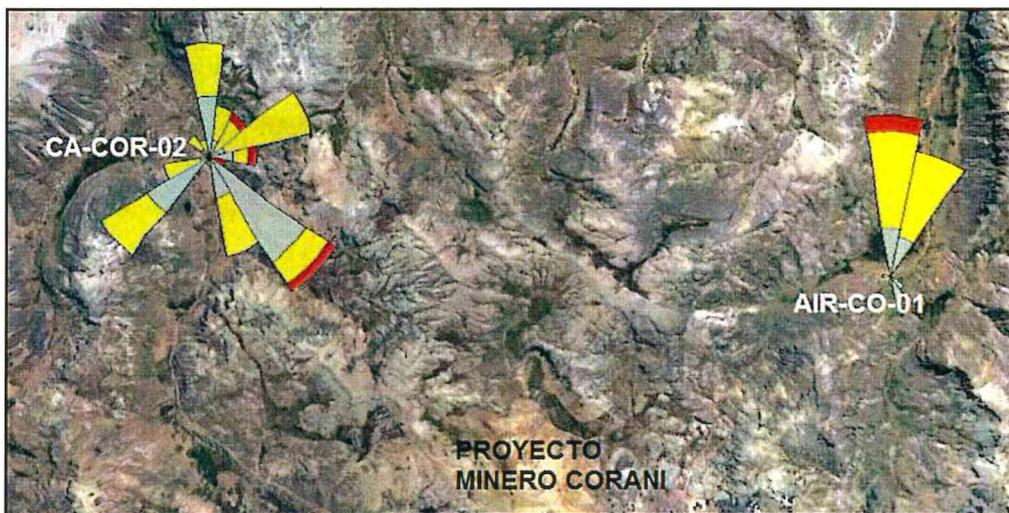


Figura 8-38. Ubicación de los puntos de monitoreo AIR-CO-01 y CA-COR-02

Las concentraciones de PM₁₀ y PM_{2,5} obtenido en los puntos de monitoreo AIR-CO-01 y CA-COR-02 cumplen con los ECA para Aire, aprobados mediante Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM; lo que, al comparar con la línea de base, los resultados fueron similares (Figura 8-39, 8-40, 8-41 y 8-42).

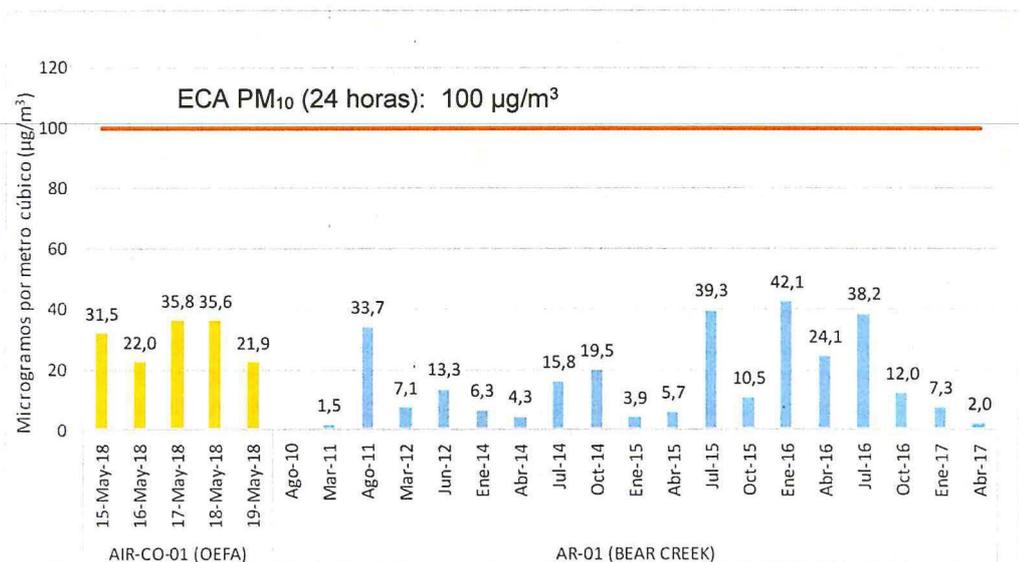


Figura 8-39. Resultados de PM₁₀ de la estación AIR-CO-01, con la línea base del administrado

Vertical handwritten text on the left margin, possibly a signature or date.



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

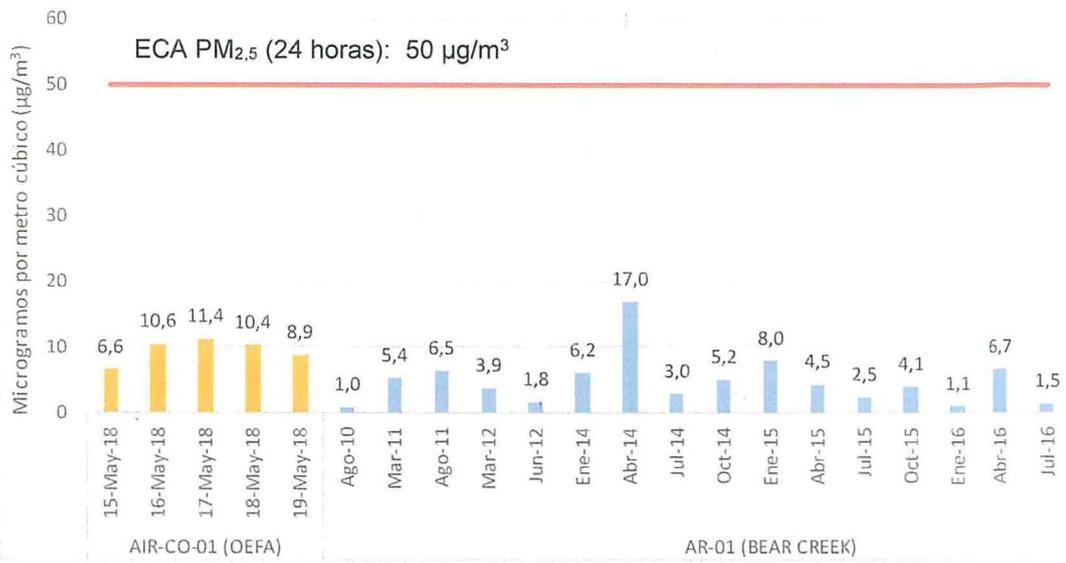


Figura 8-40. Resultados de PM_{2,5} de la estación AIR-CO-01, con la línea base del administrado

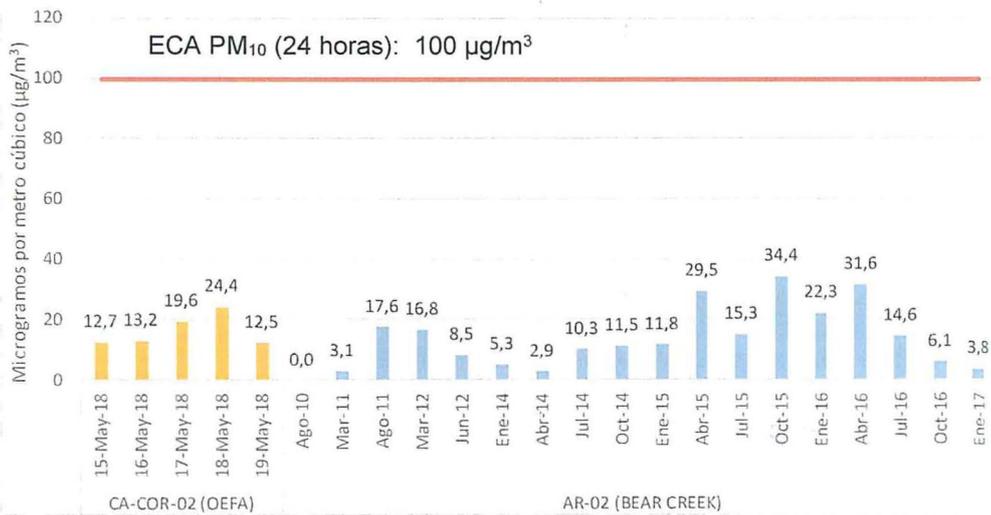


Figura 8-41. Resultados de PM₁₀ de la estación CA-COR-02, con la línea base del administrado





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

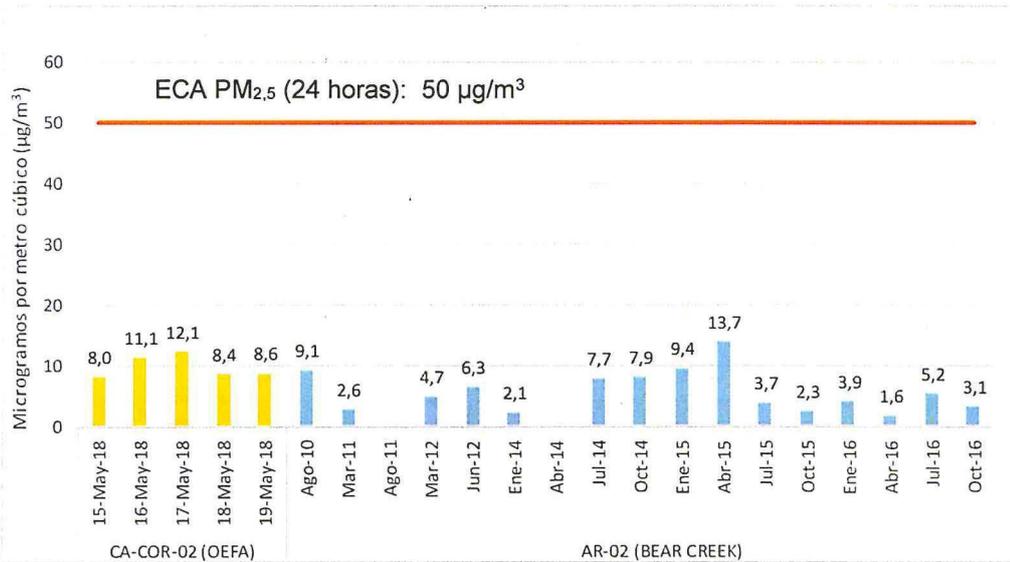


Figura 8-42. Resultados de PM_{2.5} de la estación CA-COR-02, con la línea base del administrado

8.3. Nivel de fondo

Las áreas de nivel de fondo ZNF-2 y ZNF-4 presentan basamento volcánico y sedimentario-volcánico (mixto) respectivamente (Figura 8-43). EL tipo de suelo corresponde a Consociación Minaspatá – Santo Cato (MSt) y Consociación Pausicucho (Pa).

El ZNF-2 yace sobre rocas volcánicas de la Formación Quenamari – Miembro Chacacuniza, ubicado aproximadamente a 800 m al suroeste del Tajo principal, está conformada por tobos de cristales y lavas andesíticas. Según la geoquímica de rocas de las muestras COMIN-1 y COMIN-2 presentan concentraciones elevadas de As, Sb, Ba, B, Cd, Cu, Hg, Pb, Se, Ta y Zn y según la litogeoquímica del Ingemmet esta unidad presenta concentraciones de As, Ba, Cr, Sn, Rb, Th, U y Ga que exceden los valores de corteza continental (Rudnik, 1995). Estos suelos se ubican en depresiones conformados por material coluvial, son extremadamente pedregosos con vegetación de corte bajo, presentan erosión ligera y drenaje imperfecto⁶¹.

El ZNF-4 se desarrolló sobre depósitos aluviales, cuyo basamento corresponde al Grupo Mitu (sedimentario) y a rocas volcánicas del Miembro Chacacuniza, y se ubican aproximadamente a 400 m al este del Tajo Este. El depósito aluvial presenta fragmentos subangulosos de rocas volcánicas (tobos y lavas) englobados en matriz limo-arenosa. Esta área presenta influencia de la zona mineralizada (Tajo Este) que aporta concentraciones de Pb, Zn, Ag, además, los fragmentos de rocas volcánicas agregan As, Sb, Ba, B, Cd, Cu, Hg, Pb, Se, Ta y Zn (Ingemmet, 2016). Estos suelos se presentan en pie de monte y se encuentran compuestos de material residual, además corresponden a suelos moderadamente profundos con textura gruesa y escasa escorrentía⁶².

⁶¹ Segundo Informe Técnico Sustentatorio. Calicata 17 con coordenadas 317707 E y 8444428 N

⁶² Segundo Informe Técnico Sustentatorio. Calicata 15 con coordenadas 317000 E y 8447718 N



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



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

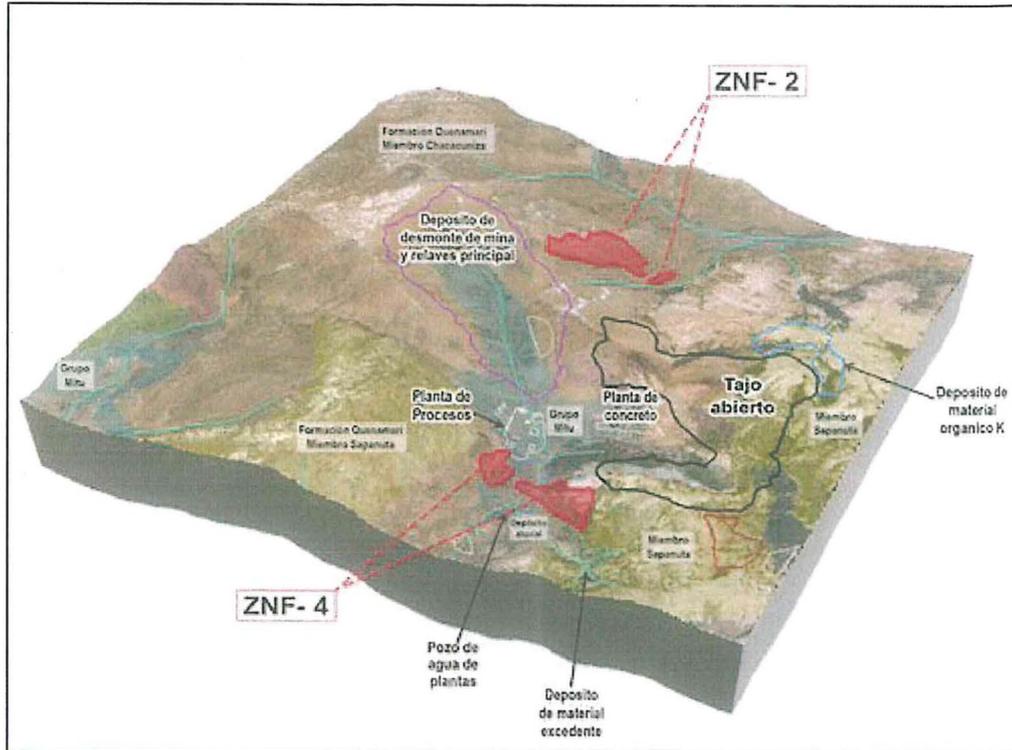


Figura 8-43. Ubicación de las áreas de nivel de fondo, contexto geológico y ubicación de componentes mineros proyectados

Los resultados de nivel de fondo fueron comparados referencialmente con los estándares de calidad ambiental para suelo (ECA para suelo – Uso agrícola e industrial) aprobado mediante Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM (Tabla 8-1). Asimismo, se analizaron los resultados de uranio y litio por tratarse de una zona mineralizada en estos elementos.

Tabla 8-1. Comparación referencial de los valores de nivel de fondo con los ECA para suelo

Parámetros en mg/kg PS	Valores de nivel de fondo			
	ZNF-2	Suelo agrícola	ZNF-4	Suelo comercial / industrial / extractivo
Arsénico	26,24	50	27,07	140
Bario total	587,1	750	539,9	2000
Cadmio	2,759	1,4	0,322	22
Cromo total	13,99	-	6,184	1000
Mercurio	0,07	6,6	0,134	24
Plomo	297,7	70	115,2	800
Uranio	-	-	7,948	-
Litio	33,45	-	209,4	-

En el ZNF-2 los valores de cadmio y plomo excedieron los ECA para Suelo de uso agrícola, por otro lado, todos los metales evaluados en el área ZNF-4 no excedieron los ECA para suelo de uso industrial. Cabe precisar que los valores que excedieron el



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»

ECA se asocian a la cercanía a las zonas mineralizadas, el cual aporta elementos (metales) hacia las áreas de nivel de fondo.

Los valores de nivel de fondo calculados para cada área, en la cual se observa la relación del ZNF-2 y ZNF-4; donde se aprecia que el ZNF-2 presentó concentraciones de Cd, Pb, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Tl y Zn ligeramente superiores con respecto al ZNF-4 (Figura 8-44).

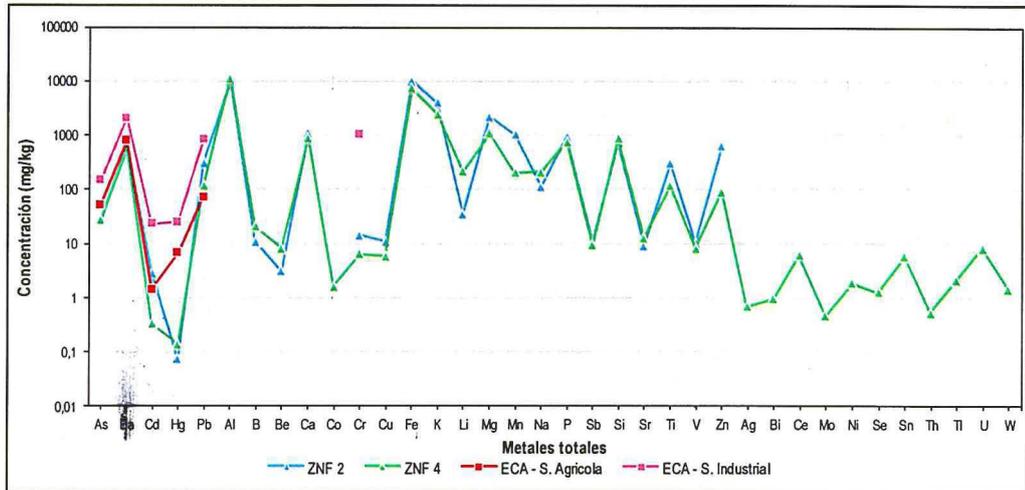


Figura 8-44. Concentración de valores calculados de nivel de fondo de las áreas ZNF-2 y ZNF-4, comparados con el ECA – uso agrícola e industrial

El valor calculado de nivel de fondo para uranio fue de 7,948 mg/kg PS, este valor es superior a la concentración promedio de uranio en la corteza terrestre 2,7 mg/kg (Langmuir, D., 1997) y en el caso de litio, se observa que el valor de ZNF-4 (209,4 mg/kg PS) fue superior con respecto al ZNF-2 (33,45 mg/kg PS). Las anomalías de uranio y litio en ambas áreas se atribuyen a las rocas volcánicas de la Formación Quenamari.

La distribución de los elementos se priorizó en los metales y metaloides (cromo, bario, plomo, cadmio, arsénico y mercurio), cuya configuración espacial de los niveles de fondo ZNF-2 y ZNF-4, se muestran en las Figuras 8-45 y 8-46, respectivamente.

De la evaluación en el nivel de fondo ZNF-2, la distribución espacial de los metales y metaloides, las concentraciones de plomo cadmio y bario es mayor en los puntos ubicados cercanos al tajo mina principal y el depósito de desmonte de mina principal, disminuyendo conforme se alejan de estos componentes; mientras que, las concentraciones de arsénico, mercurio y cromo son homogéneas en el área de evaluación. Asimismo, en el nivel de fondo en la ZNF-4, las concentraciones de plomo cadmio y bario es mayor en los puntos que se encuentran mas cercanos al tajo este, disminuyendo conforme se alejan de este componente; en tanto, las concentraciones de arsénico, mercurio y cromo son homogéneas en la zona de evaluación.



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»

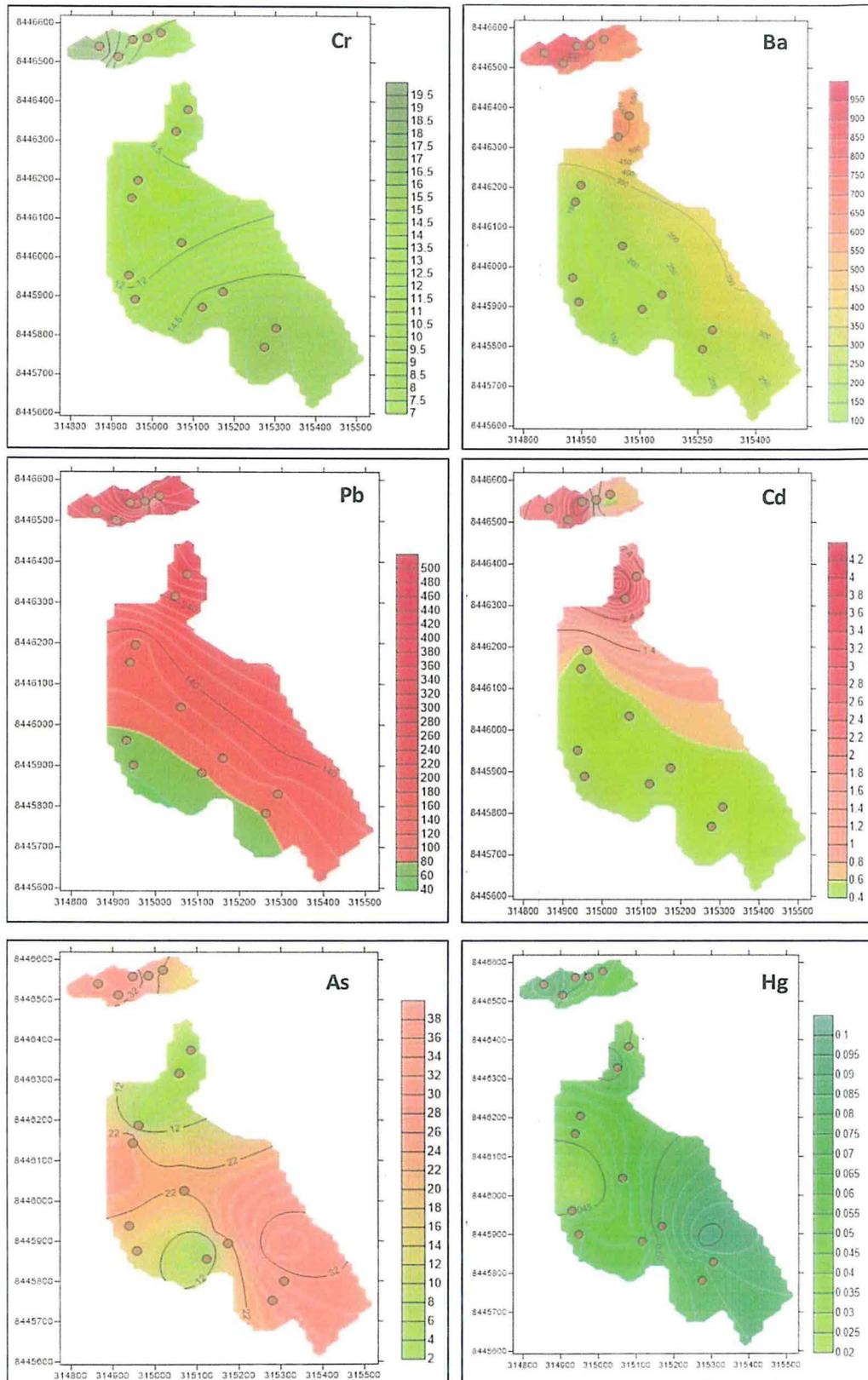


Figura 8-45. Distribución de la concentración de cromo, bario, plomo, cadmio, arsénico y mercurio en el nivel de fondo (ZNF-2)



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a large 'P' and several illegible signatures.



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

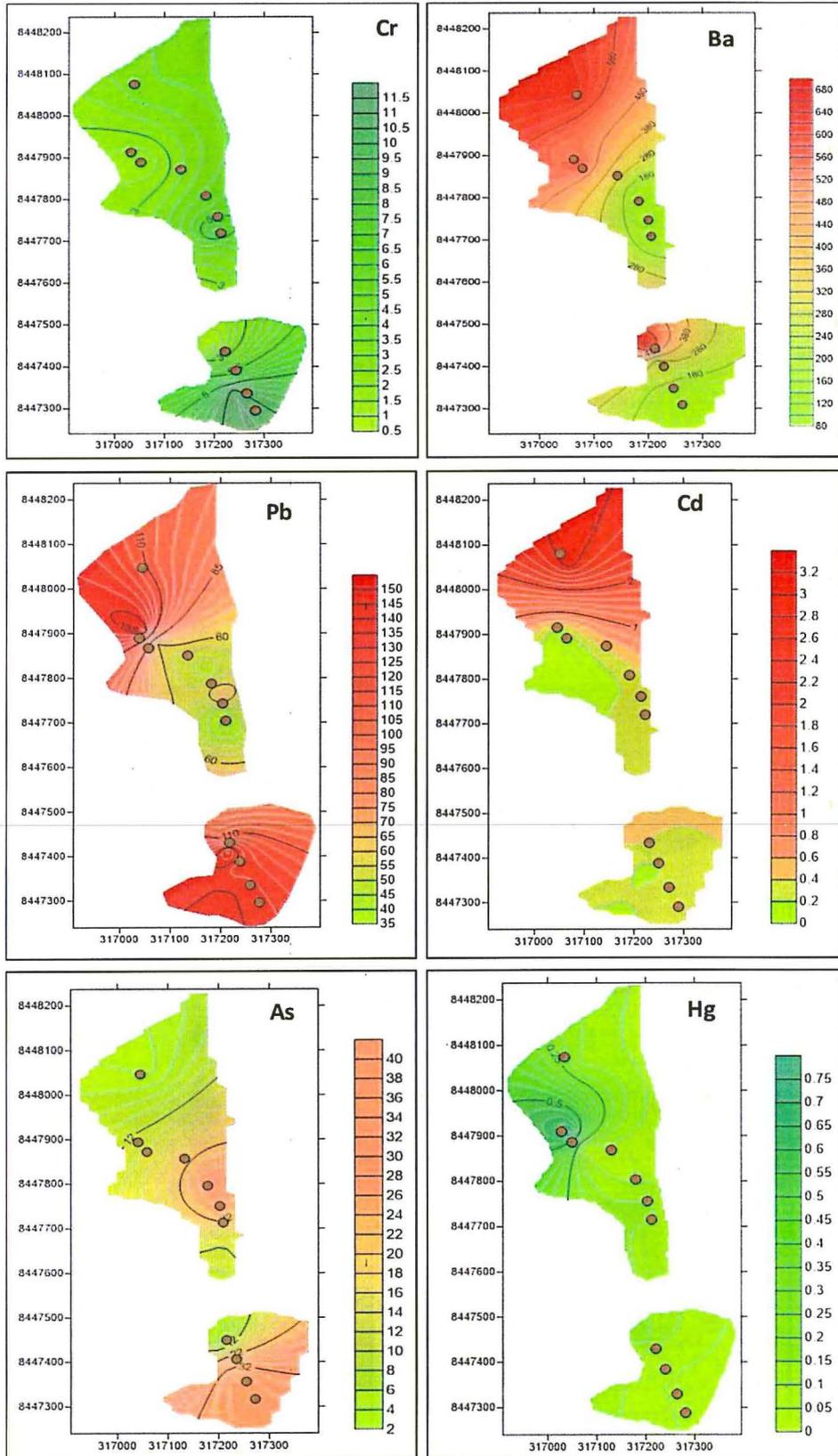


Figura 8-46. Distribución de la concentración de cromo, bario, plomo, cadmio, arsénico y mercurio nivel de fondo (ZNF-4)



Handwritten signature and initials in blue ink.



8.4. Flora silvestre

Los estudios de flora nos permiten caracterizar y comprender mejor el medio ambiente donde se desarrollan los distintos grupos biológicos, como especies de aves, mamíferos, anfibios y reptiles, entre otros. A continuación, se presenta las discusiones sobre los hallazgos de flora obtenidos en el área de estudio.

Este estudio permite tener un mejor conocimiento de la flora vascular que se desarrolla en el ecosistema frágil (bofedales) y sus formaciones circundantes, dentro del área de estudio, y así complementar la información citada por el administrado.

Las 153 especies registradas, representa el 50 % de las especies mencionadas en los Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA⁶³), que cita el registro histórico de especies, en el que menciona un total de 305 especies para el área de estudio. Cabe mencionar que, nuestra evaluación está enfocada a los bofedales como ecosistemas frágiles; dicha riqueza de especies muestra la amplia diversidad presente en el área de influencia del proyecto minero Corani de BCM, debido a la presencia de ambientes heterogéneos en ellos.

Se han identificado la presencia de cuatro formaciones vegetales en el área de estudio (bofedal, césped de puna, vegetación de roquedal y vegetación de suelos crioturbados), de los cuales el bofedal representa el ecosistema frágil; además, se incluyó a pajonales como parte del césped de puna por presentar áreas muy pequeñas a modo de parches en las zonas de interés (Figura 8-47).

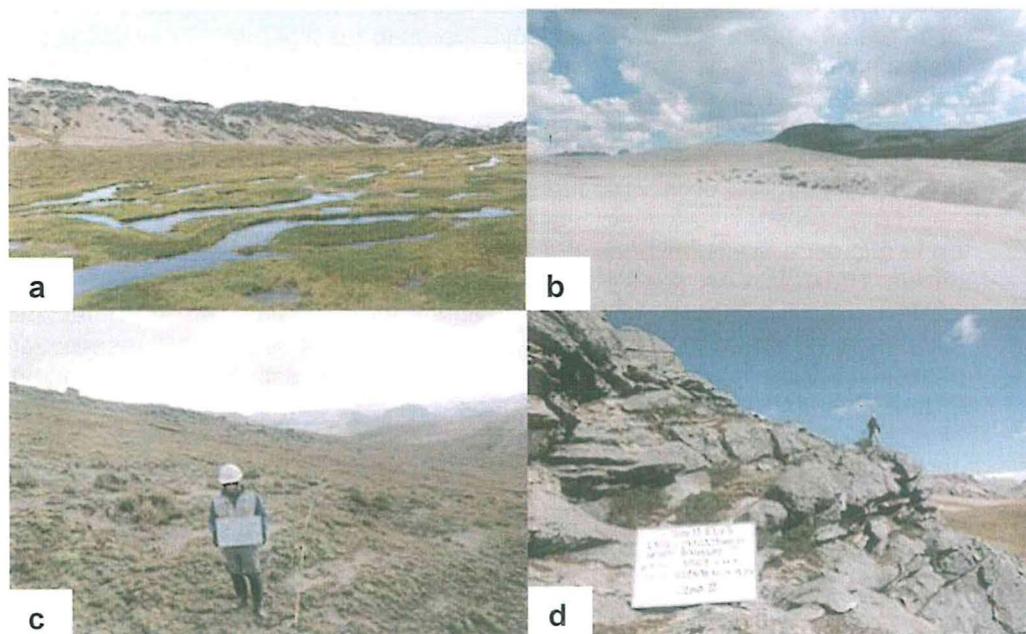


Figura 8-47. Formaciones vegetales identificadas en el área de estudio a) bofedal, b) suelos crioturbados, c) césped de puna, y d) vegetación de roquedal

Las familias más diversas en toda el área de estudio y en las diferentes formaciones vegetales fueron Asteraceae y Poaceae, en general estas son las más diversas en hábitats altoandinos (Gentry, 1993). Un ejemplo de esto último se evidencia en el

⁶³ Segundo Informe Técnico Sustentatorio del proyecto Corani, aprobado mediante Resolución Directoral N.º 340-2017-SENACE/DCA, con fecha 02 de noviembre de 2017.

Handwritten notes and stamps on the left margin, including a circular stamp from OEFA and various signatures and initials.



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

trabajo realizado en suelos crioturbados (Cano *et al.*, 2010 y 2011), donde mencionan a estas familias como las más diversas; además Asteraceae y Poaceae son la segunda y quinta familia respectivamente, con mayor número de especies en el Perú (Brako y Zarucchi, 1993).

Se observa que la mayor riqueza de especies se encuentra en la vegetación de roquedal con 89 especies que representan el 58 % del total, uno de los factores que favorecen la alta riqueza en esta formación, es la presencia de variados microhábitats que favorecen el desarrollo de una mayor diversidad de especies. La siguiente formación con un mayor número de especies, es el bofedal (76 especies), en su mayoría con especies higrófilas⁶⁴.

La formación con mayor cobertura vegetal es el bofedal (83,6-87,7 %), debido a que las especies que conforman principalmente estos ecosistemas, forman almohadillados densos, planos o cóncavos (entre ellas *Distichia muscoides*); además de especies cespitosas⁶⁵ que incrementan su cobertura a causa de la constante presencia del recurso hídrico. Caso contrario, es la vegetación de roquedal con una cobertura vegetal que varía entre 47,5 y 63,7 %, ya que en esta formación cobra relevancia la presencia de rocas y piedras, las que disminuyen la cobertura vegetal.

La especie con mayor abundancia relativa en toda el área de estudio es *Distichia muscoides*, es la especie principal que forma el bofedal, y entre otras especies están *Calamagrostis brevifolia*, *C. rigescens* y *Werneria pygmaea*, todas ellas, especies propias de los bofedales; esto destaca la importancia de esta formación como ecosistema que ayuda a preservar la flora local. Se observa que existe una heterogeneidad en la dominancia de especies entre las formaciones vegetales, siendo diferente la especie dominante en cada formación. En el bofedal se observó que las especies con mayor abundancia relativa fueron todas higrófilas. En el césped de puna las especies principales fueron *Calamagrostis vicunarum* y *Aciachne pulvinata*, ambas especies propias de estos ecosistemas en el sur del Perú. La vegetación de roquedal muestra a *Senecio rufescens* como especie con mayor abundancia relativa. No se realizó un muestreo cuantitativo en la formación de suelos crioturbados, debido a que la cobertura vegetal observada fue muy baja.

En la microcuenca Supayhuasi (EF 3 y EF 4), se registraron un total de 73 especies en las 2 formaciones vegetales evaluadas, en donde solo el bofedal presentó 38 especies. Las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal fueron *Calamagrostis brevifolia* y *Distichia muscoides* con 18,4 % y 16,6 % respectivamente, especies propias de esta formación vegetal. Del total de especies en esta microcuenca 2 se encuentran en algún estado de conservación (*Senecio nutans* y *Myrosmodes chiogena*), de las cuales *S. nutans*, un arbusto con flores amarillas, esta categorizada como vulnerable (Vu) según el Decreto Supremo N.º 043-2006-AG (Figura 8-48).



Handwritten mark

Handwritten notes and signature on the left margin

⁶⁴ Especies que tienen una mayor afinidad por el agua.

⁶⁵ Especies que crecen muy próximas entre sí, llegando a cubrir extensiones relativamente grandes de terreno, por lo general a una distancia próxima del suelo.



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

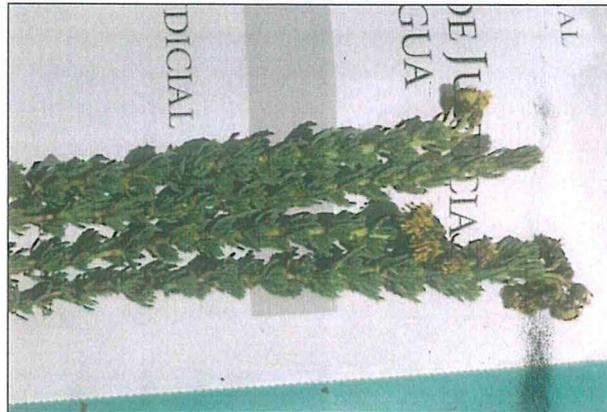


Figura 8-48. Vista fotográfica de *Senecio nutans*, especie amenazada presente en la microcuenca Supayhuasi

En la microcuenca Collpamayo – Chacaconiza – Jarapampa (EF 6), se registraron un total de 76 especies en las 2 formaciones vegetales evaluadas, en donde solamente el bofedal presentó 40 especies. Las especies con mayor abundancia relativa fueron *Werneria pygmaea* y *Distichia muscoides*, con 23,1 % y 17 % respectivamente, especies propias de ambientes húmedos como el bofedal. Del total de especies en esta microcuenca 5 se encuentran en algún estado de conservación de los cuales 4 son amenazadas y 1 es endémica, entre ellos *Senecio rhizomatus* está categorizada como vulnerable (Vu) y *Ephedra rupestris* en peligro crítico (CR) según el Decreto Supremo N.º 043-2006-AG, ambas especies presentes en la vegetación de roquedal. Además, la especie endémica *Valeriana pennellii* representa una ampliación en su distribución debido a que solo se encontraba registrada para el departamento Cusco (León *et al.*, 2006) (Figura 8-49).



Figura 8-49. Especies endémicas y amenazadas en la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (EF 6) a) *Senecio rhizomatus*, b) *Ephedra rupestris* y c) *Valeriana pennellii*

En la microcuenca Imaginamayú (EF 1 y EF 2), se registraron un total de 102 especies en las 4 formaciones vegetales evaluadas, en donde el bofedal presentó 64 especies. Las especies con mayor abundancia relativa fueron *Calamagrostis rigescens* y *C. brevifolia*, con 14,1 % y 13,2 % respectivamente, especies propias del bofedal. Del total de especies en esta microcuenca 8 se encuentran en algún estado de conservación de los cuales 6 son amenazadas y 2 son endémicas, entre ellas *Austrocylindropuntia lagopus* está categorizada como vulnerable (Vu) según el IUCN (2018) (Figura 8-50).

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»

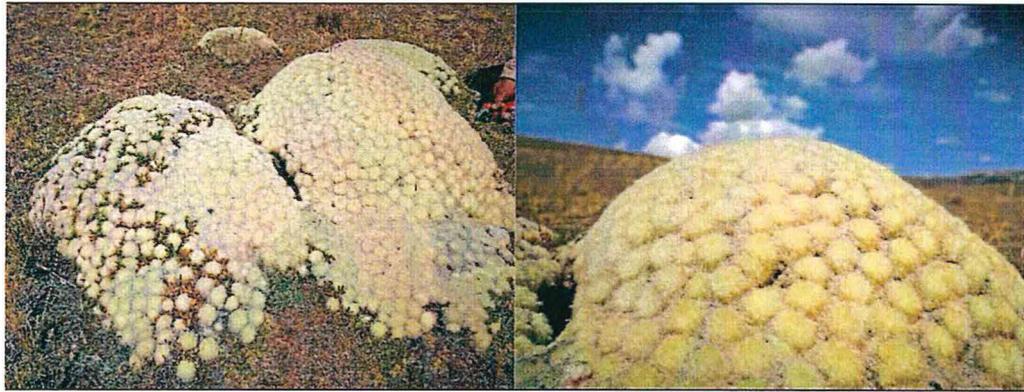


Figura 8-50. Especie amenazada (*Austrocyllindropuntia lagopus*), presente en la microcuenca Imaginamayu (EF 1 y EF 2)

En la microcuenca Quelcaya (EF 5), se registraron un total de 102 especies en las 3 formaciones vegetales evaluadas, en donde el bofedal presentó 25 especies. Las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal fueron *Distichia muscoides* y *Calamagrostis brevifolia*, con 43,7 % y 25,1 % respectivamente, especies propias de estos ambientes húmedos. Del total de especies en esta microcuenca 2 se encuentran en algún estado de conservación de los cuales 1 es endémica y 1 es endémica y amenazada (*Nototriche longituba*), esta última esta categorizada como vulnerable (Vu) según el Decreto Supremo N.º 043-2006-AG. Se resalta la presencia de *Nototriche carabayensis*, especie recientemente descrita para la ciencia por Gonzales *et al.* (2015), propia de la vegetación de suelos crioturbados, aunque también se la registró en el césped de puna asociado a esta formación (Figura 8-51).



Figura 8-51. Especies amenazadas presentes en la microcuenca Quelcaya (EF 5) a) *Nototriche longituba* y b) *Nototriche carabayensis*

Los valores de diversidad variaron de acuerdo a la formación vegetal estudiada. La formación vegetal más diversa fue el césped de puna (2,23 nits/individuo), esto debido a la homogeneidad en la distribución de la abundancia de las especies; mientras que, en la vegetación de roquedal (2,11 nits/individuo), su diversidad está justificada por la mayor riqueza de especies presentes. El bofedal presentó el menor índice de diversidad debido a la existencia de un mayor número de especies dominantes. Según el análisis por microcuenca, las de Imaginamayu (EF 1 y EF 2) y Supayhuasi (EF 3 y EF 4) fueron las más diversas, debido a la presencia de ambientes más heterogéneos, sumado a que presentó una mayor extensión territorial en el área de estudio. El valor de diversidad más bajo se obtuvo en la microcuenca río Quelcaya (EF 5).

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»

El análisis de similaridad y NMDS muestran que las formaciones vegetales están bien definidas, siendo las más cercanas entre sí, el césped de puna y la vegetación de roquedal, esto debido a que ambas formaciones se encuentran próximas, lo que facilita un intercambio entre las especies que las componen. Según el análisis por microcuencia, la mayor similitud se presentó entre las microcuencas Imaginamayú (EF 1 y EF 2) y Supayhuasi (EF 3 y EF 4).

8.5. Fauna silvestre

8.5.1. Anfibios y reptiles

La composición y diversidad de anfibios y reptiles registrados en el proyecto minero Corani de BCM, está conformada por tres especies; los anfibios *Telmatobius cf. marmoratus* (k'ayra), *Pleurodema marmoratum* (chichilas) y, entre los reptiles, la lagartija *Liolaemus gr. signifer* (calaygua). Estas tres especies también fueron reportadas por el administrado durante la realización de la línea base del EIA-d⁶⁶ y del segundo Informe Técnico Sustentatorio⁶⁷.

La diversidad de especies halladas puede considerarse como representativa, ya que mediante el esfuerzo de muestreo realizado de 36,3 horas-hombre (35 VES), se logró obtener un 95 % de cobertura de muestreo, que mide la completitud del inventario en base a la proporción de individuos registrados (Chao & Jost, 2012).

La especie más abundante y con mayor distribución en el área de estudio fue la lagartija *Liolaemus gr. signifer*, que se registró en todos los ecosistemas frágiles y hábitats asociados (EF 1, EF 2, EF 3, EF 4, EF 5 y EF 6). Esta especie fue abundante en los hábitats de césped de puna y suelos crioturbados, especialmente en zonas con numerosas piedras que usan como refugio y bajo las cuales construyen sus madrigueras (Tabla 7-47 y Figura 7-191). En general, los individuos de esta especie presentan altas abundancias locales en su rango de distribución, se han registrado densidades desde 375 hasta 400 individuos por hectárea; pero prefieren ambientes poco perturbados evitando zonas de cultivos y ganadería (Pacheco, 1988; De la Gálvez y Pacheco, 2009). Otras especies de *Liolaemus* también han evidenciado cambios en la estructura de sus poblaciones, debido al efecto de actividades humanas como la construcción de carreteras (Vega *et al.*, 2012), lo que es un indicativo de la sensibilidad de las especies de este género al cambio y perturbación de sus hábitats.

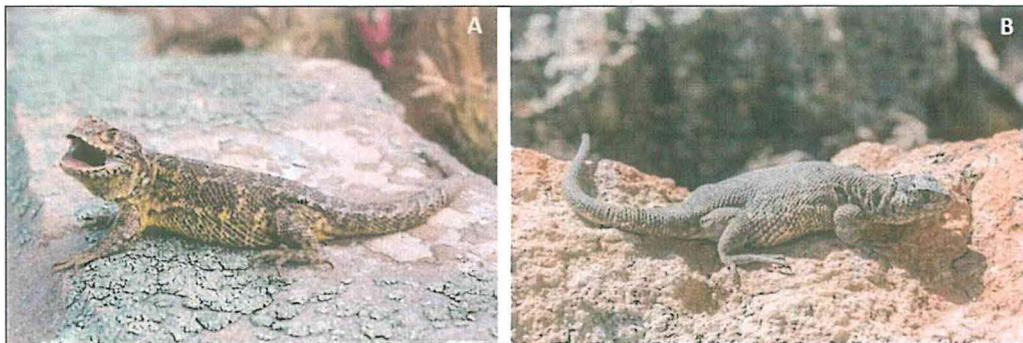


Figura 8-52. *Liolaemus gr. signifer* (Familia Liolaemidae) A) macho y B) hembra

⁶⁶ Resolución Directoral N.º 355-2013-MEM/AAM.
⁶⁷ Resolución Directoral N.º 340-2017-SENACE/DCA.

Handwritten notes and stamps on the left margin, including a circular stamp from OEFA and various signatures and initials.



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

Los anfibios *Pleurodema marmoratum* y *Telmatobius* cf. *marmoratus* presentaron menor abundancia, registrándose solo en hábitats de bofedal y césped de puna, cerca de cuerpos de agua (Tabla 7-49 y Tabla 7-50).

La rana *T.* cf. *marmoratus* es una especie acuática que desarrolla todo su ciclo de vida en el agua. En el área de estudio se registró solo en el bofedal del río Chacaconiza (EF 6), que tiene menor altitud respecto a los demás EF evaluados. Esta especie no se encontró en los otros EF que albergan bofedales y otros cuerpos de agua que presentan un IHM entre *bueno* y *moderado* (Tabla 7-63). Este patrón puede responder a la baja capacidad de dispersión de la especie que no pudo colonizar los EF ubicados a mayores altitudes, ya que en general los anfibios presentan poca vagilidad en comparación con otros vertebrados (Correa *et al.*, 2010).

El sapo *P. marmoratum* tiene una distribución más amplia en el área de estudio. Fue registrado en las microcuencas Imaginamayu (EF1 y EF 2), Quelcaya (EF 5) y Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (EF 6), en los hábitats de bofedal y césped de puna cerca de cuerpos de agua, debido a que atraviesa por una fase larvaria acuática (renacuajos o joqoyllos), y los adultos que son terrestres se refugian bajo piedras que les permiten tener condiciones de humedad necesarias para su sobrevivencia.



Figura 8-53. *Pleurodema marmoratum* (Familia Leptodactylidae)

El hábitat que presentó mayor diversidad fue el bofedal, donde convergen las tres especies de herpetozoos registradas en el área de estudio. Por ello, obtuvo los valores más altos de los índices de diversidad y se diferencia de los otros hábitats en el diagrama de agrupamiento en los análisis de similaridad. Particularmente los anfibios son los que están más ligados a este tipo de hábitat ya que presentan un ciclo de vida bifásico, con una fase larvaria acuática y una fase adulta terrestre en el caso de *P. marmoratum* y un ciclo completamente acuático respecto a la rana *T. marmoratus*. La presencia de cuerpos de agua, brindan las condiciones adecuadas para la supervivencia y reproducción de las especies de este grupo.

A nivel de microcuencas, la de Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (EF 6) es la que presentó mayor diversidad de anfibios y reptiles, obteniendo los mayores valores de los índices de diversidad calculados, diferenciándose de las otras microcuencas que presentaron mayor similaridad entre ellas. En esta microcuenca (EF 6) se registraron las tres especies de herpetozoos, siendo la única zona donde se registró



Handwritten notes in blue ink, including a large flourish and a vertical list of letters: V, E, A, H, O, D, C.



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

la rana *T. cf. marmoratus* con una abundancia de 1 individuo subadulto y 25 renacuajos. Por el contrario, la lagartija *Liolaemus gr. signifer* presentó menor abundancia con 5 individuos, registrándose solo en el hábitat de césped de puna, esta especie parece replegarse a las zonas más inaccesibles con poca actividad de pastoreo de alpacas.

De las evaluaciones de los transectos en hábitats acuáticos se obtuvo que los anfibios *Telmatobius cf. marmoratus* y *Pleurodema marmoratum*, estuvieron presentes en cuerpos de agua que presentaron una conductividad eléctrica que varió de 19,28 a 20,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 8-54). Según EPA (2012) y Behar (1997) valores de conductividad eléctrica entre los 150 – 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ son adecuados para algunas especies de peces y macroinvertebrados. En el caso de anfibios en la región altoandina Watson *et al.* (2017) reportaron que valores promedio de 378,55 \pm 95,64 $\mu\text{S}/\text{cm}$ favorecieron la ocurrencia de la especie *Telmatobius macrostomus*, en el departamento de Junín. En relación con estos estudios, los rangos de conductividad eléctrica de los transectos, donde se registraron especies de anfibios, en la presente evaluación son bajos. Sin embargo, dado que en los transectos se registraron individuos adultos y renacuajos en diferentes estadios de desarrollo, se puede asumir que, a pesar de los valores bajos de conductividad, estos hábitats son adecuados para la presencia de estas dos especies, aunque es necesario incrementar el número de muestras.

Igualmente, la altitud tuvo un efecto sobre la distribución de las especies de anfibios evaluados en transectos, en general la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, que se encuentra a menor altitud promedio (4393 m s.n.m.), es la que presentó mayor diversidad y abundancia de especies. Particularmente respecto a la presencia de la especie *Telmatobius cf. marmoratus*, que solo se registró en las zonas de menor altitud del área de estudio (bofedal próximo al río Chacaconiza). Sería necesario incrementar el esfuerzo de muestreo en la laguna Chullumpicocha y las quebradas circundantes que presentan un rango de altitud promedio similar (4368 m s.n.m.). Ya que, dados sus hábitos y coloración críptica, la rana *Telmatobius cf. marmoratus* es difícil de encontrar, más aún considerando que en otras localidades de su rango de distribución logran alcanzar altitudes de hasta 5400 m s.n.m. (Seimon *et al.*, 2007).

Contrario a lo esperado, el pH y el oxígeno disuelto no parecen influir en la presencia de estas especies, esto básicamente porque sus valores no presentan fluctuaciones grandes entre los transectos. Sin embargo, aunque no se han determinado aún cuales son los niveles críticos de pH para anfibios de estos grupos, estudios realizados en hábitats de ecosistemas temperados mencionan que valores de pH ácidos menores a 4,5 pueden frenar el desarrollo de algunas especies de ranas o en su defecto causar su mortalidad (Freda, 1986; Horne y Dunson, 1994; Sandinski y Dunson, 1992).



↑

↓

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»

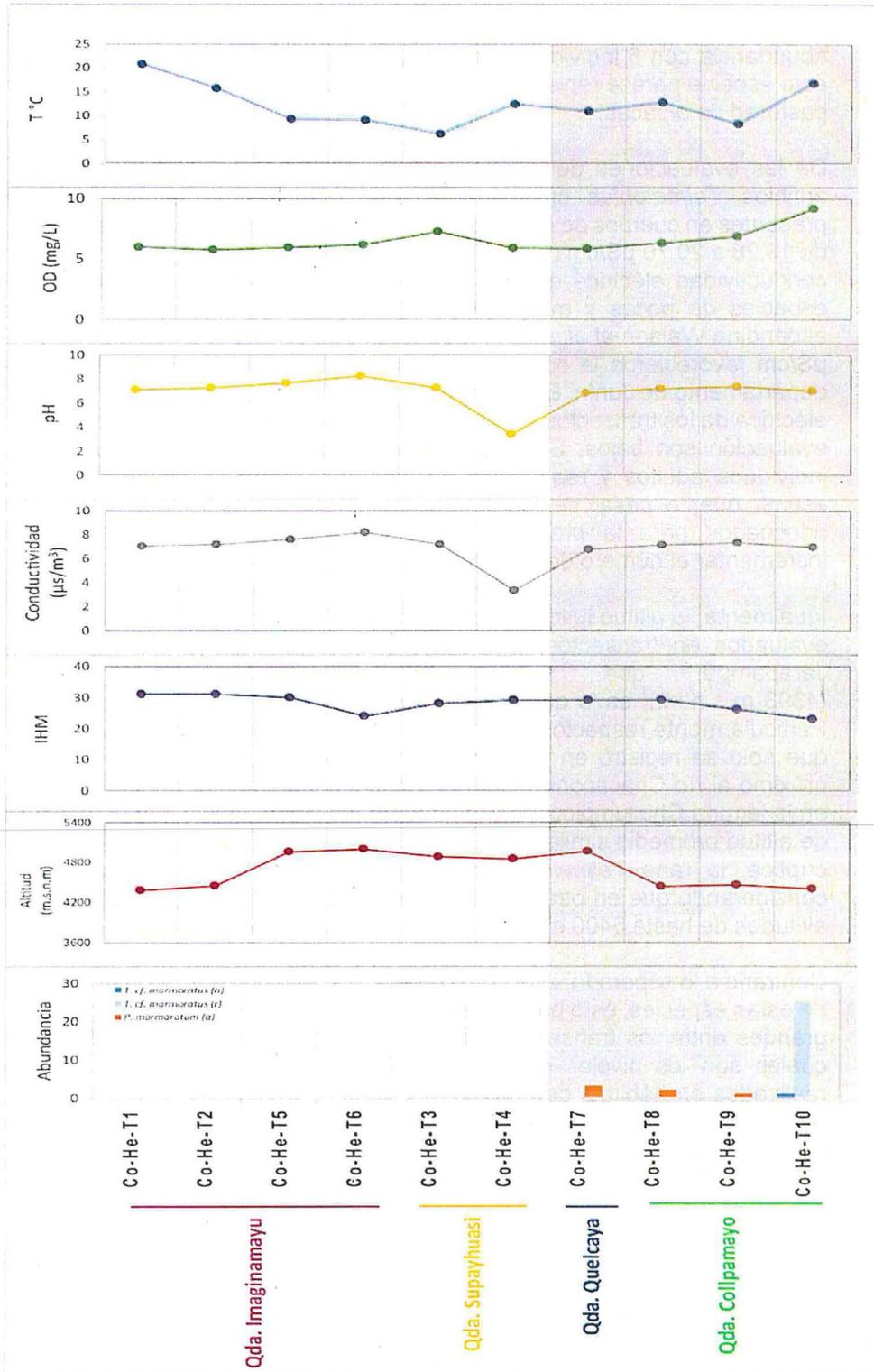


Figura 8-54. Comparación de los valores de las características físicas y ambientales respecto a la abundancia de anfibios en los transectos de hábitats acuáticos de herpetología en el área de estudio



Handwritten blue notes and signatures on the left margin, including a large signature and several initials.



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

La única especie considerada en una categoría de amenaza es la rana *Telmatobius* cf. *marmoratus* (Figura 8-55) que pertenece al grupo de *T. marmoratus*, esta última considerada como un complejo de especies (De la Riva, 2002; IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2015), que se encuentra categorizado como Vulnerable por la UICN y la legislación del gobierno peruano. Durante las tres últimas décadas las especies del género *Telmatobius* están atravesando procesos de declinación y desaparición de sus poblaciones en diferentes localidades de Perú, Ecuador y Argentina (Catenazzi *et al.*, 2011; Seimon *et al.*, 2007; Barrionuevo *et al.*, 2008, Von May *et al.*, 2008). Según la UICN, 33 de las 59 (56 %) especies de *Telmatobius* se encuentran en alguna categoría de amenaza y 41 especies (69 %) han sufrido la declinación de sus poblaciones (Seimon *et al.*, 2017, UICN, 2018). Por lo que, es necesario realizar un monitoreo de la población de *T. cf. marmoratus* identificada en el área de estudio, ya que una de las principales amenazas de esta especie es la pérdida de hábitats (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2015).

Las especies del género *Telmatobius* presentan una gran variación fenotípica intraespecífica, que incluyen caracteres morfológicos como el tamaño corporal, morfología de la piel y los patrones de coloración, lo que dificulta su identificación (Vellard, 1953; Barrionuevo, 2017). Sin embargo, algunas características como vientre crema, coloración detrás de los muslos, vómer bien desarrollado, presencia de una muesca en el labio superior, coloración dorsal, entre otras, y principalmente el rango de distribución de la especie, permiten identificar a los individuos registrados en el área de proyecto minero Corani de BCM, dentro del complejo de especies de *Telmatobius marmoratus*, y por ende como una especie Vulnerable – VU (UICN, 2018).



Handwritten notes and signatures on the left margin, including a large flourish and the letters 'H', 'A', 'F', 'D', 'E'.

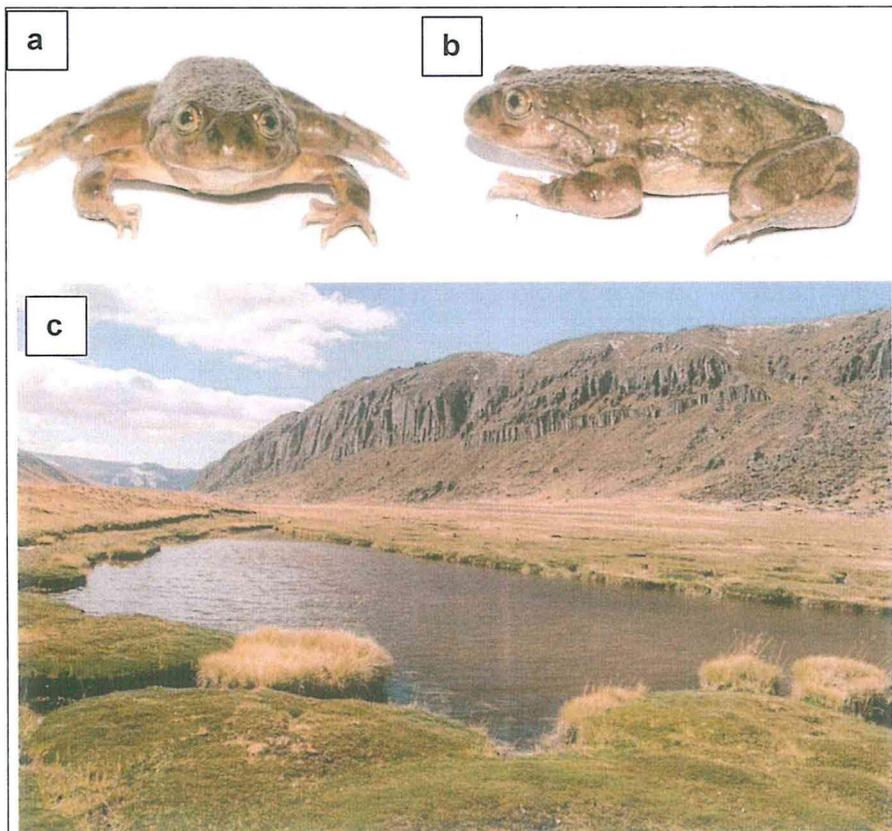


Figura 8-55. *Telmatobius* cf. *marmoratus* registrado en el bofedal Chacaconiza (EF 6) subadulto, a) vista frontal, b) vista lateral, y c) transecto Co-He-T10



8.5.2. Aves

El área de estudio se encontró ubicado en una zona de transición entre la ecorregión puna húmeda y seca (PHS) y la ecorregión altoandina (AA) (Britto, 2017). La PHS, se caracteriza por albergar una gran cantidad de bofedales (también llamados occonales) los cuales corresponden a una unidad de vegetación donde predominan especies de plantas adaptadas a zonas con alto grado de saturación de agua (Tovar, 1973), esta unidad es muy importante para el sustento (alimentación, anidamiento, entre otros servicios) de diferentes especies de fauna poco común o endémica de los Andes (Villagrán y Castro, 1997). Mientras que, la AA es una ecorregión que se encuentra en el límite de la ecorregión de PHS, presenta una vegetación asociada a suelos crioturbados (Cano *et al.*, 2010 y 2011). Esta complejidad de ecosistemas permite la presencia de una importante diversidad de especies en el área de estudio, las cuales se han adaptado a las condiciones climáticas y han logrado permanecer en el área logrando colonizar varios hábitats registrados en el área de influencia del proyecto minero Corani como pajonal, roquedal, bofedal, césped de puna, suelos crioturbados y laguna (Figura 8-56).

Los bofedales cumplen una función clave como reservorios hídricos de agua dulce, depuradores biológicos y sumideros de carbono y metano, pero además congregan una gran diversidad de flora y fauna con altos niveles de endemismo. Entre los problemas que amenazan la integridad de los bofedales está el sobrepastoreo, la extracción de turba y el creciente desarrollo de proyectos de infraestructura lineal los que podrían alterar los patrones de drenaje o bloquear el flujo de agua alterando el suministro de agua. Fluctuaciones en los niveles de agua pueden causar por un lado la retracción del sistema y subsecuente desaparición, y por otro, largos periodos de inundación que pueden afectar la nidificación o establecimiento de la vegetación que sirve de alimento y refugio para las aves (Servat *et al.* 2013). Si bien es cierto que la mayoría de las aves de bofedales no están restringidas a este ecosistema, existe un elevado número de especies consideradas dentro de alguna categoría de amenaza, por lo que los bofedales son de gran importancia para las aves. En el área de estudio se han registrado un importante número de bofedales, unos de considerable extensión, en los cuales se han registrado una importante diversidad de especies compuesta por patos como *Anas puna*, *Lophonetta specularioides*, *Anas flavirostris*; o especies terrestres como *Phalacrocorax macrorhynchos*, *Gallinago andina*, *Plegadis ridgwayi*, *Lessonia oreas*, entre otras que la convierten en un área de vital importancia para conservación de especies.



1

Vertical handwritten notes in blue ink, including a large flourish at the top and several smaller marks below.



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

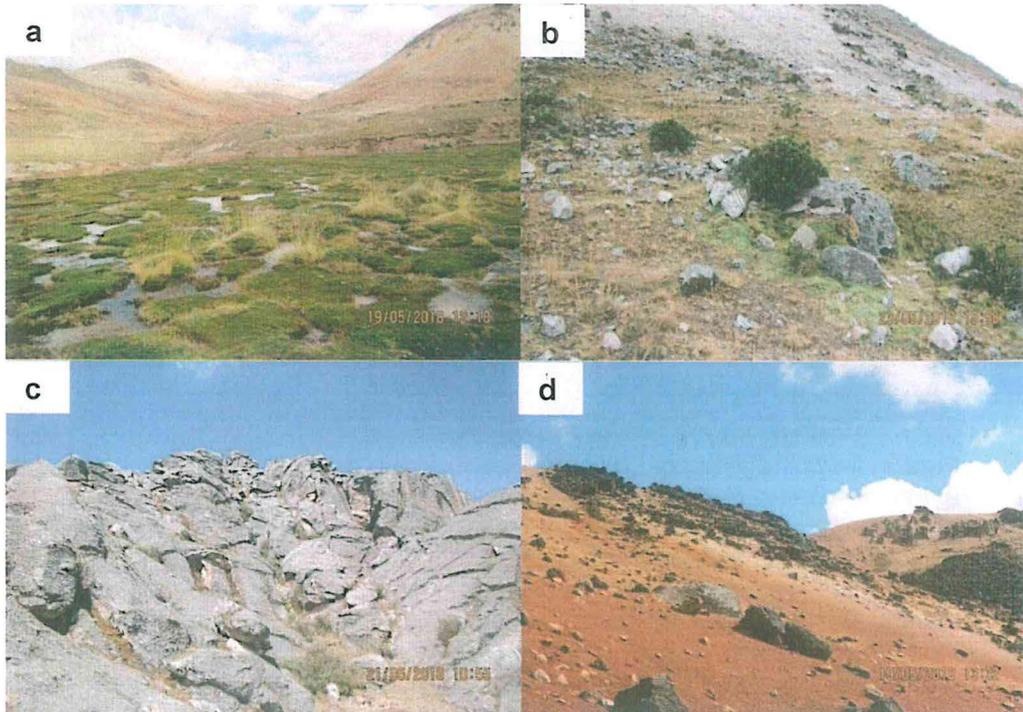


Figura 8-56. Hábitats representativos en el área de estudio a) bofedal, b) césped de puna, c) roquedal, y d) suelos crioturbados

La avifauna presente en el área de estudio comprendió un total de 43 especies de aves, cuya composición es propia de la sierra suroeste de Perú, donde las familias con mayor representatividad fueron Thraupidae (fringilos y espigueros), Tyrannidae (mosqueritos y arrieros) y Furnariidae (canasteros), familias que según Schulenberg *et al.* (2010) son consideradas como las más predominantes en este tipo de ecosistema. En el IGA⁶⁸ del administrado se reportaron más de 60 especies provenientes de sus evaluaciones realizadas desde 2014 hasta 2017. Vemos que ambos estudios presentaron una importante riqueza de especies, en donde se puede apreciar 41 especies en común, un valor bastante alto lo que nos indicó que la presente evaluación corresponde a un inventario confiable.

Las especies que se comparten en los hábitats evaluados y las microcuencas fueron comunes de ecosistemas altoandinos en el sur de Perú, características de lagunas altoandinas, pajonales, bofedal, bosques relictos con áreas abiertas, áreas arbustivas y agroecosistemas (Schulenberg *et al.*, 2010).

La evaluación permitió incrementar la riqueza de especies del área de influencia del proyecto minero Corani, puesto que se registró dos especies no identificadas en evaluaciones anteriores del administrado; estas especies fueron *Anas puna* «pato de la puna» y *Phoenicopterus chilensis* «flamenco chileno» (Anexo 2). Este último es una especie que habita mayormente lagos salados, marismas costeras, estuarios y lagunas en altitudes de hasta 4500 m s.n.m., además tolera los entornos fríos de la región más austral de América. El registro fue importante porque es una especie categorizada como Casi amenazada (NT) tanto por la IUCN como por la legislación nacional (Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI), por lo que su registro permite ampliar su distribución (Figura 8-57).

⁶⁸ Segundo Informe Técnico Sustentatorio del proyecto Corani, aprobado mediante Resolución Directoral N.º 340-2017-SENACE/DCA, con fecha 02 de noviembre de 2017.



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a large '1' and the word 'NO' written vertically.



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

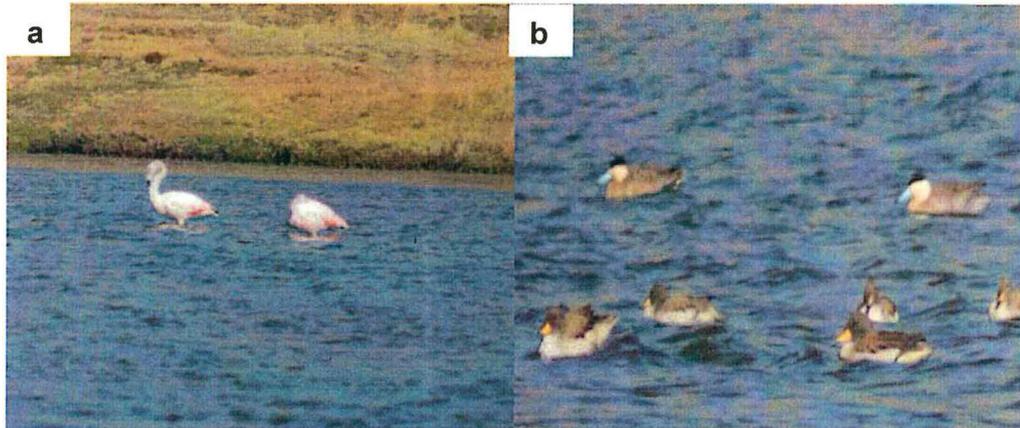


Figura 8-57. Registro de las especies nuevas registradas en el área de estudio a) *Phoenicopterus chilensis* «flamenco chileno» y b) *Anas puna* «pato de la puna»

La zona altoandina es en general estacional. Durante la época húmeda, debido a las abundantes precipitaciones se forman numerosas lagunas estacionales y la vegetación desarrolla rápidamente. Las fuentes de recursos para las aves son numerosas. Durante la época seca desaparecen tanto las lagunas estacionales como gran parte de la vegetación. Las fuentes de recursos para las aves en esta época son muy limitadas y la mayoría de ellas son de vegetación compleja. Los bofedales representan uno de los pocos ambientes abiertos que pueden ofrecer diversos recursos a las aves. Como consecuencia de esta situación, se podría esperar que mayor número de aves, principalmente especies terrestres, hagan uso de los recursos de los bofedales durante la época seca (Franke *et al.*, 2017).

La evaluación en el área de estudio se realizó en una temporada de transición (húmeda a seca), los resultados obtenidos indicaron que las aves prefieren los bofedales por encima de los demás hábitats, porque estos ecosistemas ofrecen recursos (alimento, zonas de refugio, descanso y de reproducción) que son aprovechados tanto por especies acuáticas como terrestres, no obstante, es importante mencionar que, en este hábitat (bofedal) se registraron más aves terrestres que acuáticas, por lo que quizás la temporada podría estar incitando ello; quizás debido a la cercanía de los hábitats. Las aves usan los bofedales como vías de acceso a los demás hábitats y al mismo tiempo aprovechan los recursos de los bofedales, ocasionando que el número de especies sea mayor.

La especie «becasina de la puna» *Gallinago andina*, es una especie acuática cuyo hábitat preferido son los bofedales (Stolz *et al.*, 1996; Gibbons *et al.*, 2016), esta información se asevera con los datos obtenidos en la evaluación, pues de los seis hábitats evaluados, el único donde se ha reportado hasta tres individuos de *G. andina*, fue en el bofedal, específicamente en los EF 3 y EF 4, ubicados en la microcuenca Supayhuasi (Figura 8-58).



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 8-58. Especie «becasina de la puna» *Gallinago andina* registrado en el hábitat bofedal

Los ecosistemas frágiles presentan características o recursos singulares con baja resiliencia (capacidad de retornar a sus condiciones originales), e inestable ante eventos impactantes de naturaleza antropogénica (humana), que produce en el mismo, una profunda alteración en su estructura y composición. Según la Ley General del Ambiente (Ley N.º 28611), 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 (Serfor, 2015).

En el área de estudio se identificaron dos ecosistemas frágiles, los bofedales y lagunas altoandinas. Los bofedales son ecosistemas que albergaron una importante riqueza y abundancia de especies, que van desde especies que hacen uso directo como *Lessonia oreas*, *Gallinago andina*, *Attagis gayi*, hasta especies que hacen uso oportuno del hábitat como *Muscisaxicola albifrons*, *M. flavinucha*, *Geositta saxicolina*, *Cinclodes albiventris*, entre otras (Figura 8-59b). Este ecosistema frágil fue el más representativo en el área de estudio (Figura 8-59a). Las lagunas altoandinas son ecosistemas de enorme importancia ecológica para las aves, porque sirven de zonas de refugio y reproducción de un gran número de especies, y también se consideran zonas de transición para especies migratorias (locales y latitudinales). En el área de estudio, este hábitat fue representado por la laguna Chullumpicocha, donde se registró nueve especies, destacando *Podiceps occipitalis*, *Fulica gigantea*, *Anas flavirostris*, *A. puna*, *Phoenicopterus chilensis*, *Lophonetta specularioides*, entre otras. Ambos ecosistemas presentaron una riqueza peculiar, convirtiéndose en hábitats de importancia para la conservación de especies.

En los bofedales evaluados en el área de estudio se registraron 31 especies de aves, este valor representa el 72,09 % de la riqueza total. De estas especies de aves, 8 especies fueron acuáticas y 23 fueron terrestres. El estudio más amplio respecto a la relación entre las especies y los hábitats que estas prefieren o frecuentan, fue realizado por Stotz *et al.* (1996), indicando que algunas especies de aves son típicas de bofedales. Asimismo, Gibbons *et al.* (2013), establecieron asociaciones de las aves con su hábitat incluyendo los bofedales de la zona altoandina del centro y sur del Perú. En la evaluación, los bofedales presentaron algunas especies frecuentes en otros hábitats como el pajonal y roquedal; sin embargo, también se registraron otras especies, como *Muscisaxicola juninensis*, *M. cinereus*, *M. albifrons* y *M. flavinucha*, que según (Stotz *et al.*, 2015), presentan una asociación directa con los bofedales, esta asociación podría deberse a la presencia de insectos, los cuales forman parte de la dieta alimenticia de estas aves, y a otros factores como la humedad y la estructura de la vegetación.



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»

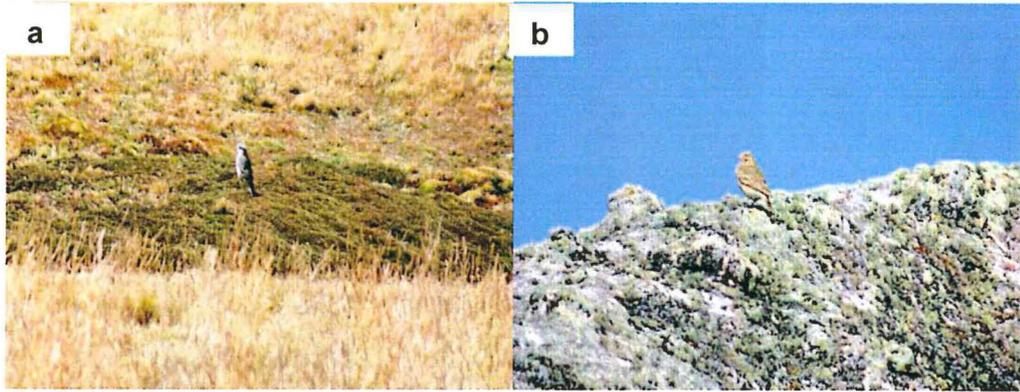


Figura 8-59. Especies del hábitat bofedal en el área de estudio a) *Muscisaxicola flavinucha* «dormilona de nuca blanca» y b) *Geositta saxicolina* «minero de cola andina»

El hábitat césped de puna, fue la segunda con la mayor riqueza y abundancia de especies, con 18 especies y 109 individuos, que representa el 41,86 % de la riqueza total. Este hábitat fue considerado como un área de importancia para la conservación debido a su cercanía con otros hábitats como el pajonal, roquedal, bofedal y lagunas altoandinas, así como por la diversidad de aves que alberga, entre las que destacan *Geositta saxicolina*, especie endémica del Perú, *Leptasthenura andicola*, *Asthenes modesta*, *Thinocorus orbignyianus*, entre otras (Figura 8-60).

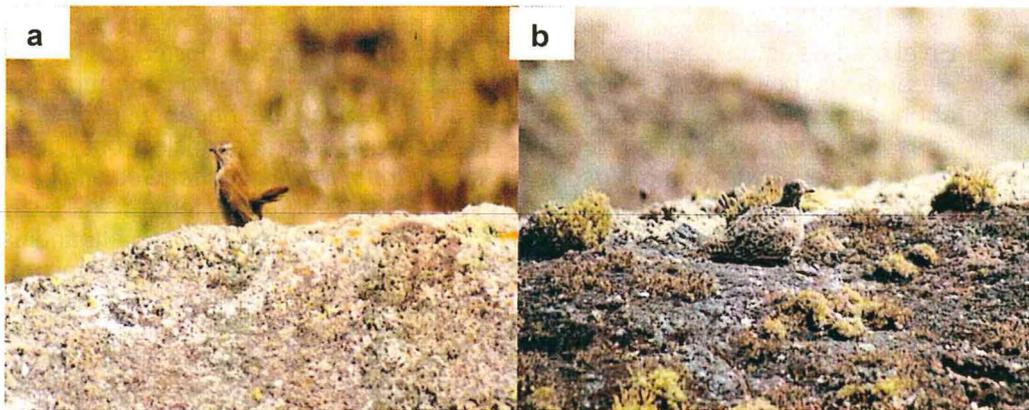


Figura 8-60. Especies del hábitat césped de puna en el área de estudio a) *Asthenes modesta* «canastero cordillerano» y b) *Thinocorus orbignyianus* «agachona de pecho gris»

El hábitat roquedal, generalmente se encontró aledaño al bofedal, césped de puna o suelos crioturbados. En este hábitat se registró 18 especies de aves que representaron el 41,86 % de la riqueza total. Se registró especies como *Phrygilus plebejus*, *P. unicolor*, *Diuca speculifera*, *Zonotrichia capensis*, *Muscisaxicola griseus*, *M. albifrons*, *M. juninensis*, *Cinclodes albiventris*, *Attagis gayi*, entre otras. El roquedal constituye una zona de conservación de la avifauna, ya que ofrece zonas de refugio frente a los depredadores, así como zonas de descanso y alimentación.

La riqueza de especies y abundancia de aves en los EF, estuvo influenciada por la presencia de los hábitats evaluados en cada uno de ellos. Los resultados muestran que la mayor riqueza y abundancia se registraron en los EF 1 y EF 6, pertenecientes a las microcuencas Imaginamayu y Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa respectivamente. En el EF 1 se evaluaron cuatro tipos de hábitats (pajonal, césped de puna, laguna y bofedal) mientras que en el EF 6, solo tres tipos (bofedal, césped de



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»

puna y roquedal). Estos ecosistemas albergaron la mayor diversidad de hábitats y a su vez fueron los que han albergado la mayor diversidad de especies.

Por el contrario, los EF que presentaron la menor riqueza y abundancia de especies fueron EF 3 y EF 4, pertenecientes a las microcuencas Supayhuasi y Quelcaya respectivamente. EF 4 según el mapa de ubicación de futuros componentes (Anexo 1) corresponde a un área de uso minero directo, durante la evaluación no se ha registrado actividad alguna; sin embargo, se registró bocatomas de mina antigua y áreas erosionadas producto de actividades pasadas, esto quizás ha influido en la poca diversidad de especies. Por el contrario, EF 3, a pesar que presentó hábitats de bofedal, césped de puna y suelos crioturbados, registró una baja diversidad de especies, quizás debido a la extensión del hábitat de suelos crioturbados y a la poca vegetación presente, lo cual ocasionó la infima presencia de alimento para las aves (insectos y plantas), así como la reducción de zonas de refugio y aumento del peligro, pues al ser una zona abierta, las pocas especies se convierten en presa fácil de los depredadores.

El área de estudio presentó cuatro microcuencas, las cuales albergan una diversidad de aves asociada a los hábitats que albergan. La microcuenca con mayor riqueza y abundancia fue Imaginamayu con 35 especies y 274 individuos, estos valores se debieron a que esta cuenta con la presencia de todos los hábitats evaluados en el área de estudio, pajonal, roquedal, suelos crioturbados, laguna, césped de puna y bofedal; las cuales, debido a las diferentes características geográficas y a la diferente vegetación que lo rodea, permitió la presencia de esta importante diversidad de aves. La microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa fue la que le sigue, con 24 especies y 179 individuos; la Supayhuasi, es la siguiente con 23 especies y 139 individuos; y, por último, la Quelcaya, solo con 8 especies y 18 individuos. Es importante mencionar que, estas microcuencas solo cuentan con 3 hábitats, lo cual no permite que aumente la riqueza de especies en cada una.

Las especies Cites, son especies categorizadas de esta manera debido a la excesiva explotación generada por el comercio internacional. Las especies se agrupan en los Apéndices según el grado de amenaza debido al comercio internacional (Cites, 2017). Durante la evaluación se registró cinco especies dentro del Apéndice II de Cites, estas especies fueron en su mayoría halcones o aguilucho (*Phalcoboenus megalopterus*, *Geranoaetus melanoleucus* y *G. polyosoma*) y un picaflor (*Oreotrochilus estella*), ambos grupos cumplen funciones importantes en el ecosistema. Los picaflores presentan una gran importancia ecológica debido a que cumplen la función de ser agentes polinizadores, en cambio las rapaces son carnívoros ubicados en lo alto de la cadena alimenticia, cumpliendo una función reguladora con el objetivo de mantener el recambio poblacional de las especies. 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.

La especie con mayor abundancia registrada fue *Cinclodes albiventris* «churrete de ala crema», esta especie reportó un total de 82 individuos, la misma que fue registrada en todas las microcuencas evaluadas; obteniendo los mayores valores de riqueza en la microcuenca Imaginamayu con 42 individuos reportados, resultando el bofedal, el hábitat preferido por ellos. Vielma y Medrano (2015), nos dicen que *Cinclodes albiventris* utiliza gran variedad de hábitats, como zonas abiertas con praderas, playas y zonas arbustivas, así como cerca de poblados. Se alimenta de invertebrados, incluyendo invertebrados acuáticos, y también de semillas. Posiblemente la presencia de esta especie en todos los bofedales (incluso en todos los hábitats evaluados) se debió a la presencia de insectos o invertebrados acuáticos presentes en ellos, los



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a vertical list of initials: H, O, A, B, C, D, E.



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

cuales forman parte de su dieta alimenticia, permitiéndoles vivir adecuadamente, y así puedan tener un recambio poblacional y preservar la especie (Figura 8-61).



Figura 8-61. Individuo de la especie *Cinclodes albiventris* «churrete de ala crema» en el área de estudio

Las especies con menor abundancia registrada fueron *Geranoaetus polyosoma* «aguilucho variable», *G. melanoleucus* «aguilucho de pecho negro» y *Oreotrochilus estella* «estrellita andina»; estas registraron solo un individuo en toda el área de estudio. La poca abundancia de los aguiluchos podría deberse a su territorialidad, capacidad de desplazamiento y alimentación, características que no permiten la confluencia de otras especies debido a la competencia que se podría generar, reduciendo los recursos de su hábitat y poniendo en riesgo la supervivencia de ellos. Por el contrario, la poca abundancia del colibrí (estrellita andina), podría estar condicionada al tipo de vegetación presente en los hábitats evaluados y al comportamiento de esta especie.

Los cuerpos de agua de la puna presentan una gran heterogeneidad química y grandes fluctuaciones estacionales e interanuales asociadas a causas naturales y antrópicas. Paralelamente, presentan una sorprendente diversidad y abundancia de avifauna acuática, albergando especies raras, singulares por su alto grado de especialización y tolerancia a aguas hipersalinas y grandes amplitudes térmicas diarias, como los flamencos altoandinos. Los flamencos y otras especies acuáticas utilizan durante el verano, alternativa y complementariamente muchos de estos lagos altoandinos para nidificación, alimentación y refugio, conectando funcionalmente más allá de las fronteras, humedales aparentemente aislados. En invierno una alta proporción de la población de ambas especies se desplaza a los humedales salinos de tierras bajas. El flamenco más ampliamente distribuido es *Phoenicopterus chilensis*, esta especie según la UICN está categorizada como una especie Casi amenazada (NT), la población ha mermado considerablemente en los últimos años motivado principalmente por la caza, recolecta de los huevos para consumo, así como la degradación de su hábitat. Igualmente está incluido en el Cites, Apéndice II (CMS, 2015). Durante la evaluación se reportó la presencia de *P. chilensis*, lo que permitió adicionar al área de estudio como un potencial sitio de visita para alimentación y refugio de esta especie que, según lo mencionado antes, es una especie que ha mermado su población, por lo que su registro se convierte en uno de vital importancia.

8.5.3. Mamíferos silvestres

En el área de estudio se registró un total de ocho especies de mamíferos silvestres mediante el método de recorridos por transectos (seis especies registradas) y por medio de registros fotográficos con cámaras trampa (siete especies registradas).



Handwritten notes in blue ink, including a large flourish and several lines of text.



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

Comparada con el Informe Técnico Sustentatorio⁶⁹ del proyecto minero Corani de BCM que reporta siete especies, sin considerar las dos especies mencionadas mediante entrevistas a los pobladores locales y las cuatro especies correspondientes a mamíferos menores no voladores (ratones). Esta información fue obtenida mediante el método de recorridos y entrevistas. El esfuerzo de muestreo realizado fue de 12 transectos o recorridos, abarcando un total de 15,6 km en un tiempo de 21 horas y 58 minutos, considerando que la razón del recorrido es de 1,0 a 1,5 km/hora (Peres, 1999; Wallace, 1999). Esta evaluación se desarrolló previa identificación de las microcuencas: Supayhuasi, Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa, Imaginamayu y Quelcaya, indicando que en cada microcuenca se encuentran bofedales considerados como ecosistemas frágiles.

En la evaluación por medio de recorridos, en la microcuenca Imaginamayu (EF 1 y EF 2) se registró el mayor número de especies de mamíferos silvestres (seis especies), en donde el esfuerzo también fue mayor con seis recorridos con un total de 7,7 km con una inversión de tiempo de 10 horas y 53 minutos, seguido de las microcuencas Supayhuasi (EF 3 y EF 4) y Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (EF 6) con tres especies cada una respectivamente. Estas zonas se encuentran aledañas al área propuesta para la actividad de extracción minera (EIA-d⁷⁰), donde las formaciones rocosas, vegetación de pajonal, césped de puna y bofedal predominan (Anexo 1).

Mediante el análisis de ajuste de la curva de acumulación de especies considerando solo las registradas (6 especies) mediante recorridos se ha logrado obtener, que las unidades de muestreo (12 recorridos) fue el óptimo para registrar la totalidad de especies potencialmente presentes en el área de estudio. Sin embargo, mediante el registro por medio de cámaras trampa, esta se incrementó a ocho especies en total. Adicionalmente, por medio de las cámaras trampa se logró el registro de especies raras y de difícil observación. Las cámaras trampa son una herramienta muy útil para el muestreo y monitoreo de poblaciones de especies de carácter críptico o raras, debido a que permiten ampliar nuestras observaciones de las especies en el tiempo y el espacio sin interferir con su conducta (Lynam, 2002; Karanth y Nichols, 2002; Karanth *et al.*, 2004; Silver, 2004; Kays y Slauson, 2008).

Es así que mediante el método de muestreo por cámaras trampa, cuyo esfuerzo fue de 325 trampas-noche por un periodo de 29 a 36 días se ha logrado el registro de siete especies, dos de las cuales enriquecieron la lista de especies registradas por medio de recorridos, a diferencia de las metodologías usadas en el Informe Técnico Sustentatorio⁷¹ por recorridos y entrevistas a pobladores locales que reporta siete especies de mamíferos mayores.

Del total de especies registradas, cinco de ellas se encuentran en la lista de conservación nacional e internacional. Entre las que destacan *Hippocamelus antisensis* «taruca» categorizada como especie vulnerable (VU) por IUCN y Cites Apéndice I, el *Puma concolor* «puma» categorizada en estado de Casi amenazada (NT) por la legislación nacional y Cites Apéndice II, el *Leopardus colocolo* «gato de pajonal» categorizada con Datos insuficientes (DD) por legislación nacional, Cites Apéndice II y casi amenazada (NT) por IUCN; así mismo, la *Vicugna vicugna* «vicuña» se encuentra en categoría de casi amenazada (NT) por la legislación nacional y en el Cites I, y por último el «zorro» *Lycalopex culpaeus* considerada en el Cites Apéndice II.

69 Resolución Directoral N.º 012-2016-MEM-DGAAM.
70 Resolución Directoral N.º 355-2013-MEM/AAM.
71 Resolución Directoral N.º 012-2016-MEM-DGAAM.

Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a circular stamp from the OEFA and several illegible signatures.



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

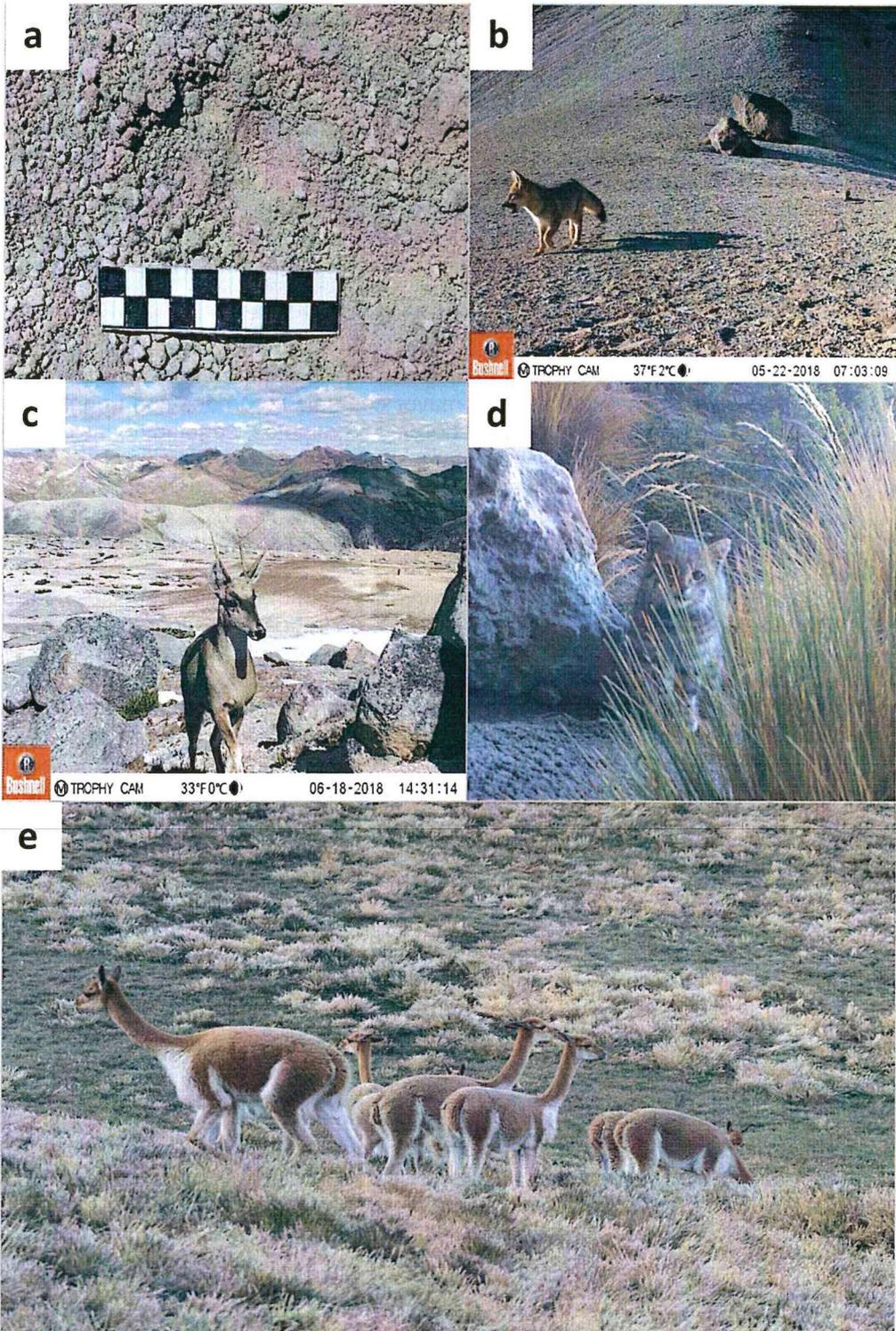


Figura 8-62. Especies identificadas a) huella de *Puma concolor* «puma», b) *Lycalopex culpaeus* «zorro», c) *Hippocamelus antisensis* «taruca», d) *Leopardus colocolo* «gato de pajonal», y e) *Vicugna vicugna* «vicuña»



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



9. CONCLUSIONES

9.1. Calidad de agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas

Microcuenca Supayhuasi (zona I)

El análisis de geoquímica de rocas en el área presentaron concentraciones de Sb, B, Ba, Cu, Pb, Zn, Cd, Hg, Se, Ta, Ru y U que superaron los valores promedios establecidos para la corteza continental; los cuales son potenciales generadores de acidez, debido a la presencia de rocas volcánicas alteradas del Miembro Chacacuniza y presencia de sulfuros, que generan drenaje ácido de roca (DAR) en las zonas asociadas a los futuros tajos (según análisis ABA), donde la concentración de plomo se encuentra biodisponible en las extracciones 1 (intercambiable) y 2 (asociados a carbonatos y bicarbonatos) de acuerdo al análisis de Tessier.

La calidad del agua en la naciente de la quebrada Minaspata (Cor-bof26, Cor-bof27, Cor-bof28, Cor-bof13A y BMina2), aguas arriba de los futuros componentes mineros, presentaron valores de pH entre 5,69 y 6,14 (época húmeda); a excepción del punto BMina2 que presentó un pH ligeramente ácido en época seca y neutro en época húmeda; además solo en época seca la concentración de manganeso excedió los valores del ECA para agua Cat3. Con relación a la calidad de sedimento en el punto SED-BMina2 (época seca), presentó concentraciones de arsénico, plomo y zinc que superaron el valor PEL. La naciente de la quebrada Minaspata se ubica sobre una geología del Miembro Sapanuta (unidad posmineral).

La quebrada Minaspata (QMina1), aguas abajo de la confluencia con la quebrada Sala Sala, presentó una disminución de los valores de pH (épocas seca y húmeda), y un aumento en las concentraciones de cadmio, cobre, plomo, talio, zinc, hierro, manganeso y cadmio disuelto (épocas seca y húmeda); arsénico, bario y mercurio (época seca) que excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4, con respecto al punto QMina4 (ubicado en la naciente); asimismo, se evidencia un cambio de facies en el agua, de bicarbonatadas-sódicas a sulfatadas mixtas (sódico cálcico). Además, la calidad biológica cambió de buena (presencia de macroinvertebrados bentónicos de la familia Trichoptera y Ephemeroptera) a pésima (ausencia total de macroinvertebrados bentónicos). Dichos cambios se deberían a las descargas, del efluente EF-BC-02 (pasivo ambiental minero), bofedal (Cor-bof19) y de las quebradas sin nombre (QSN2) y Sala Sala (QSala2).

En la quebrada Supayhuasi (QSupa3) ubicado aguas abajo del punto QMina1 presentó incremento de valores de pH 5,22 (época seca) y 5,91 (época húmeda), y disminución de las concentraciones de cadmio, plomo, zinc, manganeso y cadmio disuelto (épocas seca y húmeda); cobre, mercurio, aluminio (época seca); talio (época húmeda) con respecto al punto QMina1. Asimismo, ambos puntos presentaron facies sulfatadas-mixtas (sódicas cálcicas) y de acuerdo al diagrama de Ficklin cambió la clasificación de ácido con alta carga de metales a casi neutro con alta carga de metales. Con respecto a las comunidades hidrobiológicas, cambió la calidad biológica (ABI) para la época seca de pésima a moderada (época seca), mientras que en la época húmeda fue pésima en ambos puntos. Los cambios entre estos puntos se deberían al aporte de las quebradas Piruacarca (QPiru1), Intisayana (QInti1), Santocato (QSant1) y Pinchali (QPinc1 y QPinc2) y Escalera Cucho (QEsca1).

Las aguas subterráneas evaluados solo en época húmeda, presentaron facies bicarbonatadas sódicas en los puntos MGW-CO-11 y MGW-CO-09 y bicarbonatadas magnésicas en los puntos MGW-CO-07 y MWG-CO-08. Asimismo, las concentraciones de níquel, plomo, zinc (MGW-CO-11); bario, plomo, arsénico (MGW-



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a large signature at the bottom.



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

CO-07 y MWG-CO-08); plomo (MGW-CO-09) excedieron referencialmente los ECA para agua Cat3 o Cat4; y de acuerdo al diagrama de Ficklin las aguas subterráneas evaluadas en todos los puntos se clasifican como aguas casi neutras con baja carga de metales, cabe precisar que las aguas subterráneas se ubican en unidades volcánicas Miembro Sapanuta (MGW-CO-11), rocas sedimentarias del Grupo Mitu (MGW-CO-07 y MWG-CO-08), y en unidades volcánicas Miembro Chacacuniza y rocas sedimentarias del Grupo Mitu (MGW-CO-09).

Microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (zona II)

Las unidades litoestratigráficas predominantes corresponden a las rocas volcánicas de la Formación Quenamari-Miembros Chacacuniza y Sapanuta, las características geoquímicas indican la existencia concentraciones de As, Sn, Ba, Cr, Rb, Zn y U en los miembros Chacacuniza y Sapanuta; y de As, Sn, Rb, U y Ga en los subvolcánicos Cayo Orco y Huaña, que superaron los valores promedios establecidos para la corteza continental, cabe precisar que estos elementos se encuentran en la estructura mineral de las rocas frescas.

La laguna Cochapata (LCoch1) evaluada en época húmeda, registró un valor de pH ligeramente ácido (6,01) y concentración de fósforo que incumplió el ECA para agua Cat3 o Cat4; además, presentó facies sulfatadas cálcicas, y de acuerdo con el diagrama de Ficklin se clasifica como aguas casi neutras con bajas concentraciones de metales.

En la quebrada Collpamayo, el punto QColl2 presentó una disminución en los valores de pH y un incremento de las concentraciones de plomo, talio, zinc y cadmio que incumplieron los ECA para agua Cat3 o Cat4 con respecto al punto QColl1(naciente). Asimismo, las aguas se clasificaron como sulfatadas mixtas (cálcicas sódicas), y de acuerdo con el diagrama de Ficklin presentaron aguas ácidas con baja carga de metales en ambos puntos. Por otro lado, la concentración de arsénico en el sedimento, se incrementó en el punto SED-QColl2 con respecto al punto SED-QColl1; ambos puntos superaron los valores PEL de la CEQG. Esto se debería a la presencia de pasivos ambientales mineros (desmonteras) entre estos puntos, que por escorrentía llegarían a la quebrada Collpamayo.

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto HID-QColl2 se registró una disminución de riqueza de taxones y un incremento en la abundancia de organismos de las familias Glossiphoniidae y Muscidae, y de los órdenes Ephemeroptera y Trichoptera; y una disminución de organismos de la clase Oligochaeta y de la familia Chironomidae, con respecto al punto HID-Coll1.

La quebrada Collpamayo, evaluados solo en época húmeda, en el punto QColl3 en comparación con el punto QColl2, registró un aumento en el valor de pH y una disminución en la concentración de metales; registrándose incumplimiento de los ECA para agua Cat3 o Cat4 en los parámetros pH, fósforo y plomo; asimismo, presentan facies cálcicas mixtas (bicarbonatadas sulfatadas), que según el diagrama de Ficklin se clasificaron como aguas casi neutras con bajo contenido de metales. El cambio de la calidad del agua entre estos dos puntos se debería al aporte de la quebrada Minacucho (QMinac1), que presentó facies del tipo bicarbonatadas mixtas (cálcico sódico), donde únicamente la concentración de fósforo excedió el estándar mencionado.

El río Chacaconiza (RChac1), formado por la unión de las quebradas Collpamayo (QColc1), Sillactocto (QSill1) y Supayhuasi (QSupa3), registró disminución de pH (5,83) y concentraciones de fósforo, plomo, talio, zinc y cadmio disuelto con respecto al punto



Handwritten mark resembling an arrow pointing up

Vertical list of handwritten initials: H, O, Y, A, P, Ch., P., E.



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

QSupa3 que excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4 (época húmeda); además presentó facies sulfatadas mixtas (sódicas cálcicas) al igual que el punto QSupa3; mientras que los puntos QColc1 y QSill1 presentaron facies sulfatadas cálcicas y bicarbonatadas mixtas (cálcicas sódicas), respectivamente. De acuerdo con el diagrama de Ficklin, los puntos QColc1, QSill1 y RChac1 se clasifican como aguas casi neutras con baja carga de metales a diferencia del punto QSupa3 que se clasifica como aguas casi neutras con alta carga de metales.

El río Jarapampa (RJara1), presentó un incremento en el valor de pH (épocas seca y húmeda), con una disminución de las concentraciones de fósforo, plomo, talio, zinc y cadmio disuelto que excedieron los valores de los ECA para agua Cat3 o Cat4 con respecto al río Chacaconiza (RJara2) para la época húmeda, debido al aporte de la quebrada Imaginamayu (QImag4), donde la concentración de fósforo excedió el estándar mencionado sólo en época húmeda. Asimismo, los puntos RJara1 y RJara2 presentaron facies sulfatadas mixtas (cálcicas sódicas), a diferencia del punto QImag4 que presentó facies bicarbonatadas sódicas; y de acuerdo con el diagrama de Ficklin los tres puntos se clasifican como aguas casi neutras con baja carga de metales.

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto HID-RJara1 se registró una baja abundancia en ambas épocas, lo cual estaría relacionado a las condiciones de corriente rápida, dificultando el asentamiento de estos organismos en el lecho del río, principalmente en época húmeda debido al incremento del caudal. Además, la calidad biológica ABI y calidad hidromorfológica fueron moderadas en ambas épocas. Por otro lado, la calidad de sedimentos en el punto SED-RJara1 las concentraciones de arsénico (épocas húmeda y seca) y plomo solo en época húmeda, superaron el valor referencial PEL de la CEQG.

En los manantiales evaluados, el punto Mana7 presentó valores de pH ligeramente ácidos (época seca y húmeda) y concentración de fósforo solo en época húmeda que incumplieron los ECA para agua Cat3 o Cat4; mientras que, el punto Mana13 registró concentraciones de fósforo y cadmio disuelto (evaluado solo en época húmeda) que incumplieron los estándares mencionados. Estos puntos presentaron facies bicarbonatadas sódicas; y según el diagrama de Ficklin se clasificaron como aguas casi neutras con baja carga de metales.

Las aguas subterráneas en los puntos MGW-CO-01, MGW-CO-04, MGW-CO-05 y MGW-CO-06, evaluados en época húmeda, presentaron facies sulfatadas mixtas (sódica cálcica), bicarbonatadas mixtas (cálcico sódico), sulfatadas cálcicas y sulfatadas mixtas (sódica cálcica), respectivamente, y de acuerdo al diagrama de Gibbs se ubicaron en la zona de evaporación (flujo local); así también, estos puntos registraron valores de pH 6,37, 7,27, 6,63 y 5,36, respectivamente. De igual manera, las concentraciones de talio y zinc (MGW-CO-06), arsénico y plomo (MGW-CO-04 y MGW-CO-05) y fósforo (MGW-CO-01), incumplieron de manera referencial los ECA para agua Cat3 o Cat4 y de acuerdo con el diagrama de Ficklin los puntos mencionados se clasifican como aguas casi neutras con baja carga de metales. Cabe precisar, que las aguas subterráneas se ubican sobre unidades volcánicas del Miembro Chacaconiza (MGW-CO-01) y rocas sedimentarias del Grupo Mitu (MGW-CO-04, MGW-CO-05 y MGW-CO-06).

Microcuenca Imaginamayu (zona III)

Las unidades litoestratigráficas predominantes corresponden a las rocas volcánicas de la Formación Quenamari-Miembro Sapanuta (Nm-qu/sa), la composición geoquímica de las rocas volcánicas presenta valores de As, Be, Sn, Mo, Zn, Rb, Th,



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

U y Ga que superan a los valores promedios de la corteza continental, lo cual se correlaciona con la asociación de minerales en condiciones félsicas.

La calidad del agua en los puntos Cor-bof42 y Cor-bof46, ubicados en la naciente de la quebrada Imaginamayu, presentaron valores de pH 5,66 y 5,68 (época húmeda) respectivamente. El punto Cor-bof42 registró concentraciones de arsénico, cadmio, hierro, manganeso, zinc, plomo, talio (época húmeda), zinc (época seca); mientras que, el punto Cor-bof46 solo registró en la época húmeda concentraciones de zinc y plomo que excedieron los valores de los ECA para agua Cat3 o Cat4. Asimismo, ambos puntos presentaron facies bicarbonatadas sódicas. Por otro lado, el sedimento en los puntos SED-Cor-bof42 y SED-Cor-bof46, las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, cromo, plomo y zinc disminuyeron en época húmeda con respecto a la época seca; a excepción de mercurio en el punto SED-Cor-bof46 el cual registró un aumento, excediendo el valor ISQG de la CEQG.

La quebrada Imaginamayu evaluada en épocas húmeda y seca, durante su recorrido entre los puntos QImag1 y QImag2; y luego de recibir el aporte de la quebrada Pausicucho (QPaus1) no registró un cambio significativo en su calidad, a pesar de que la quebrada Pausicucho (QPaus1) presentó concentraciones de arsénico, plomo, fósforo y hierro (época húmeda) que excedieron los ECA para agua Cat3 o Cat4; asimismo, solo en el punto QImag1 se presentó concentraciones de fósforo (época húmeda) y de zinc (época seca) que excedieron los estándares mencionados. Además, los puntos evaluados presentaron facies bicarbonatadas sódicas y según el diagrama de Ficklin se clasifican como aguas casi neutras con baja carga de metales. Respecto a la calidad de sedimentos, la concentración de arsénico solo en época húmeda para el punto SED-QImag1 superó el valor ISQG de la CEQG.

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto HID-QImag2 presentó un incremento de organismos de los órdenes de Ephemeroptera y Trichoptera en ambas épocas, con respecto al punto HID-QImag1; así como un incremento de organismos del taxón *Macrelmis* sp. Cabe resaltar que, la quebrada Pausicucho (HID-QPaus1), presentó una composición comunitaria heterogénea en época seca; mientras que, en época húmeda se observó un incremento significativo en la abundancia del taxón tolerante *Cricotopus* sp., y un incremento de organismos de la clase Ephemeroptera y de la familia Elmidae, taxones sensibles y presentes en aguas bien oxigenadas. Según el índice biológico ABI, la calidad biológica en todos los puntos evaluados fueron entre moderada a buena.

En la laguna Chullumpicocha (LChul1), predominó las facies bicarbonatadas sódicas, y según el diagrama de Ficklin se clasifican como aguas casi neutras con baja carga de metales en ambas épocas, donde los valores de los parámetros registrados cumplieron con los ECA para agua Cat3 o Cat4.

Microcuenca Quelcaya (zona IV)

Las unidades litoestratigráficas predominantes corresponden a las rocas volcánicas de la Formación Quenamari-Miembro Chacacuniza (Nm-qu/ch), la geoquímica de las rocas volcánicas del Miembro Chacacuniza indicaron que los elementos As, Ba, Cr, Sn, Rb, Th, U y Ga superan a los valores promedios de la corteza continental.

En la quebrada Simiaje, evaluada sólo en época húmeda, el punto QSimi2 (ubicado aguas abajo de la confluencia de la quebrada sin nombre) presentó un incremento en la concentración de fósforo con respecto al punto QSimi1 (naciente del río Quelcaya), que incumplió los ECA para agua Cat3 o Cat4; con cambios en sus facies de sulfatadas mixtas (cálcico sódico) a bicarbonatadas mixtas, debido al aporte de la quebrada sin



↑

Vertical handwritten notes in blue ink on the left margin.



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

nombre (QSN3), la cual registró concentraciones de cadmio disuelto y fósforo que incumplieron el mencionado estándar; además, presentó facies bicarbonatadas sódicas. De acuerdo al diagrama de Ficklin, los tres puntos evaluados se clasificaron como aguas casi neutras con baja carga de metales. Con relación a la calidad de sedimentos, las concentraciones de arsénico (SED-QSimi1) y mercurio (SED-QSimi2) superaron los valores PEL de la CEQG. Habiendo un incremento en la concentración de mercurio y una disminución de la concentración de arsénico en el punto SED-QSimi2.

Respecto a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto HID-QSimi2 se registró una composición comunitaria heterogénea, con presencia de organismos de los órdenes: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, indicadores de buena calidad del agua; así como, presencia y predominio de organismos de la clase Hirudinea, presente en ambientes con alta carga orgánica. Esta heterogeneidad comunitaria se ve facilitada por la mayor disponibilidad de mesohábitats en época húmeda, lo cual es respaldado por una valoración de calidad hidromorfológica moderada; así como también, una calidad biológica moderada (índice ABI).

El tramo comprendido entre las quebradas Quellapujio (QQuel1) y Misachancara (QMisa1), recibe los afluentes de las quebradas Maijo Aje (QMaij1), Chaupitera1 (QChau1) y Chaupitera2 (QChau2). El punto QMisa1 (ubicado aguas abajo de los afluentes mencionados) presentó un incremento de las concentraciones de plomo y zinc, y disminución de fósforo con respecto al punto QQuel1, las concentraciones de fósforo y plomo incumplieron los ECA para agua Cat3 o Cat4; asimismo, las facies cambiaron de bicarbonatadas mixtas (potásico cálcicas) a mixtas (sulfatadas bicarbonatada-cálcica sódica). Dicho incremento de la concentración de plomo y zinc se debería al aporte de la quebrada Chaupitera2 (QChau2), mientras que las quebradas Maijo Aje (QMaij1) y Chaupitera1 (QChau1) actúan como diluyentes, cabe señalar que los afluentes presentaron facies bicarbonatadas sódicas. De acuerdo al diagrama de Fickin todos los puntos evaluados se clasificaron como aguas casi neutras con baja carga de metales. Con respecto a la calidad de sedimento, el punto SED-QMisa1 registró una disminución de las concentraciones de arsénico, mercurio y plomo que superaron los valores PEL de la CEQG.

El tramo comprendido en el río Quelcaya, entre los puntos RQuel1 y RQuel2 se ubica la comunidad campesina de Quelcaya, que recibe como afluentes a las quebradas sin nombre y Silitoco (QSiti1). En el punto RQuel2 (aguas abajo) las concentraciones de fósforo y plomo disminuyeron con respecto al punto RQuel1, donde solo el fósforo excedió los ECA para agua Cat3 o Cat4 en ambos puntos evaluados; mientras que el plomo excedió el referido estándar solo en el punto RQuel1 (época húmeda). Asimismo, las facies cambiaron de sulfatadas sódicas a bicarbonatadas mixtas (cálcica sódica) en época seca y de bicarbonatadas sódicas a bicarbonatadas cálcicas en época húmeda; y de acuerdo al diagrama de Ficklin, ambos puntos evaluados se clasificaron como aguas casi neutras con baja carga de metales.

Respecto a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto HID-RQuel2 (época húmeda), se observó disminución en la riqueza y abundancia con respecto al punto HID-RQuel1; así también, la calidad biológica (índice ABI) cambió de buena a moderada, mientras que la calidad hidromorfológica fue moderada en ambos puntos. Esta variación se debería al aporte de las quebradas sin nombre y la quebrada Silitoco (QSiti1), esta última con facies hidroquímicas de tipo bicarbonatadas mixtas (época seca y húmeda); y de acuerdo al diagrama de Ficklin se clasifica como aguas casi neutras con baja carga de metales. Además, la calidad hidromorfológica y calidad biológica (índice ABI) de este punto en época húmeda, fue moderada y buena,



Handwritten notes and signatures on the left margin, including an arrow pointing up and several illegible signatures.



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

respectivamente. Por otro lado, en los sedimentos, la concentración de arsénico solo en el punto SED-RQuel1 (época seca) superó el valor PEL de la CEQG.

El manantial (Mana10), ubicado a 300 m del punto RQuel1, presentó valores de pH de 7,14 (época seca) a 7,6 (época húmeda). Asimismo, la concentración de fósforo excedió de manera referencial los ECA para agua Cat3 o Cat4 solo en época húmeda. Sin embargo, al realizar la comparación referencial con el ECA para agua categoría 1 – A1: «Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección» (ECA agua Cat1A1), las concentraciones de arsénico (época seca y húmeda) y hierro (época seca) superaron el estándar mencionado. Para el caso del arsénico, la excedencia con respecto al valor ECA agua Cat1A1 (0,01 mg/L), en época seca fue 0,008 mg/L; mientras que para la época húmeda fue 0,0008 mg/L.

Las aguas subterráneas en los puntos MGW-CO-02 y MGW-CO-03, evaluados en época húmeda, presentaron facies sulfatadas mixtas (cálcico magnésico) y bicarbonatadas sódicas; de acuerdo al diagrama de Gibbs se ubicaron en la zona de evaporación (flujo local); clasificándose según el diagrama de Ficklin como aguas ácidas con elevada carga de metales y aguas casi neutras con baja carga de metales. Estos puntos registraron valores de pH 4,65 y 7,67; las concentraciones de cadmio disuelto, hierro, manganeso, plomo, talio, zinc (MGW-CO-02), arsénico, boro, fósforo, hierro, manganeso (MGW-CO-03) excedieron de forma referencial los ECA para agua Cat3 o Cat4. Cabe precisar que las aguas subterráneas se ubican sobre unidades volcánicas del Miembro Chacacuniza (MGW-CO-02 y MGW-CO-03).

9.2. Calidad del aire

Las direcciones predominantes de los vientos en las comunidades campesinas de Chacaconiza (AIR-CO-01) y Quelcaya (CA-COR-02) fueron norte (N) y sureste (SE). Asimismo, las concentraciones de PM₁₀ y PM_{2,5} reportadas en los dos puntos, cumplieron con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para aire (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM). Por otro lado, las concentraciones de metales evaluados en los dos puntos fueron menores a los señalados en los Criterios de calidad de aire establecidos por el Ministerio del Ambiente de Ontario, Canadá, abril de 2012 (Ambient Air Quality Criteria-AAQC) comparados referencialmente.

9.3. Nivel de fondo

Las áreas de nivel de fondo ZNF-2 y ZNF-4 presentan basamento volcánico y sedimentario-volcánico (mixto) respectivamente. EL tipo de suelo corresponde a Consociación Minaspatá – Santo Cato (MSt) y Consociación Pausicucho (Pa). El ZNF-2 yace sobre rocas volcánicas de la Formación Quenamari – Miembro Chacacuniza; mientras que, el ZNF-4 se desarrolló sobre depósitos aluviales, cuyo basamento corresponde al Grupo Mitu (sedimentario) y a rocas volcánicas del Miembro Chacacuniza.

De la evaluación en el nivel de fondo ZNF-2, la distribución espacial de los metales y metaloides, las concentraciones de plomo cadmio y bario es mayor en los puntos ubicados cercanos al tajo mina principal y el depósito de desmonte de mina principal, disminuyendo conforme se alejan de estos componentes; mientras que, las concentraciones de arsénico, mercurio y cromo son homogéneas en el área de evaluación. Asimismo, en el nivel de fondo en la ZNF-4, las concentraciones de plomo cadmio y bario es mayor en los puntos que se encuentran más cercanos al tajo este, disminuyendo conforme se alejan de este componente; en tanto, las concentraciones de arsénico, mercurio y cromo son homogéneas en la zona de evaluación.



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a vertical list of initials and a larger signature at the bottom.



9.4. Flora silvestre

Se registraron 153 especies agrupadas en 35 familias botánicas y 80 géneros, donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae, y los géneros más diversos fueron Senecio y Calamagrostis. La vegetación de roquedal fue la formación con mayor riqueza, con 89 especies; seguida del bofedal con 76 especies. Por otro lado, las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal fueron *Distichia muscoides* y *Calamagrostis brevifolia*; en el césped de puna, *Calamagrostis vicunarum* y *Aciachne pulvinata*; y en la vegetación de roquedal, *Senecio rufescens* y *Calamagrostis vicunarum*.

Del total de especies, en las microcuencas Supayhuasi (EF 3 y EF 4), Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (EF 6), Imaginamayu (EF 1 y EF 2) y Quelcaya (EF 5) se registraron un total de 73, 76, 102 y 53 respectivamente; donde en cada una de ellas 2, 5, 8 y 2 se encuentran en algún estado de conservación respectivamente.

Las formaciones más diversas fueron el césped de puna y la vegetación de roquedal, con 2,23 y 2,11 nits/individuos respectivamente. Las microcuencas más diversas fueron las microcuencas Imaginamayu (EF 1 y EF 2) y Supayhuasi (EF 3 y EF 4), con 2,04 y 1,99 nits/individuos respectivamente.

El análisis de escalonamiento multidimensional no métrico (NMDS) y de similitud evidenciaron que las formaciones vegetales evaluadas están bien definidas, siendo las más relacionadas entre sí, el césped de puna y la vegetación de roquedal en cuanto a las cuatro formaciones vegetales evaluadas; y también, las microcuencas Imaginamayu (EF 1 y EF 2) y Supayhuasi (EF 3 y EF 4), con respecto a las cuatro microcuencas evaluadas.

9.5. Fauna silvestre

Anfibios y reptiles

En el área de estudio se registraron dos especies de anfibios del Orden Anura, *Telmatobius* cf. *marmoratus* (familia Telmatobiidae) y *Pleurodema marmoratum* (familia Leptodactylidae); y una especie de reptil, lagartija *Liolaemus* gr. *signifer*, que fue la especie más abundante y que presentó mayor distribución.

El tipo de hábitat más diverso fue el bofedal, donde se registraron tres especies (dos anfibios y un reptil), seguida del hábitat de césped donde se registraron dos especies. Los hábitats césped de puna y suelo crioturbados, son los hábitats donde las lagartijas *L.* gr. *signifer* presentaron mayores valores de abundancia. Por otro lado, la microcuenca Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (EF 6) presentó mayor diversidad de anfibios y reptiles, seguida de la microcuenca Imaginamayu (EF 1 y EF 2).

La rana *Telmatobius* cf. *marmoratus*, es la única especie que está considerada como una especie vulnerable (VU) en el DS 0004- 2014 MINAG y en el listado de especies amenazadas de la Unión Internacional para la naturaleza (UICN, 2018). Esta especie se registró solo en la microcuenca de la quebrada Collpamayo-Chacaconiza-Jarapampa (EF 6) en el tipo de hábitat de bofedal.

Aves

En el área de estudio la avifauna registrada fue típica de la zona altoandina; se registraron 43 especies pertenecientes a 18 familias y 11 órdenes; dónde, los órdenes



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

que presentaron mayor número de especies fueron los Passeriformes con 25 especies, seguido de Charadriiformes y Apodiformes ambas con 4 especies; mientras que las familias con mayor número de especies fueron Tyrannidae con 9 especies, seguido de la familia Furnariidae con 7 especies y de la familia Thraupidae con 5 especies. Estos grupos taxonómicos son los más representativos de los ecosistemas altoandinos del Perú.

De las 43 especies registradas, 41 fueron consideradas residentes y 2 migratorias (Muscisaxicola cinereus y M. flavinucha), de las residentes, 27 especies fueron de ambientes terrestres y 14 de ambientes acuáticos. Asimismo, la especie con mayor número de individuos fue Cinclodes albiventris «churrete de ala crema», con 82 individuos; seguido de Phrygilus plebejus «fringilo de pecho cenizo», con 79 individuos. Es importante mencionar el registro del Phoenicopterus chilensis «flamenco chileno», especie nueva en el área de estudio.

Los hábitats evaluados presentaron una mezcla de especies de aves, con presencia de especies generalistas y propias de cada hábitat. La laguna Chullumpicocha fue importante para las aves acuáticas; mientras que el bofedal y pajonal fueron los hábitats que comparten especies terrestres.

El hábitat que presentó la mayor riqueza, abundancia y diversidad fue el bofedal, mientras que la microcuenca Imaginamayu (EF 1 y EF 2) registró la mayor riqueza y abundancia. Además, el hábitat que mostró la menor riqueza, abundancia y diversidad fueron los suelos crioturbados, mientras que la microcuenca Quelcaya (EF 5) fue la de menor riqueza y abundancia. La riqueza de especies fue muy significativa en el área de estudio encontrando 22 especies de interés para la conservación, de las cuales sola 1 es endémica de Perú y 13 restringidas al bioma Andes Centrales.

Según la legislación nacional se registró una especie categorizada como Vulnerable (VU), «bandurria de cara negra» *Theristicus melanopis*, y tres especies categorizadas como Casi amenazada (NT), siendo «flamenco chileno» *Phoenicopterus chilensis*, «zambullidor plateado» *Podiceps occipitalis* y «gallareta gigante» *Fulica gigantea*, todas estas especies son aves acuáticas.

Mamíferos silvestres

Con relación a los mamíferos silvestres, se registraron ocho especies de mamíferos mayores, de los cuales cuatro especies son del orden Carnívora. Asimismo, en la microcuenca Imaginamayu (EF 1 y EF 2), se presentó el mayor registro de especies de mamíferos silvestres por medio de recorridos y cámaras trampa, con seis y cinco especies, respectivamente.

Del total de especies registradas, cinco de ellas se encuentran en la lista de conservación nacional e internacional. Entre las que destacan *Hippocamelus antisensis* «taruca» categorizada como especie vulnerable (VU) por IUCN y Cites I; *Puma concolor* «puma» categorizada en estado de Casi Amenazada (NT) por la legislación nacional y Cites II; *Leopardus colocolo* «gato de pajonal» categorizada con Datos insuficientes (DD) por legislación nacional y Cites II, y casi amenazada (NT) por IUCN; así mismo, *Vicugna vicugna* «vicuña» se encuentra en categoría de Casi amenazada (NT) por la legislación nacional y Cites I; y por último, el «zorro» *Lycalopex culpaeus* considerada en el Cites II.



Handwritten notes in blue ink on the left margin, including the letters 'H', 'O', and 'P'.

**10. ANEXOS**

Anexo 1: Mapas

Anexo 2: Reportes de resultados (2017 y 2018)

Anexo 3: Reportes de campo (2018)

Anexo 4: Participación ciudadana (2018)

Anexo 5: Análisis estadístico para nivel de fondo y referencia

Anexo 6: Versión digital del informe N.º 092-2017-OEFA/SDCA-CMVA

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**Agua, hidroquímica**

Custodio, E. y Llamas, M. R.- (1976). Hidrología Subterránea. – Tomo I y II. Ed. Omega, Barcelona España.

Arnórsson S. (2000), Isotopic and Chemical Techniques in Geothermal Exploration, Development and Use. x+351 pp. Vienna: International Atomic Energy Agency. Volume 139.

Pulido A. (2014). Principios de hidrogeología kárstica. Editorial Universidad de Almería, 409 pp.

Ficklin W.H., Plumlee G.S., Smith K.S., & McHugh J, B. (1992). Geochemical classification of mine drainages and natural drainages in mineralized areas. En: Y. Kharaka, A. Maest (Eds.), Proceedings of water-rock interaction (pp 381–384). Rotterdam: Balkema.

Gibbs, R. J. (1970). Mechanisms Controlling Word Water Chemistry. Science, 170, 1088-1090

Aquilla Ruth Cecilia y Astorga Yamileth (2006). Influencia del uso de suelo en la calidad del agua en la subcuenca del río Sabonal, Costa Rica. Recursos Naturales y Medio ambiente. 81-82 pp.

Humberto Alzérreca, Guillermo Prieto, Jorge Laura, Demetrio Luna y Sergio Laguna (2001). Características y distribución de los bofedales en ámbito boliviano, asociación integral de ganaderos en camelidos de los andes altos, autoridad autónoma del Lago Titicaca (ALT)-Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), La Paz.

Suelo

Dixon W.J. (1953). Processing Data for Outliers. Biometrics 9: p.74-89.

Kaplan y Meier (1958). Nonparametric Estimation from Incomplete Observations. Journal of the American Statistical Association, Vol. 53. 457-481.

Klee R. (2014). Guidance for Calculating the 95% Upper Confidence Level for Demonstrating Compliance with the Remediation Standar Regulations. State of Connecticut Department of Energy and Environmental Protection, p. 12.

Rivera, Condori y Valencia (2011) – Metalogenia del uranio en las regiones de Cusco y Puno. INGEMMET, Boletín Serie B: Geología Económica.



Handwritten notes in blue ink on the left margin, including a checkmark and the letters 'M@', 'r', 'A', 'E', 'A', 'D', 'E'.



Rosner B. (1975). On the detection of many outliers. *Technometrics*, 17, p 221 -227.

Comunidades hidrobiológicas

Coffman y Ferrington (1979). Chironomidae. In Merrit, R. W. y K. W. Cummins An introduction to aquatic insects of North América. 3ª Ed. Department of Entomology. Michigan State University. 551-643 pp.

Raudez Reyes, Scarleth (2003). Importancia de la familia Chironomidae en el Río San Juan y Cuatro de sus Tributarios. CIRA- UNAN.

Moreno y Halffter (2000). Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*, 37: 149- 158.

Moreno, Barragán, Pineda y Pavón (2011). Reanalizando la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1249 – 126.

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

L. Jost (2006). Entropy and diversity *Oikos*, 113, pp. 363-375.

Pielou E. C. (1975). - Ecological diversity. Wiley, New York, 165 p.

Sokal y Michener (1958). A Statistical Methods for Evaluating Relationships. University of Kansas Science Bulletin, 38, 1409-1448.

Crisci y López Armengol (1983). Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Washington, D.C.: Departamento de asuntos científicos y tecnológicos de la Secretaría General de la OEA, serie de Biología, 132 p.

Hammer, Harper y Ryan (2001). Past: Paleontological Statistic software package for education and data analysis. *Paleontologia Eletronica* 4 (1): 1-9. http://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm [Accessed: 04/X/ 2011].

Encalada, Rieradevall, Ríos, García y Prat (2011). Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA-S). Quito, 86 pp.

Acosta, Ríos, Rieradevall y Prat (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: 35-64.

Villamarín, Rieradevall, Paul, Barbour y Prat (2013). A tool assess the ecological condition of tropical high andean streams in Ecuador and Perú: the IMEERA index. *Ecological Indicators*, 29, 29-92.

Caracterización geológica y geoquímica de roca

Ayala, E. (2008). Estudio estructural del yacimiento epitermal Ag-Pb-Zn-Au de Corani (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Madrid. España.

Mamani, M., Carlotto, V., Choquehuanca, S., Santos, A., Rodríguez, J., Cueva, E., Cereceda, C., Rodríguez, R. y Cacya, L. (2016). Base de datos litogeoquímica del Perú. Recuperado de: <http://www.ingemmet.gob.pe/bases-de-datos>.



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



Cheilletz, A., Clark, A., Farrar, E., Arroyo, G., MacArthur, D., Pichavant, M. (1990). Stratigraphy and Geochronology of the Macusani ignimbrite field: Chronometer of the Mio-Pliocene Geodynamic evolution of the Andes of SE Peru. 1° Symp. Ad. Geodyn.- ISAG, Grenoble, Orstom ed. 341-344.

Clark, A.H., Farrar, E., Kontak, D.J., Langridge, R.J., Arenas, M.J., France, L.J., McBride, S.L., Woodman, P.L., Wasteneys, H.A., Sandeman, H.A. & Archibald, D.A. (1990a). Geologic and geochronologic constraints on the metallogenic evolution of the Andes of Southeastern Peru. *Econ. Geol.*, 85, 1520-1583.

Carlotto, V., Quispe, J., Acosta, H., Rodríguez, R., Romero, D. Cerpa, L., Mamani, M. y Días, E., Navarro, P., Jaimes, F., Velarde, T. y Cueva, E. (2009) Dominios geotectónicos y metalogénesis del Perú. *Bol. Soc. Geol. Perú* 103: 1-89.

Gómez, W., Jaimes, F. y Carhuamaca, A. (2014). Mapa geológico del cuadrángulo de Nuñoa (Hoja 29u1). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Lima, Perú.

Hazen Research Inc, 2006. Mineralogy of Bear Creek Silver Ore Samples. Hazen Project 10404. July, 2006.

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingemmet). (2016). Manual de estándares de cartografía para la digitalización de los mapas geológicos CGN a escala 1:100 000. Dirección de Geología Regional. Recuperado de: <http://www.ingemmet.gob.pe/bases-de-datos>.

Kontak, D.J. & Clark, A.H. (2002). Genesis of the giant, Bonanza San Rafael lode tin deposit, Peru: origin and significance of pervasive alteration. *Econ. Geol.*, 97, 1741-1777.

López, J.C. (1996). Geología del cuadrángulo de Nuñoa (29-u), Boletín No. 74, Serie A, Carta Geológica Nacional, Lima – Perú, p. 170.

Rivera, R., Condori, N. y Valencia, J. (2011). Metalogénia del Uranio en las regiones de Cusco y Puno. Boletín N.º 23, serie B, Instituto geológico, minero y metalúrgico-Ingemmet.

Rodríguez, R., Choquehuanca, S. y Soberón, D. (2015). Mapa geológico del cuadrángulo de Corani (Hoja 28u2). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Lima, Perú.

Rudnick R.L. y Fountain D.M. (1995). Nature and composition of the Continental Crust: a lower crustal perspective. Now at Department of Earth and Planetary Sciences, Universidad de Harvard, Cambridge, Massachusetts.

Sandeman H.A., Clark A.H., Farrar E. (1995) An integrated tectono-magmatic model for the evolution of the southern Peruvian Andes (13–20s) since 55 Ma: *International Geology Review*, v. 37, p. 1039– 1073.



1

Mo
1
9
12
ch.
Di.
CP

**Flora silvestre**

Brako L. & Zarucchi J. L. (1993). Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. Vol. 45, p 1-1286.

Cano A., Mendoza W., Castillo S., Morales M. La Torre M.I., Aponte H., Delgado A., Valencia N. y Vega N. (2010). Flora y vegetación de suelos crioturbados y hábitats asociados en la Cordillera Blanca, Ancash, Perú. Rev per biol. 17(1): 095 – 0103.

Cano A., Delgado A., Mendoza W., Trinidad H., Gonzáles P., La Torre M.I., Chanco M., Aponte H., Roque J., Valencia N. y Navarro E. (2011). Flora y vegetación de suelos crioturbados y hábitats asociados en los alrededores del abra Apacheta, Ayacucho - Huancavelica (Perú). Rev. peru. biol. 18(2): 169 - 178

Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Cites). (2015). Recuperado de <https://www.cites.org/sites/default/files/esp/app/2015/S-Appendices-2015-02-15.pdf>

Ferreyra R. (1944). Revisión del género *Onoseris*. J. Arnold Arbor. Vol. 25 n° 3, p. 349-395.

Ferreyra R. (1946). A revision of the Peruvian species of *Monnina* (Polygalaceae). J. Arnold Arbor. Vol. 27, n° 2, p. 123-167.

Gentry, A. H. (1993). Overview of the Peruvian Flora. In BRAKO, Lois y ZARUCCHI, James L. Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. Vol. 45, p xxix-xxxviii.

González, P., Navarro E., Chanco M. y Cano A. (2015). *Nototriche carabayensis* (Malvaceae), una especie nueva de los Andes de Perú. Darwiniana 3(1): 108-113.

IUCN (2018). IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018.1. <www.iucnredlist.org>.

León B., Roque J., Ulloa-Ulloa C., Pitman N., Jorgensen P. M. y Cano A. (2006). El libro rojo de las especies endémicas del Perú. Rev. per. Biol. Número especial vol. 13, n° 2, 971 p.

Macbride, J. F. *et al.* 1936 y siguientes. Flora of Peru. Botanical Series. Field Museum of Natural History. Botanical Series. Chicago.

Matteucci S. D. y Colma A. (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 U. (1990). The genus *Bartsia* (Scrophulariaceae-Rhinanthoideae). Opera Bot. n° 102, p 1-99.

Mostacedo B. y Fredericksen T. S. (2000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOS). Santa Cruz- Bolivia, Ed. El País. 87 pp.



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a vertical list of initials and a large signature at the bottom.



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

- Odum E. (1972). Ecología. Editorial Interamericana. México. 639 pp.
- Oksanen J. (2011). Multivariate analysis of ecological communities in R: vegan tutorial. R package version 1.17-7. Recuperado de <http://vegan.r-forge.r-project.org/>
- Sagástegui, A. y Leiva, S. 1993. Flora invasora de los cultivos del Perú. 1nd ed. Trujillo, Editorial Libertad EIRL. 539 p.
- Shannon, C. E. 1948. «A Mathematical Theory of Communication». Bell System Technical Journal 27 (3): 379-423.
- Smith, A. R., Pryer K. M., Schuettpelz E., *et al.* (2006). A classification for extant ferns. Taxon. 2006, vol. 55, nº 3, p. 705-731.
- Soberón J. & Llorente J. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. Conserv. Biol. Vol 7, p. 480-488.
- Tovar O. (1993). Las gramíneas (Poaceae) del Perú. Ruizia. 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.

Fauna silvestre

Anfibios y reptiles

- Angulo A. (2008). Conservation needs of *Batrachophrynus* and *Telmatobius* frogs of the Andes of Peru. *Conservation and Society* 6:328–333.
- AmphibiaWeb. (2018). AmphibiaWeb, University of California, Berkeley, CA, USA. [07 de febrero de 2018]. Recuperado de: <https://amphibiaweb.org>
- Barrionuevo J.S., Ponssa M.L. (2008). Decline of three species of the genus *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from Tucuman province, Argentina. *Herpetologica* 64, 47–62
- Barrionuevo J. S. (2017), Frogs at the summits: phylogeny of the Andean frogs of the genus *Telmatobius* (Anura, Telmatobiidae) based on phenotypic characters. *Cladistics*, 33: 41-68. doi:10.1111/cla.12158
- Behar S. (1997). Testing the Waters: Chemical and Physical Vital Signs of a River. River Watch Network, Montpelier, VT, USA., ISBN: 0-782-3492-3, pp: 211.
- Catenazzi A., Lehr E., Rodriguez L.O., Vredenburg V.T., (2011). *Batrachochytrium dendrobatidis* and the collapse of anuran species richness and abundance in the upper Manu National Park, southeastern Peru. *Conserv. Biol.* 25, 382–391.
- Chao A. y Jost L. (2012) Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93, 2533–2547.
- De la Gálvez Murillo E. and Pacheco L.F. (2009). Abundancia y estructura poblacional de la lagartija jararank'o (*Liolaemus signifer*; Liolaemidae-Lacertilia-Reptilia) en zonas



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a large 'A' and several illegible scribbles.



con y sin extracción comercial en el Altiplano de Bolivia. *Tropical Conservation Science* 2(1): 106-115.

De la Riva I. (2002). Rediscovery and taxonomic status of *Telmatobius marmoratus gigas* Vellard, 1969 «1968» (Anura: Leptodactylidae). *Herpetologica* 58: 220–228.

EPA., (2012). Water: Monitoring & assessment 5.9 conductivity. Environmental Protection Agency, USA. <https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/vms59.html>.

Freda J., (1986). The Influence of Acidic Pond Water on Amphibians: A Review. *Water, Air and Soil Pollution*, 30(1986), pp.439–450.

Hammer Ø., Harper D.A.T., and P. D. Ryan (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.

Horne M.T. y Dunson W.A., (1994). Exclusion of the Jefferson salamander, *Ambystoma jeffersonianum*, from some potential breeding ponds in Pennsylvania: Effects of pH, temperature, and metals on embryonic development. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 27(3), pp.323–330.

IUCN SSC Amphibian Specialist Group. (2015). *Telmatobius marmoratus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e. T57349A3059350. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T57349A3059350.en>.

Oksanen, J., F. G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. H. H. Stevens, and H. Wagner. (2017). vegan: Community ecology package. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>

Pacheco L. F. (1988). *Actividad, densidad y hábitos alimenticios de dos especies de Liolaemus (Iguanidae)*. Tesina de Técnico Superior en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. 36 pp.

Sadinski W., y Dunson W. (1992). A Multilevel Study of Effects of Low pH on Amphibians of Temporary Ponds. *Journal of Herpetology*, 26(4), 413-422. doi:10.2307/1565117

Seimon T. A., A. Seimon, P. Daszak, S. R. P. Halloy, L. M. Schloegel, C. A. Aguiar, P. Sowell, A. D. Hyatt, B. Konecky, and J. E. Simmons (2007), Upward range extension of Andean anurans and chytridiomycosis to extreme elevations in response to tropical deglaciation, *Global Change Biol.*, 13, 288–299.

Seimon T.A., Seimon A., Yager K., Reider K., Delgado A., Sowell P., Tupayachi A., Konecky B., McAloose D. & Halloy S. (2017) Long-term monitoring of tropical alpine habitat change, Andean anurans, and chytrid fungus in the Cordillera Vilcanota, Peru: Results from a decade of study. *Ecology and Evolution*, 7, 1527–1540.

Uetz P., Freed P. & Jirí Hošek (eds.). (2017). *The Reptile Database* [07 de febrero del 2018]. Recuperado de: <http://www.reptile-database.org>.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2018). *The IUCN Red List of Threatened Species* vers. 2017-3 [07 de agosto del 2018]. Recuperado de: <http://www.iucnredlist.org>



↑

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 25
 26
 27
 28
 29
 30
 31
 32
 33
 34
 35
 36
 37
 38
 39
 40
 41
 42
 43
 44
 45
 46
 47
 48
 49
 50
 51
 52
 53
 54
 55
 56
 57
 58
 59
 60
 61
 62
 63
 64
 65
 66
 67
 68
 69
 70
 71
 72
 73
 74
 75
 76
 77
 78
 79
 80
 81
 82
 83
 84
 85
 86
 87
 88
 89
 90
 91
 92
 93
 94
 95
 96
 97
 98
 99
 100



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

Vega L. E., P. J. Bellagamba y L. A. Fitzgerald. (2000). Long-term effects of anthropogenic habitat disturbance on a lizard assemblage inhabiting coastal dunes in Argentina. *Canadian Journal of Zoology*, 78: 1653–1660.

Vellard J., (1953). Estudios sobre batracios andinos. II. El grupo marmoratus y formas afines. *Mem. Mus. Hist. Nat. Javier Prado* 2, 1–53.

Von May R., Catenazzi A., Angulo A., Brown J.L., Carrillo J., Chávez G., Córdova J.H., Curo A., Delgado A., Enciso M.A., Gutiérrez R., Lehr E., Martínez J.L., Medina-Müller M., Miranda A., Neira D.R., Ochoa J.A., Quiroz A.J., Rodríguez D.A., Rodríguez L.O., Salas A.W., Seimon T., Seimon A., Siu-Ting K., Suárez J., Torres C., Twomey E., (2008). Current state of conservation knowledge on threatened amphibian species in Peru. *Tropical Conservation Science* 1, 376–396.

Watson A. S., Fitzgerald A.L., Damian Baldeon O.J. y Elías R.K. (2017). Habitat characterization, occupancy and detection probability of the Endangered and endemic Junín giant frog *Telmatobius macrostomus*. *Endangered species research* 32: 429–436.

Young B., Stuart S., Chanson J., Cox N., Boucher T. (2004). Joyas que están desapareciendo: El estado de los anfibios en el nuevomundo. *Nature Serve, Arlington*, p 53 in Spanish.

Aves

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

Britto, Berni. (2018). Actualización de las ecorregiones terrestres propuestas en el Libro Rojo de Plantas Endémicas del Perú.

(Bmap) Programa de Evaluación y Monitoreo de la Biodiversidad. (2017). *Aves de Bofedal.*

Cano A., Mendoza W., Castillo S., Morales m., La torre M., Aponte A., Delgado A., Valencia N., Vega N. (2010). Flora y vegetación de suelos crioturbados y hábitats asociados en la cordillera Blanca, Áncash, Perú. *Revista Peruana de Biología* 17(1): 95-103.

Cano A., Delgado A., Mendoza W., Trinidad H., Gonzáles P., La torre M., Chanco M., Roque J., Valencia N., Navarro E. (2011). Flora y vegetación de suelos crioturbados y hábitats asociados en los alrededores del abra Apacheta, Ayacucho-Huancavelica (Perú). *Revista Peruana de Biología* 18(2): 169-78.

Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals (CMS). (2015). Appendices I and II. [Internet]. Recuperado en : <http://www.cms.int/en/page/appendix-i-ii-cms> (Acceso 6 de junio 2018).

Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (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).



g
N
X
A
P
ch.
D.
E



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

Colwell R. (2011). Estimates: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 9. User's Guide and application published at <http://purl.oclc.org/estimates>.

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 en <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.

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

(IUCN) International Union for the Conservation of Nature. 2017. IUCN Red List of Threatened Species. [Internet] Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/>. [Acceso 5 octubre de 2017].

Kattan, H, G; H. Serrano & Aparicio. (1996). Aves de Escalete: Diversidad, estructura trófica y organización social. Cespdesia Vol. 21 (68) 920.

Machado M & Peña G. (2000). Estructura numérica de la comunidad de aves del orden Passeriformes en dos bosques con diferente grado de intervención antrópica en los corregimientos de Salero y San Francisco de Icho. Tesis de Pregrado Chocó – Colombia, U.T.CH. Facultad de Ciencias Básicas.

Moreno C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza.

Plenge M. A. (2017). Especies y subespecies de las aves del Perú. Lima, Perú. Recuperado en <https://sites.google.com/site/boletinunop/subespecies> (Acceso 22 mayo del 2018).

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 Perú 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.

Soberón J. & J. Llorente. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation biology*,7: 480-488.

Stolz D.F., Fitzpatrick J. W., Parker T.A. & Moskovits, D. K. (1996). Neotropical birds: ecology and conservation: Chicago, EE.UU. Chicago University Press.



Handwritten blue notes and signatures on the left margin, including the letters 'H', 'O', and 'C'.



Schulenberg T.S., Stotz, D.F., Lane D.F., O'Neill J. P. & Parker III, T. A. (2010). Aves de Perú. Serie Biodiversidad Corbidi 01. Centro de Ornitología y Biodiversidad-CORBIDI. Lima, Perú.

Tovar, O. (1973). Comunidades vegetales de la Reserva Nacional de Vicuñas de Pampas de Galeras, Ayacucho, Perú. Publicaciones del Museo de Historia Natural Javier Prado, serie B, Botany 27: 1-32.

Vielma A. & Medrano F. (2015). Identificación y ecología de los Churretes Identificación y ecología de los Churretes (Cinclodes) de Chile. La Criricoca N°19.

Villagrán C., Castro V. (1997). Etnobotánica y manejo ganadero de las vegas, bofedales y quebradas en el Loa superior, Andes de Antofagasta, Segunda Región, Chile. Chungará (Chile) 29: 275-304.

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 silvestres

Aquino R. M., Bodmer R. E., Gil J. G. (2001). Mamíferos de la cuenca del Río Samiria: Ecología poblacional y sustentabilidad de la caza. Junglevagt for Amazonas, AIF-WWF/DK. Iquitos.

Barrio J. (2010). Taruka Hippocamelus antisensis (d'Orbigny 1834). Páginas 77-88 en: Neotropical Cervidology: Biology and Medicine of Neotropical Deer. Editado por J.M.B. Duarte y S. González. FUNEP, Jaboticabal, Brazil y UICN, Gland, Suiza.

Boddicker M., Rodriguez J. J. y J. Amanzo. (2002). Indices for assessment and monitoring of large mammals within an adaptive management framework. Environmental Monitoring and Assessment 76: 105 - 123.

Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Cites). (2017). Apéndices I, II y III. 46 pp. En vigor a partir del 4 de octubre del 2017.

Hammer Ø., Harper D. A. T. and P. D. Ryan (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Paleontologia Electronica 4(1): 9pp.

IUCN. (2018). Red List of Threatened Species. The World Conservation Union <http://www.iusnredlist.org/>

Karanth K. U. y J. D. Nichols (eds.). (2002). *Monitoring tigers and their prey, a manual for researchers, managers and conservationist in tropical Asia*. Centre for Wildlife Studies, Bangalore, India.

Karanth, K.U., J.D. Nichols y N.S. Kumar. 2004. Photographic sampling of elusive mammals in tropical forest. Pp 229-247 en: Thomson W. L. (ed.). *Sampling rare or elusive species*. Island Press. Washington.

Kays, R.W. y K.M. Slauson. (2008). Remote Cameras. Pp. 110-140 en: R.A. Long, P. MacKay, W.J. Zielinski y J.C. Ray (eds.). *Noninvasive survey methods for carnivores*. Island Press. Washington D.C.



↑

M
 10
 4
 F
 d.
 2.
 E



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

Krebs, C. J. (1989). *Ecological methodology*. Harper Collins Publ. 654 pp.

Lynam A. (2002). Métodos de trabajo de campo para definir y proteger poblaciones de gatos grandes: los tigres indochinos como un estudio de caso. Pp. 62 en: R. Medellín, C. Equihua, C. Chetkiewics, A. Rabinowitz, P. Crawshaw, A. Rabinowitz, K. Redford, J. G. Robinson, E. Sanderson y A. Taber (eds.). *El jaguar en el nuevo milenio: una evaluación de su estado, detección de prioridades y recomendaciones para la conservación de los jaguares en América*. Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México y Wildlife Conservation Society. México.

Magurran A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey.

Moreno C. E. (2001). *Métodos para medir la Biodiversidad*. 1era Edición. Manuales y Tesis. Editado por CYTED (Programa Iberoamericano de ciencia y Tecnología para el Desarrollo). Volumen 1: 83 pp.

Pacheco V. (2002). Mamíferos del Perú. Pp. 503 - 549, en Cevallos G. y Simonetti J. A. (Eds.), *Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F.

Pacheco, V., R. Cadenillas, E. Salas, C. Tello y H. Zeballos. (2009). Diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 16(1): 5-32.

Peres C. (1999). General guidelines for standarizing line transect surveys of tropical primates. *Neotropical Primates* 7: 11 – 16.

Silver S. (2004). *Estimando la abundancia de jaguares mediante trampas-cámara*. Wildlife Conservation Society, Nueva Cork.

Soberón J. & J. Llorente (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conserv. Biol.*, 7: 480-488.

Villalba L., Lucherini M., Walker S., Cossíos D. and others (2004). The Andean cat: a conservation action plan. *Andean Cat. Alliance*, La Paz.

Wallace R. B. (1999). Transectas lineales: Recomendaciones sobre diseño, práctica y análisis. P. VI-1 – VI-14 en L. Painter, D. Rumiz, D. Guinart, R. Wallace, B. Flores & W. Townsend (eds.). *Técnicas de Investigación para el Manejo de Fauna Silvestre: Un Manual del Curso Dictado con motivo del III Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. BOLFOR Documento Técnico 82/1999, Santa Cruz.



Vertical handwritten signature in blue ink