7.1.3 Microcuenca Huayllani

7.1.3.1 Resutados de agua superficial comparados con los ECA

Zona V: Quebrada Huayllani y tributarios

a. pH

En la Figura 7-85 se representan el potencial de hidrógeno (pH) en el agua superficial de la quebrada Huayllani y sus tributarios, donde se puede apreciar que en la época seca, en el punto QHuay2A de la quebrada Huayllani y en los puntos QSNHuay1 y QSNHuay2 (ambos ubicados en los tributarios), se encontraron fuera del rango establecido en los ECA para agua (2015 y 2017) Cat.3 (D1 y D2). El pH en los otros puntos evaluados se encontró cumpliendo los estadares mencionados.

b. Manganeso

En la Figura 7-86 se presenta las concentraciones de manganeso en la quebrada Huayllani y sus tributarios, donde se puede apreciar en el punto QSNHuay2 (quebrada Huiscachan Huayco, tributario de la quebrada Huayllani) excedieron los ECA para agua Cat.3. D1 y D2 (0,2 mg/L), en la época seca y húmeda. Las concentraciones de manganeso en los otros puntos evaluados se encontraron cumpliendo los ECA para agua Cat.3. D1 y D2, tanto en la época seca y húmeda.

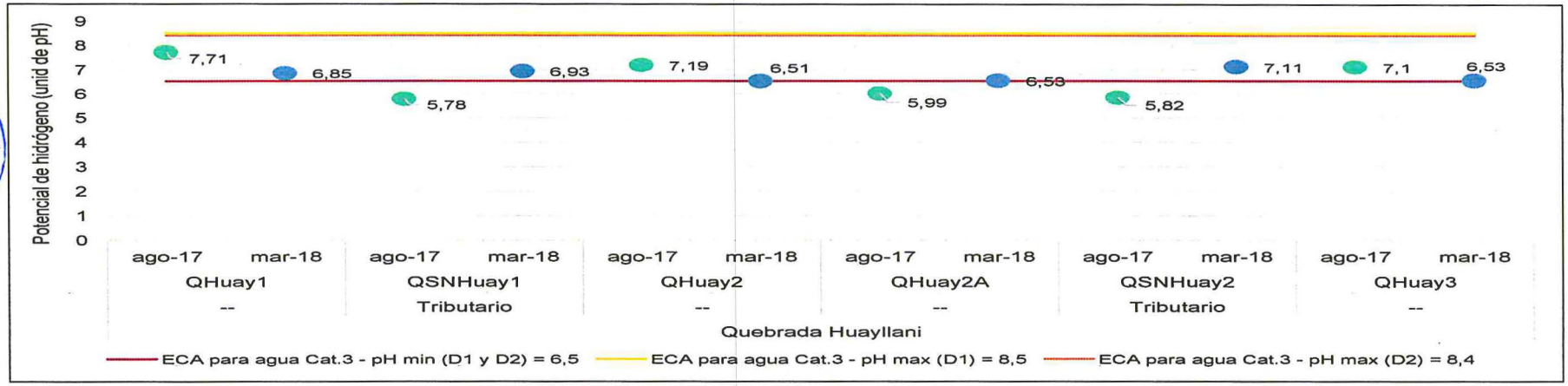


Figura 7-85. Potencial de hidrógeno en la zona V: Quebrada Huayllani y tributarios, en las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018).

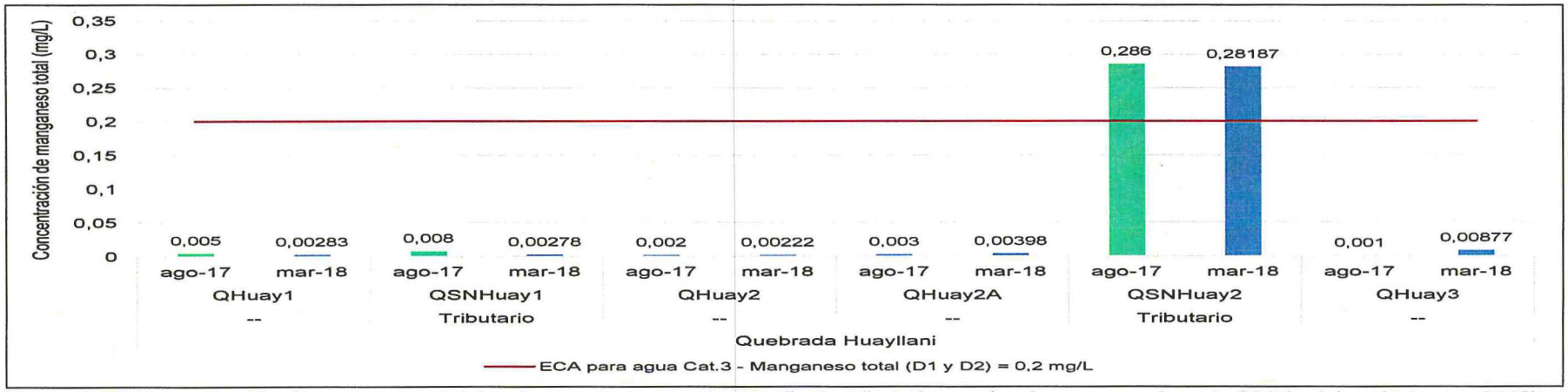


Figura 7-86. Concentración de manganeso total en la zona V: Quebrada Huayllani y tributarios, en las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018).

Zona VI: Quebrada Surimana

c. pH

En la Figura 7-87 se representan gráficamente los valores de potencial de hidrógeno (pH) en la quebrada Surimana, donde se puede apreciar que en el punto QSuri1A, en las dos épocas evaluadas y en el punto QSuri1 en la época seca, se encontraron fuera del rango establecido en los ECA para agua Cat.3 (D1 y D2). Los valores de pH en los otros puntos se encontraron cumpliendo con los estándares antes mencionados.

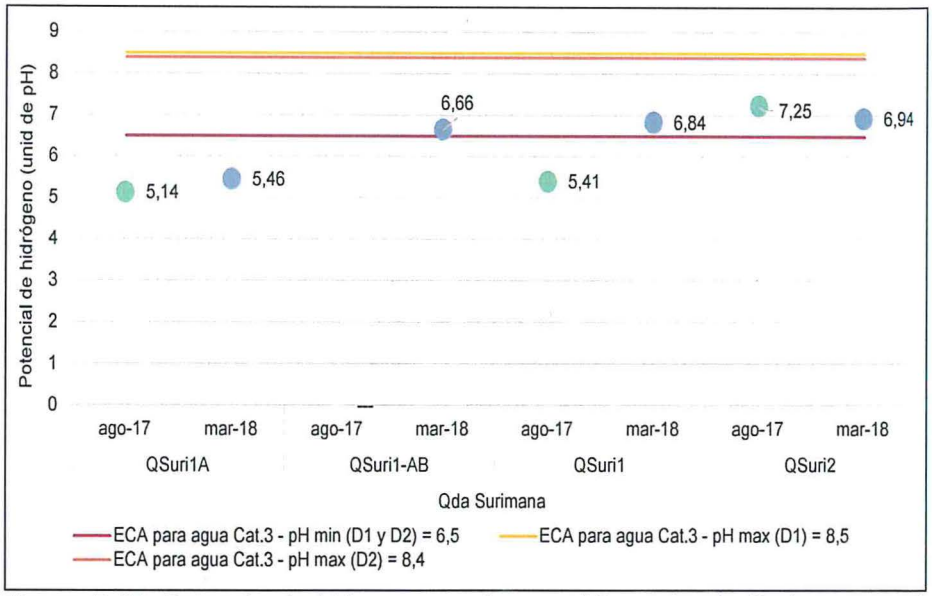


Figura 7-87. Potencia de hidrogeno en la zona VI: quebrada Surimana, en las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018).

7.1.3.2 Caracterización hidroquímica

a. Error de balance iónico (EBI)

En la Tabla 7-15 se puede apreciar que en la microcuenca Huayllani los puntos QHuay2A, y QSNHuay1, superaron el EBI aceptable. Estos puntos registraron muy baja conductividad, 24 µS/cm y 13 µS/cm respectivamente, por lo que la desviación mayor a 10 % puede estar asociada a la poca cantidad de iones en la muestra. En los puntos QHuay2A y QSNHuay1, donde los resultados superaron el EBI, se observa que la suma de aniones y cationes es menor a 1 meq/L. A este nivel, los valores de concentración se encuentran muy cerca al límite de cuantificación (L.C.) y las desviaciones aceptables para valores cercanos al L.C. es 50 % por la variabilidad relativa existentes, 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, Nordstrom et al. (2008), consideró válidos los datos del balance de carga con desviación estándar <±20 %. A pesar de tener valores de concentración bajo en iones, se observa (Figura 8-88) que el coeficiente de correlación (R^2) es igual a 0,97 y la pendiente es es igual a 0,8804, valores que indican que en general existe muy buena correspondencia catión – anión por punto de muestreo, por lo que el balance iónico puede considerarse aceptable.

Tabla 7-15. Balance iónico de los cuerpos agua de la microcuenca Huayllani

Cuerpo de agua	Código	HCO3-	Cl-	SO4--	Ca++	Mg++	Na+	K+	Al3+	Fe3+	Mn2+	Zn2+	EBI (%)	Σaniones	Σcationes	pH	CE µS/cm 25°C
Zona V: Quebrada Huayllani y tributarios																	
Quebrada Huayllani	QHuay1	0,146	0,002	0,011	0,072	0,023	0,043	0,006	0,003	0,001	0,000	0,000	-3	0,158	0,148	6,9	15
	QHuay2	0,169	0,000	0,014	0,089	0,023	0,055	0,008	0,004	0,002	0,000	0,000	-1	0,183	0,181	6,5	25
	QHuay2A	0,179	0,000	0,026	0,152	0,032	0,067	0,010	0,004	0,002	0,000	0,000	13	0,205	0,266	6,5	24
	QHuay2-AB	0,233	0,000	0,037	0,157	0,028	0,090	0,009	0,004	0,002	0,000	0,000	4	0,269	0,289	6,7	25
Quebrada sin nombre, tributario de la quebrada Huayllani	QSNHuay1	0,092	0,000	0,007	0,073	0,019	0,039	0,005	0,003	0,001	0,000	0,000	17	0,099	0,141	6,9	13
Zona VI: Quebrada Surimana																	
Quebrada Surimana	QSuri1A	0,072	0,005	0,431	0,301	0,082	0,084	0,035	0,045	0,030	0,010	0,002	7	0,508	0,590	5,5	92
	QSuri1-AB	0,085	0,008	0,281	0,245	0,056	0,086	0,029	0,003	0,028	0,006	0,003	10	0,374	0,455	6,7	57
	QSuri1	0,121	0,006	0,224	0,217	0,041	0,082	0,022	0,004	0,013	0,003	0,002	4	0,352	0,382	6,8	49
	QSuri2	0,167	0,005	0,143	0,219	0,039	0,089	0,018	0,003	0,005	0,001	0,002	9	0,315	0,376	6,9	56

HCO_3^-: Bicarbonatos, Cl^-: cloruros, SO_4^{-2}: Sulfatos, Ca: Calcio disuelto, Mg: Magnesio disuelto, Na: Sodio disuelto, K: Potasio disuelto, Al: Aluminio, Fe: Hierro, Mn: Manganeso, Zn: Zinc
Σcationes: Suma de cationes, Σaniones: Suma de aniones, EBI: Error de Balance iónico.
CE: Conductividad eléctrica a 25° C en µS/cm
*El error de balance iónico se calculó en base a los metales disueltos.
: EBI mayor al 10%.

EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

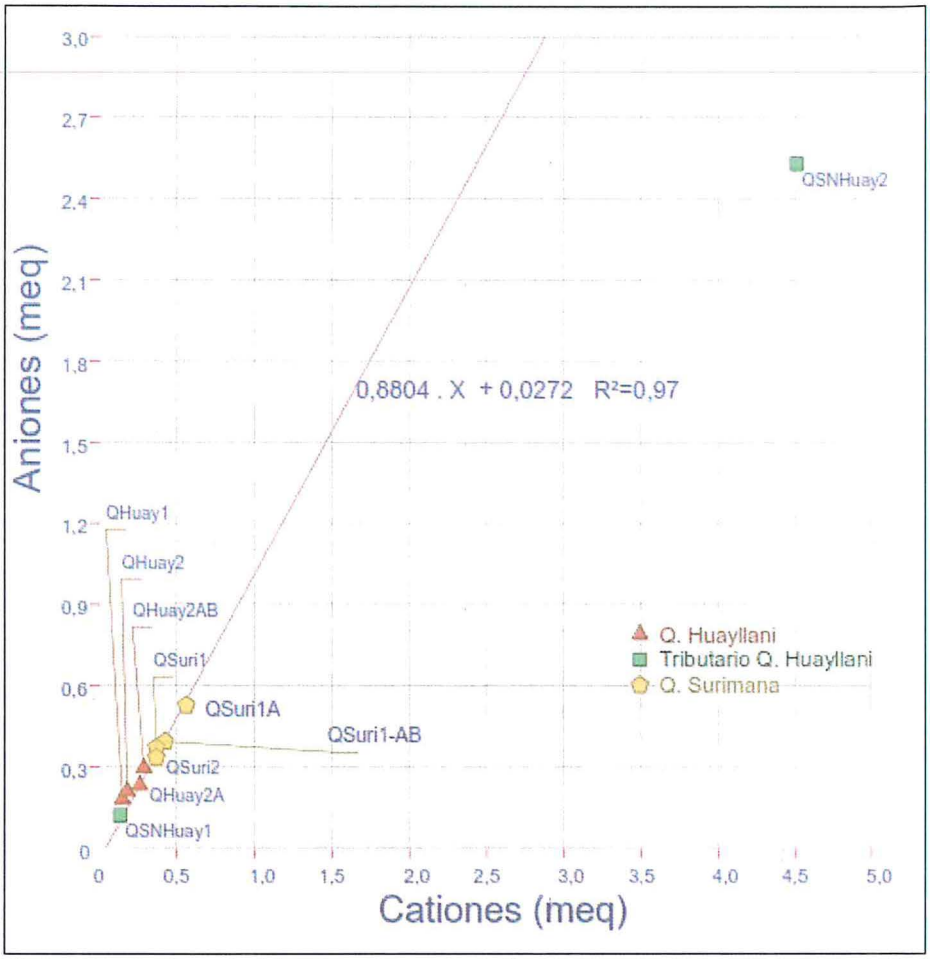


Figura 7-88. Correlación de aniones y cationes, de los cuerpos de agua de la microcuenca Yahuarmayo.

b. Diagramas hidroquímico

b.1. Diagrama de Piper

De acuerdo al diagrama de la Figura 7-89, los puntos de muestreo de la quebrada Huayllani y sus tributarios se agruparon en la zona de bicarbonatadas cálcicas, a excepción del tributario QSNHuya2 que se ubicó en la zona de sulfatadas cálcicas; la mayor parte de los puntos de muestreo de la quebrada Surimana (polígono amarillo) se ubicaron en la zona de sulfatadas cálcicas.

Zona V: Quebrada Huayllani y tributarios

Del diagrama de Piper (Figura 7-89), todos los puntos de muestreo de la quebrada Huayallani (QHuay1, QHuay2, QHuay2A y QHuay2-AB), se encontraron agrupados; estos puntos registraron mas de 80 % de aniones como bicarbonatos y de 60 % de cationes entre calcio y magnesio, por lo que se ubicaron en el polígono de aguas de facies bicarbonatadas cálcicas magnésicas; la agrupación de estos puntos, posibemente tenga relación con la similitud de características hidroquímicas.

El punto QSNHuay1 (quebrada sin nombre, tributario de la quebrada Huayllani), que se encuentra en la parte alta y a la margen izquierda de la quebrada Huayllani, presentó las mismás características que los de la quebrada Huayllani, por su ubicación en el diagrama de Piper; a diferencia del punto QSNHuay2 (quebrada Huiscachan Huayco), que se encontró alejado del grupo anterior, con más del 70 % de predominancia del anión sulfato y más de 80 % de catión entre sodio y potasio, por lo que estas aguas fueron de tipo sulfatadas cálcicas magnésicas (Figura 7-89). Cabe mencionar que este punto se ubica a la margen derecha de la quebrada Huayllani y aguas abajo del PAD de lixiviación del proyecto minero Utunsa.

Zona VI: Quebrada Surimana

En la quebrada Surimana, situada aguas abajo del PAD de lixiviación del proyecto minero Utunsa, los puntos QSuri1A, QSuri1-AB, QSuri1 y QSuri2, presentaron más de 70% de cationes como calcio y magnesio (Figura 7-89).

La ubicación de los puntos en el diagrama de Piper con respecto a los aniones fue concordante con la concentración de sulfatos, como se puede apreciar en el rombo, donde el punto QSuri1A se ubica hacia el lado más sulfatado, seguido con el punto QSuri1-AB, menos sulfatado, continuando con QSuri1 y finalmente QSuri2; orden que obedece a su ubicación, desde el punto más alto hacia el punto más bajo de la quebrada Surimana. Por su ubicación en el diagrama las aguas fueron del tipo sulfatadas cálcicas magnésicas, a excepción del último punto que se clasificó como bicarbonatada cálcica magnésica.

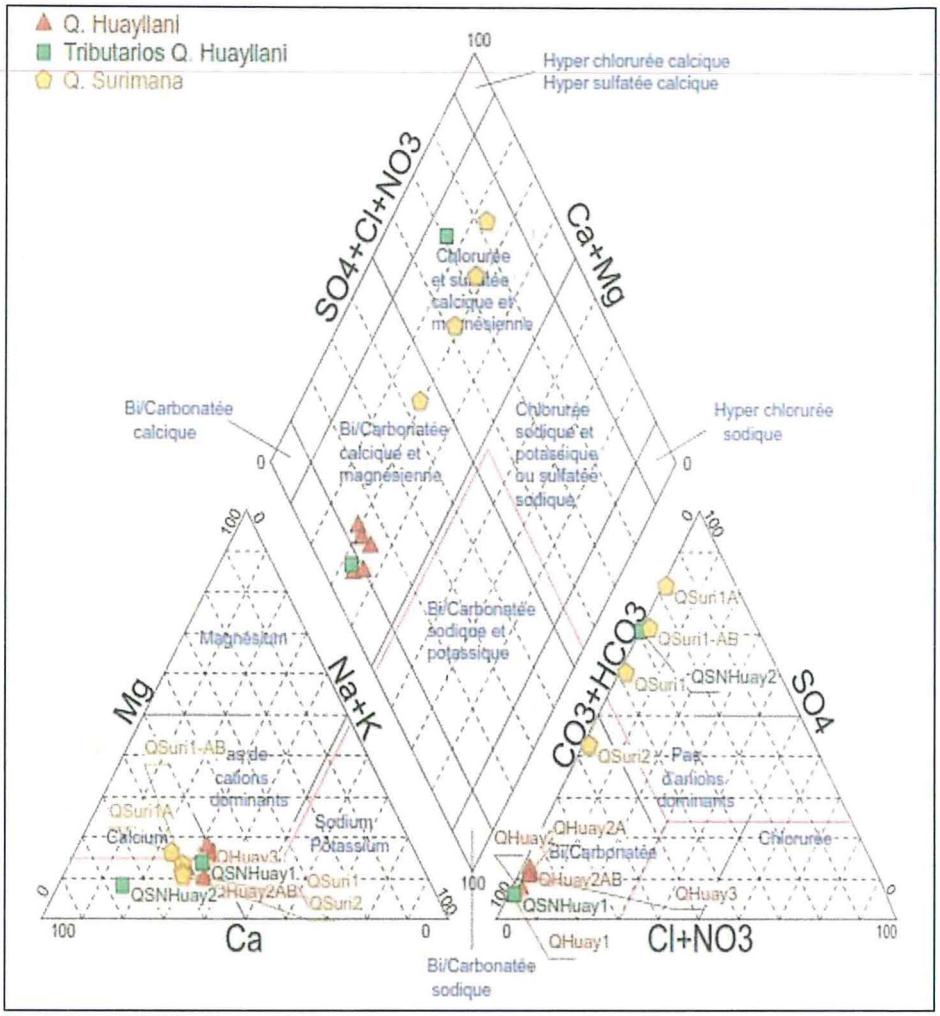


Figura 7-89. Diagrama de Piper para los cuerpos de agua de la microcuenca Huayllani.

b.2. Diagramas de Stiff

Zona V: Quebrada Huayllani y tributarios

Las aguas de la quebrada Huayllani fueron de muy débil mineralización, las concentraciones de los iones fueron menores a 0,5 meq/L (conductividad menor a 30 µS/cm) y predominaron en todos los registros los iones bicarbonatos en comparación con los iones sulfatos; y de acuerdo con el polígono geométrico presentaron características muy parecidas (Figura 7-90a).

La mineralización de la quebrada aumentó ligeramente conforme las aguas discurrieron aguas abajo en la quebrada Huayllani, desde QHuay1 hasta QHuay2-AB (Figura 7-90a).

El punto QSNHuay1 (quebrada sin nombre, tributario de la quebrada Huayllani), presentó una geométrica muy parecida a los puntos de muestreo de la quebrada Huayllani, por lo que presentó características muy parecidas, este polígono geométrico confirmó la ubicación de estos puntos de muestreo en el diagrama de Piper.

A diferencia del tributario QSNHuay1, el tributario QSNHuay2 (quebrada Huiscachan Huayco) presentó un polígono geométrico significativamente de mayor tamaño, y concentraciones mayores a 3 meq/L (conductividad igual a 594 µS/cm) de cationes calcio, y valores significativos de iones sulfatos, concordante con aguas de media mineralización y de tipo sulfatada cálcica.

Zona VI: quebrada Surimana

Las aguas de la quebrada Surimana en los puntos muestreados registraron concentraciones menores de 0,5 meq/L (conductividad menor a 100 µS/cm), de muy debil mineralización (polígonos amarillos). Figura 7-90b.

Puede observarse en las figuras geométricas que hubo predominancia de los aniones sulfatos y que disminuyó conforme avanzamos desde el primer punto QSuri1A (aguas arriba) hasta el último punto QSuri2 (aguas abajo) de la quebrada Surimasa; en este último punto QSuri2, los aniones bicarbonatos predominaron sobre los sulfatos.

En concordancia con lo encontrado en el diagrama de Piper, los puntos QSuri1A, QSuri-AB y QSuri1 fueron aguas de facies sulfatadas cálcicas, y el punto QSuri2 fue de facies bicarbonatada cálcica, como se puede ver en la Figura 7-90b.

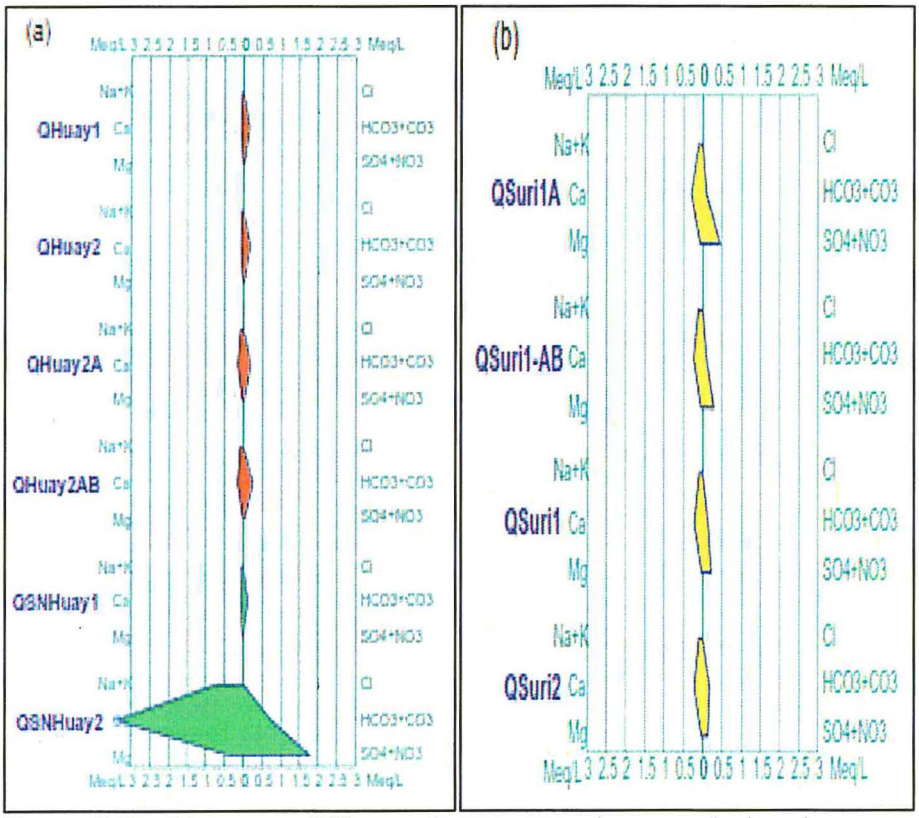


Figura 7-90. Diagramas Stiff para los cuerpos de agua de la microcuenca Huayllani. **a)** Zona V: Quebrada Huayllani y tributarios. **b)** Zona VI: Quebrada Surimana

b.3. Diagramas de Schöeller-Berkaloff

Zona V: Quebrada Huayllani y tributarios

Los puntos de muestreo de la quebrada Huayllani, presentaron muy débil mineralización (Figura 7-91a) la máxima concentración de los iones para los puntos de la quebrada Huayllani no fue mayor a 0,3 meq/L (conductividad menor a 30 µS/cm).

De acuerdo al diagrama de Schöeller-Berkaloff, puede observarse que, de los aniones, predominaron los bicarbonatos; y de los cationes predominó ligeramente el calcio, por lo que estas aguas se clasificaron como bicarbonatadas cálcicas, en concordancia a lo encontrado en los diagramas de Stiff.

El punto QSNHuay1, tributario de la quebrada Huayllani, presentó líneas similares a lo encontrado para los puntos de aguas de la quebrada Huayllani, y fue aun muy semejante al punto QHuay1, lo que concuerdo con la ubicación de estos puntos en la microcuenca Huayllani, por lo que se esperaría que presenten características hidroquímicas muy parecidas; estas líneas confirmaron la posición de los puntos de muestreo en el diagrama de Piper y la forma geometria de estos puntos de muestreo en los figuras de Stiff.

A diferencia del tributario QSNHuay1, el tributario QSNHuay2 (quebrada Huiscachan Huayco) presentó líneas muy diferenciadas de las demás; QSNHuay2, de concentraciones mayores a 3 meq/L de cationes calcio, y valores significativos de iones sulfatos (mayor a 1 meq/L), fue concordante con aguas mineralizadas y de tipo sulfatada cálcica, como fue encontrado en el diagrama de Stiff.

Zona VI: Quebrada Surimana

En la Figura 7-91(b) se observa que los puntos de la quebrada Surimana (QSuri1A, QSuri1-AB, QSuri1 y QSuri2) fueron de concentraciones menores a 0,5 meq/L (conductividad menor a 100 µS/cm), correspondiente a aguas de muy débil mineralización; a excepción de QSuri2 donde predominó el anión bicarbonato, en los demás puntos predominó el anión sulfato; de los cationes predominó el calcio.

Puede observarse que conforme disminuyó la concentración de sulfatos desde el punto QSuri1A a QSuri2, el bicarbonato aumentó. Debido a lo anterior, las aguas de los puntos de muestreo QSuri1A, QSuri1-AB, QSuri1 fueron de tipo sulfatadas cálcicas y las aguas del punto QSuri2 (situado aguas abajo en la quebrada Surimana) fueron de tipo bicarbonatadas cálcicas.

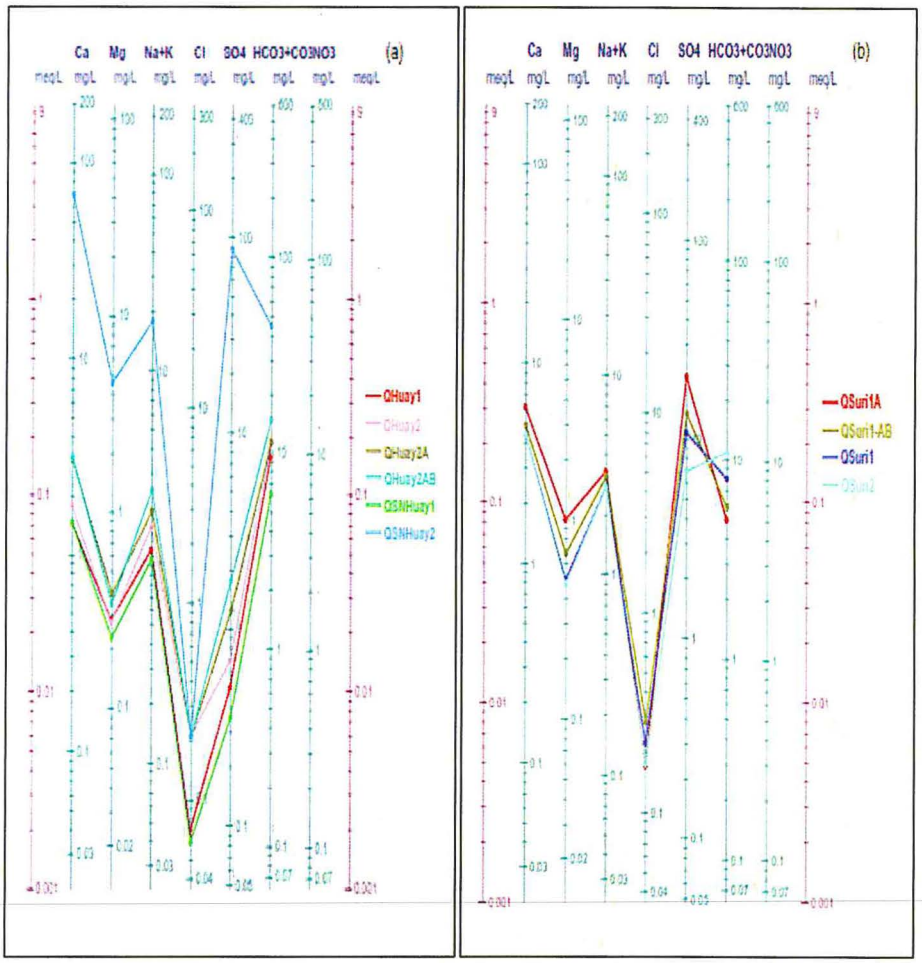


Figura 7-91. Diagrama de Schöeller-Berkaloff para los cuerpos de agua de la microcuenca Huayllani **a)** Zona V: Quebrada Huayllani y tributarios. **b)** Zona VI: Quebrada Surimana

b.4. Relaciones iónicas

En la mayoría de los puntos de muestreo las concentraciones de los iones no fueron significativas y en muchos casos las concentraciones de los iones fue menor a 1 meq/L, por lo que no se esperaría que las gráficas muestren una razón de proporcionalidad definida, a causa de la variabilidad de las concentraciones a nivel bajo, esto es, valores que se ubican cerca al límite de cuantificación, donde la precisión es baja. Para mayor detalle en cuanto a la visualización de la Figura 7-92.

En la microcuenca Huayllani, las relaciones binarias solo estuvieron definidas para el el anión sulfato y los cationes calcio, magnesio, potasio, manganeso y estroncio, como se muestra en la Figura 7-92. Puede observarse que los puntos pertenecientes a la quebrada Huayllani, se agruparon cerca al cruce de ejes, debido a la muy baja concentración o ausencia de cationes.

Los puntos de muestreo de la quebrada Surimana, presentaron concentraciones de cationes mayores a los de la quebrada Huayllani y muestraron buena correspondencia de sulfatos y cationes; la proporcionalidad

entre los sulfatos y cationes (calcio, magnesio, potasio, manganeso y estroncio) mostraron un R^2 mayor a 0,90.

Este comportamiento fue importante a pesar que las concentraciones de los metales como manganeso y estroncio son relativamente bajas (menores a 0,01 meq/L) en la quebrada Surimana.

Solo el punto QSNHuay2 (quebrada Huiscachan Huayco tributario de la quebrada Huayllani) presentó alto contenido de iones, sin embargo, se muestra dentro de línea de proporcionalidad, como puede verse en las Figuras 7-92.

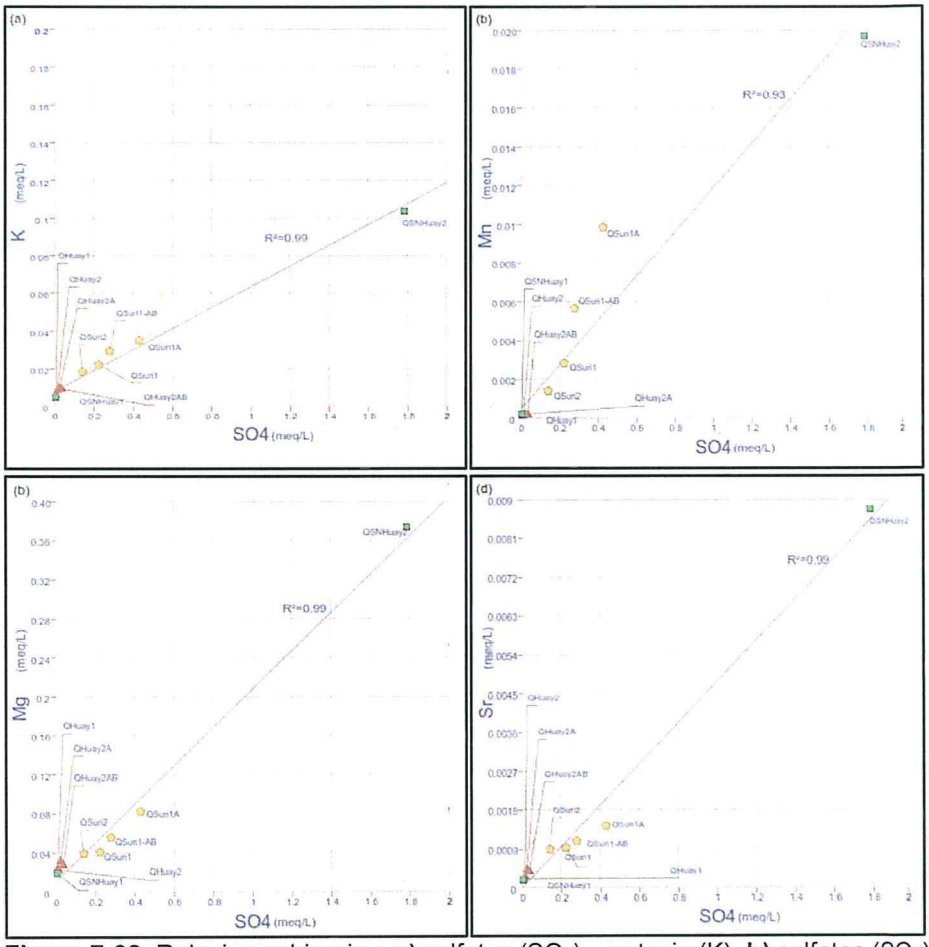


Figura 7-92. Relaciones binarias: **a)** sulfatos (SO_4) – potasio (K), **b)** sulfatos (SO_4) – (Mg), **c)** sulfatos (SO_4) – manganeso (Mn), **d)** sulfatos (SO_4) – estroncio (Sr).

7.1.3.3 Sedimentos

Los cuerpos de agua, puntos de muestreo y resultados obtenidos de la evaluación de sedimentos en la microcuenca Huayllani se presentan en la Tabla 7-16; donde se puede observar que las concentraciones de cromo, mercurio, plomo y zinc se encontraron cumpliendo con los valores referenciales ISQG y PEL de la norma canadiense (CEQG).

Zona V: Quebrada Huayllani y tributarios

La concentración de arsénico en el sedimento del SED-QSNHuay2 (Huiscachan Huayco) superó el valor referencial PEL, asimismo las concentraciones de arsénico en el punto SED-QHuay2A, de cadmio en el punto SED-QHuay2-AB y de cobre en el punto SED-QSNHuay2 superaron los valores ISQG de la CEQG.

Zona VI: Quebrada Surimana

Las concentraciones de arsenico en el sedimento de los SED-QSuri1A, SED-QSuri1-AB y SED-QSuri1 (quebrada Surimana) superaron el valor referencial PEL, de igual manera la concentracion de cadmio supero el valor referencial ISQG, asimismo la concentración de cobre en los puntos SED-QSuri1A y SED-QSuri1-AB, superaron los valores referenciales ISQG de la CEQG.

Tabla 7-16. Concentraciones de metales de los sedimentos de los principales cuerpos de agua de la microcuenca Huayllani, en marzo 2018, comparados con la norma canadiense (CEQG)

Microcuenca Huayllani								
Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Metales totales (mg/kg)						
		Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo	Zinc
Zona V: Quebrada Huayllani y tributarios								
Quebrada Huayllani	SED-QHuay2	4,574	0,43	5,518	5,98	<0,0056	3,29	21
	SED-QHuay2A	6,04	0,431	16,18	5,763	<0,0056	<0,05	45,8
	SED-QHuay2-AB	3,069	0,637	7,075	6,643	<0,0056	1,3	37,27
Quebrada Huiscachan Huayco	SED-QSNHuay2	34,99	0,485	45,53	4,987	<0,0056	5,75	63,19
Zona VI: Quebrada Surimana								
Quebrada Surimana	SED-QSuri1A	95,88	1,427	36,03	2,951	<0,0056	14,2	34,69
	SED-QSuri1-AB	132,4	2,228	48,77	6,953	<0,0056	23,85	48,9
	SED-QSuri1	18,32	0,711	11,5	6,204	<0,0056	2,13	31,08
ISQG [a]		5,9	0,6	35,7	37,3	0,17	35	123
PEL [b]		17	3,5	197	90	0,486	91,3	315

[a] Valor estándar interino de calidad de sedimento (ISQG), por debajo del cual no se presenta efecto biológico adverso.
[b] Nivel de efecto probable (PEL), valor sobre el cual se encuentran efectos biológicos adversos con frecuencia.
Concentración que superó el valor ISQG.
Concentración que superó el valor PEL.

7.1.3.4 Comunidades hidrobiológicas

A continuación, se presentan los resultados de las comunidades hidrobiológicas obtenidos en los 10 puntos de muestreo ubicados en la microcuenca Huayllani pertenecientes a ambientes lóticos (quebradas).

Zona V: Quebrada Huayllani y tributarios

Ambientes lóticos

a. Perifiton

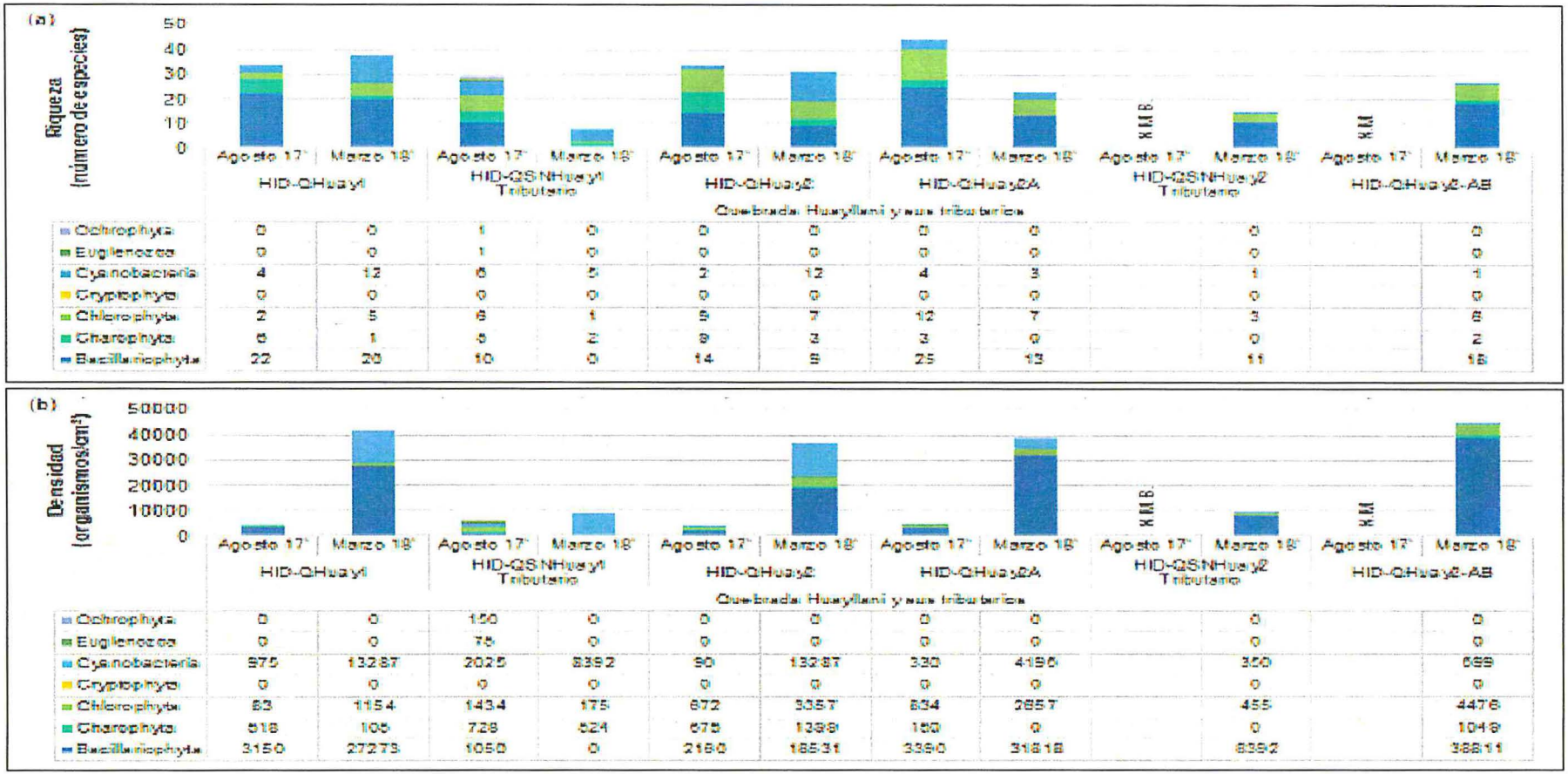
Microalgas

–Composición, riqueza y abundancia de especies

La muestra de perifiton (microalgas) estuvo representada por 92 especies durante la época seca y 79 especies durante la época húmeda. Durante la época seca se colectaron seis phyla (Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cyanobacteria, Euglenozoa y Ochrophyta). Asimismo, durante la época húmeda se colectaron cuatro phyla (Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta y Cyanobacteria) (Anexo 4).

Durante la época seca la mayor riqueza por punto de muestreo se dio en HID-QHuay2A (quebrada Huayllani) representado por 44 especies, mientras que la menor riqueza se dio en HID-QSNHuay1 (tributario de la quebrada Huayllani) representado por 29 especies. Durante la época húmeda la mayor riqueza por punto de muestreo se dio en HID-QHuay1 (quebrada Huayllani) representado por 38 especies, mientras que la menor riqueza se dio en HID-QSNHuay1 (tributario de la quebrada Huayllani) representado por ocho especies (Figura 7-103a).

La densidad (abundancia) total acumulada del perifiton (microalgas) durante la época seca fue de 18489 organismos/cm^2, mientras que durante la época húmeda fue de 180387 organismos/cm^2. Durante la época seca la mayor densidad por punto de muestreo se dio en HID-QSNHuay1 (tributario de la quebrada Huayllani) representado por 5462 organismos/cm^2, mientras que la menor densidad se dio en HID-QHuay2 (quebrada Huayllani) representado por 3597 organismos/cm2. Durante la época húmeda la mayor densidad por punto de muestreo se dio en HID-QHuay1 (quebrada Huayllani) representado por 41819 organismos/cm^2, mientras que la menor densidad se dio en HID-QSNHuay1 (tributario de la quebrada Huayllani) representado por 9091 organismos/cm2 (Figura 7-103b). La especie de mayor densidad durante la época seca fue Tabellaria floculosa (phylum Bacillariophyta) con 2115 organismos/cm2, colectada en los cuatro puntos evaluados: HID-QHuay1, HID-QSNHuay1, HID-QHuay2 y HID-QHuay2A. Asimismo, la especie de mayor densidad durante la época húmeda fue también Tabellaria floculosa con 37 762 organismos/cm2, colectada en cuatro puntos evaluados: HID-QHuay1, HID-QHuay2, HID-QHuay2A y HID-QHuay2-AB (Anexo 4)



N.M.: Punto donde no se muestrearon la calidad del agua y las comunidades hidrobiológicas.
N.M.B.: Punto donde no se muestrearon las comunidades hidrobiológicas.

Figura 7-93. a) Riqueza (número de especies) y **b)** densidad (abundancia) de la comunidad del perifiton (microalgas) según la categoría taxonómica phylum en la zona V: Quebrada Huayllani y tributarios, durante las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

–Diversidad alfa

La diversidad alfa indicó que el número de Hill N1 (diversidad verdadera) en la quebrada Huayllani y sus tributarios durante la época seca (agosto 2017) varió desde 18,23 (punto de muestreo HID-QSNHuay1) hasta 28,05 especies efectivas (punto de muestreo HID-QHuay1). En cambio, durante la época húmeda (marzo 2018) varió desde 5,65 (punto de muestreo HID-QSNHuay1) hasta 25,23 especies efectivas (punto de muestreo HID-QHuay1).

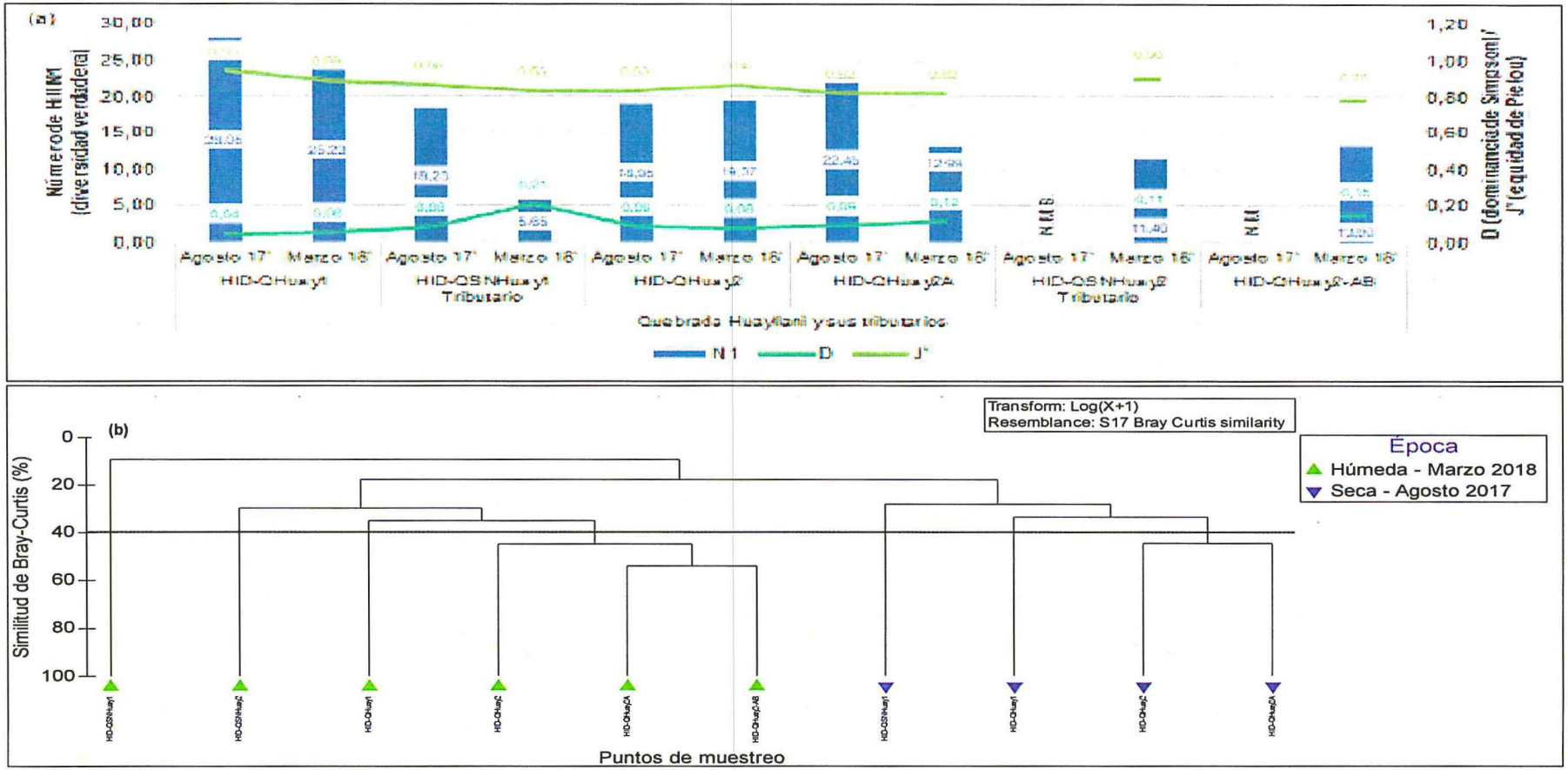
Asimismo, la dominancia de Simpson (D) durante la época seca varió desde 0,04 (punto de muestreo HID-QHuay1) hasta 0,09 (puntos de muestreo HID-QHuay2 y HID-QHuay2A). En cambio, durante la época húmeda varió desde 0,06 (punto de muestreo HID-QHuay1) hasta 0,21 (punto de muestreo HID-QSNHuay1).

Finalmente, la equidad de Pielou (J') durante la época seca varió desde 0,82 (punto de muestreo HID-QHuay2A) hasta 0,95 (punto de muestreo HID-QHuay1). En cambio, durante la época húmeda varió desde 0,78 (punto de muestreo HID-QHuay2-AB) hasta 0,89 (punto de muestreo HID-QHuay1) (Figura 7-94a).

Para el análisis de diversidad alfa se observó un mejor establecimiento de la comunidad hidrobiológica del perifiton (microalgas) durante la época seca a excepción del punto de muestreo HID-QHuay2, evidenciándose en valores altos de diversidad verdadera, como valores altos de equidad y valores bajos de dominancia. Por ende, existió una distribución homogénea de la abundancia (densidad) de organismos por especie en los puntos de muestreo durante la época seca en comparación a la época húmeda.

–Diversidad beta

El análisis de diversidad beta mediante el índice de similitud de Bray-Curtis permitió conformar dos agrupamientos con una similitud mayor al 40 %. El primer agrupamiento presentó una similitud de especies del 44,83 % entre los puntos de muestreo ubicados en la quebrada Huayllani (HID-QHuay2A, HID-QHuay2-AB y HID-QHuay2) evaluados durante la época húmeda (marzo 2018). Asimismo, el segundo agrupamiento presentó una similitud de especies del 44,51 % entre los puntos de muestreo ubicados en la quebrada Huayllani (HID-QHuay2 y HID-QHuay2A) evaluados durante la época seca (agosto 2017) (Figura 7-94b).



N.M.: Punto donde no se muestrearon la calidad del agua y las comunidades hidrobiológicas.
N.M.B.: Punto donde no se muestrearon las comunidades hidrobiológicas.

Figura 7-94. a) Diversidad alfa y **b)** diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por agrupamientos) de la comunidad del perifiton (microalgas) en la zona V: Quebrada Huayllani y tributarios, durante las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

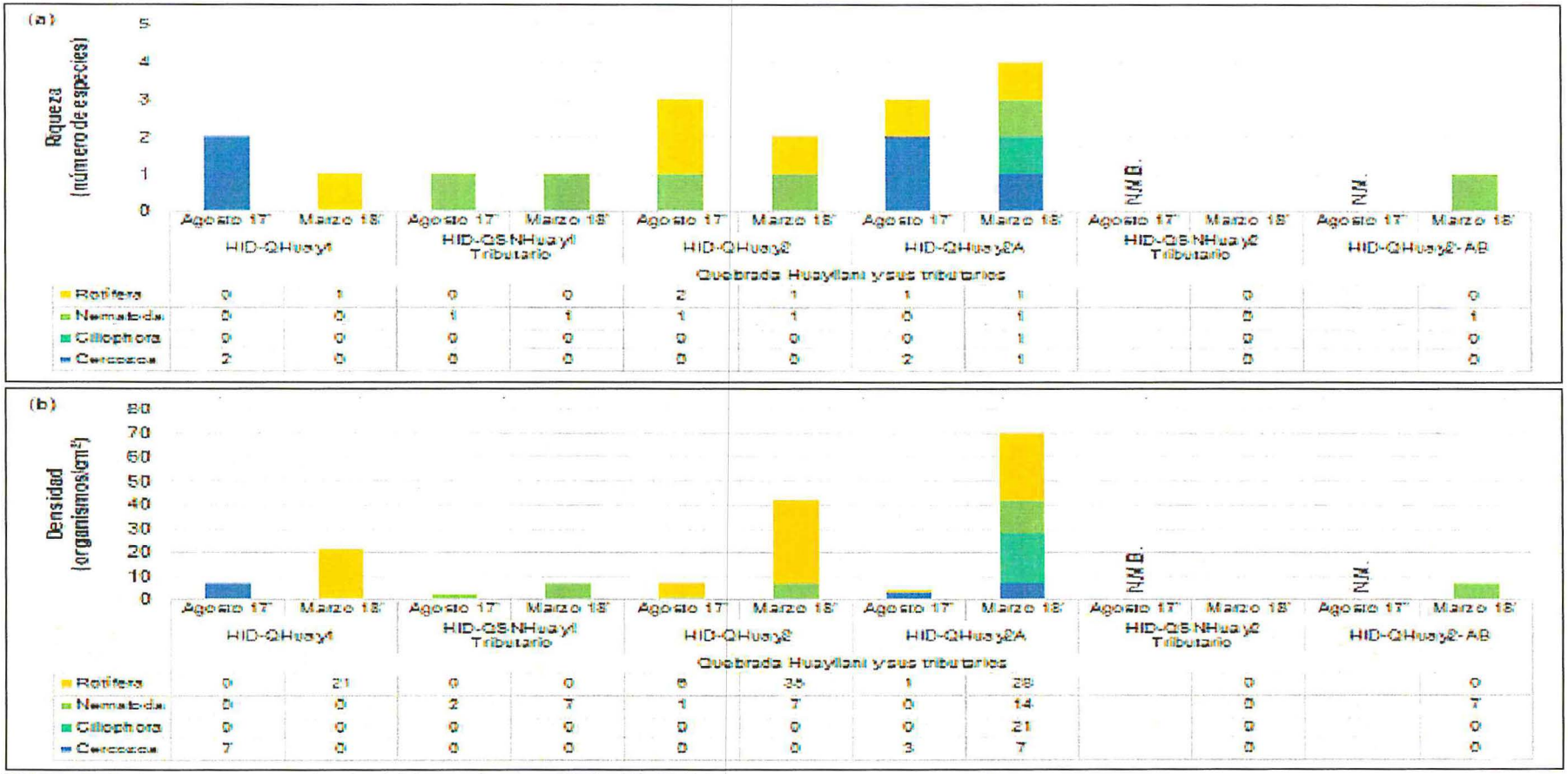
Microorganismos

–Composición, riqueza y abundancia de especies

La muestra de perifiton (microorganismos) en la quebrada Huayllani y sus tributarios estuvo representada por ocho especies durante la época seca (agosto 2017) y cuatro especies durante la época húmeda (marzo 2018). Durante la época seca se colectaron tres phyla (Cercozoa, Nematoda y Rotifera). Asimismo, durante la época húmeda se colectaron cuatro phyla (Cercozoa, Ciliophora, Nematoda y Rotifera) (Anexo 4).

Durante la época seca la mayor riqueza por punto de muestreo se dio en HID-QHuay2 y en HID-QHuay2A (puntos ubicados en la quebrada Huayllani) representados por tres especies cada uno de ellos, mientras que la menor riqueza se dio en HID-QSNHuay1 (tributario de la quebrada Huayllani) representado por una especie. Durante la época húmeda la mayor riqueza por punto de muestreo se dio en HID-QHuay2A (quebrada Huayllani) representado por cuatro especies, mientras que la menor riqueza se dio en HID-QSNHuay2 (quebrada Huiscachan Huayco, tributario de la quebrada Huayllani) donde no se colectaron organismos (Figura 7-95a).

La densidad (abundancia) total acumulada del perifiton (microorganismos) durante la época seca fue de 20 organismos/cm^2, mientras que durante la época húmeda fue de 147 organismos/cm2. Durante la época seca la mayor densidad por punto de muestreo se dio en HID-QHuay1 y en HID-QHuay2 (ambos puntos ubicados en la quebrada Huayllani) representado por 7 organismos/cm2 cada uno, mientras que la menor densidad se dio en HID-QSNHuay1 (tributario de la quebrada Huayllani) representado por 2 organismos/cm^2. Durante la época húmeda la mayor densidad por punto de muestreo se dio en HID-QHuay2A (quebrada Huayllani) representado por 70 organismos/cm^2, mientras que la menor densidad se dio en HID-QSNHuay2 (quebrada Huiscachan Huayco, tributario de la quebrada Huayllani) donde no se colectaron organismos (Figura 7-95b). La especie de mayor densidad durante la época seca fue Corythion sp. (phylum Cercozoa) con 5 organismos/cm^2, colectada en HID-QHuay1. Asimismo, la especie de mayor densidad durante la época húmeda fue Proales sp. (phylum Rotifera) con 84 organismos/cm^2, colectada en tres puntos evaluados HID-QHuay1, HID-QHuay2 y HID-QHuay2A. Como ya se indicó, durante la época húmeda no se colectaron organismos en HID-QSNHuay2 (Anexo 4).



N.M.: Punto donde no se muestrearon la calidad del agua y las comunidades hidrobiológicas.
N.M.B.: Punto donde no se muestrearon las comunidades hidrobiológicas.

Figura 7-95. a) Riqueza (número de especies) y **b)** densidad (abundancia) de la comunidad del perifiton (microorganismos) según la categoría taxonómica phylum en la zona V: Quebrada Huayllani y sus tributarios, durante las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

–Diversidad alfa

La diversidad alfa indicó que el número de Hill N1 (diversidad verdadera) en quebrada Huayllani y sus tributarios durante la época seca (agosyo 2017) varió desde 1,00 (punto de muestreo HID-QSNHuay1) hasta 2,83 especies efectivas (punto de muestreo HID-QHuay2A). En cambio, durante la época húmeda (marzo 2018) varió desde 1,00 (puntos de muestreo HID-QHuay1, HID-QSNHuay1 y HID-QHuay2-AB) hasta 3,60 especies efectivas (punto de muestreo HID-QHuay2A).

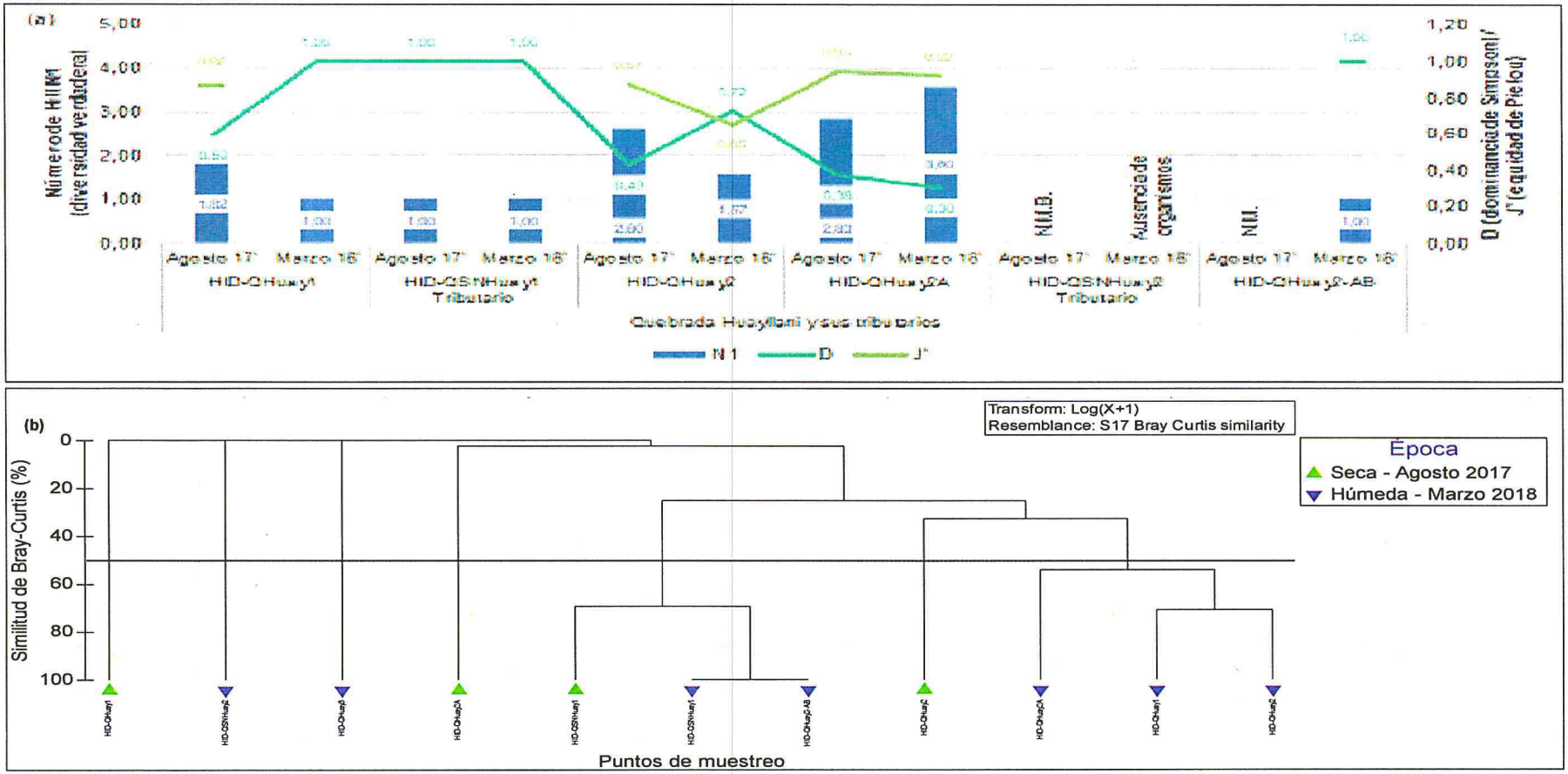
Asimismo, la dominancia de Simpson (D) durante la época seca varió desde 0,38 (punto de muestreo HID-QHuay2A) hasta 0,59 (punto de muestreo HID-QHuay1). Cabe indicar que el punto HID-QSNHuay1 alcanzó la mayor dominancia (igual a la unidad) en esta época ya que se colectó una sola especie en este punto. En cambio, durante la época húmeda varió desde 0,30 (punto de muestreo HID-QHuay2A) hasta 1,00 (puntos de muestreo HID-QHuay1, HID-QSNHuay1 y HID-QHuay2-AB). Cabe indicar que los puntos HID-QHuay1, HID-QSNHuay1 y HID-QHuay2-AB alcanzaron la mayor dominancia (igual a la unidad) en esta épocaya que se colectó una sola especie en cada punto.

Finalmente, la equidad de Pielou (J') durante la época seca varió desde 0,87 (punto de muestreo HID-QHuay2) hasta 0,95 (punto de muestreo HID-QHuay2A). Cabe indicar que en el punto HID-QSNHuay1 no se pudo calcular la equidad ya que se colectó una sola especie. En cambio, durante la época húmeda varió desde 0,65 (punto de muestreo HID-QHuay2) hasta 0,92 (punto de muestreo HID-QHuay2A). Cabe indicar que en los puntos HID-QHuay1, HID-QSNHuay1 y HID-QHuay2-AB no se pudo calcular la equidad ya que se colectó una sola especie en cada uno de ellos (Figura 7-96a).

Para el análisis de diversidad alfa se observó un mejor establecimiento de la comunidad hidrobiológica del perifiton (microorganismos) durante la época seca a excepción del punto de muestreo HID-QHuay2A, evidenciándose en valores altos de diversidad verdadera, como valores altos de equidad y valores bajos de dominancia. Por ende, existió una distribución homogénea de la abundancia (densidad) de organismos por especie en los puntos de muestreo durante la época seca en comparación a la época húmeda.

–Diversidad beta

El análisis de diversidad beta mediante el índice de similitud de Bray-Curtis permitió conformar dos agrupamientos con una similitud mayor al 50 %. El primer agrupamiento presentó una similitud de especies del 69,14% entre los puntos de muestreo HID-QSNHuay1 (tributario de la quebrada Huayllani) y HID-QHuay2-AB (quebrada Huayllani) evaluados durante la época húmeda (marzo 2018), además del punto HID-QSNHuay1 evaluado durante la época seca (agosto 2017). Asimismo, el segundo agrupamiento presentó una similitud de especies del 53,77 % entre los puntos de muestreo HID-QHuay1, HID-QHuay2 y HID-QHuay2A (ubicados en la quebrada Huayllani) evaluados durante la época húmeda) (Figura 7-96b).



N.M.: Punto donde no se muestrearon la calidad del agua y las comunidades hidrobiológicas.
N.M.B.: Punto donde no se muestrearon las comunidades hidrobiológicas.

Figura 7-96. (a) Diversidad alfa y (b) diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por agrupamientos) de la comunidad del perifiton (microorgansimos) en la zona V: Quebrada Huayllani y sus tributarios, durante las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

b. Macroinvertebrados bentónicos

–Composición, riqueza y abundancia de especies

La muestra de macroinvertebrados bentónicos en la quebrada Huayllani y sus tributarios estuvo representada por 36 especies durante la época seca (agosto 2017) y 25 especies durante la época húmeda (marzo 2018). Durante ambas épocas se colectaron seis órdenes de insectos (Diptera, Coleoptera, Hemiptera, Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) y un grupo de no insectos (Anexo 4).

Durante la época seca la mayor riqueza por punto de muestreo se dio en HID-QHuay1 (quebrada Huayllani) representado por 23 especies, mientras que la menor riqueza se dio en HID-QHuay2A (quebrada Huayllani) representado por 14 especies. Durante la época húmeda la mayor riqueza por punto de muestreo se dio en los puntos HID-QHuay1, HID-QHuay2 y HID-QHuay2A (ubicados en la quebrada Huayllani) y HID-QSNHuay1 (tributario de la quebrada Huayllani) representados por 11 especies, mientras que la menor riqueza se dio en HID-QSNHuay2 (quebrada Huiscachan Huayco, tributario de la quebrada Huayllani) donde no se colectaron organismos (Figura 7-107a).

La densidad (abundancia) total acumulada de los macroinvertebrados bentónicos durante la época seca fue de 13536 organismos/0,27 m^2, mientras que durante la época húmeda fue de 450 organismos/0,27 m^2. Durante la época seca la mayor densidad por punto de muestreo se dio en HID-QHuay1 (quebrada Huayllani) representado por 6468 organismos/0,27 m^2, mientras que la menor densidad se dio en HID-QHuay2A (quebrada Huayllani) representado por 608 organismos/0,27 m^2. Durante la época húmeda la mayor densidad por punto de muestreo se dio en HID-QSNHuay1 (tributario de la quebrada Pocaloma Huayllani) representado por 157 organismos/0,27 m^2, mientras que la menor densidad se dio en HID-QSNHuay2 (quebrada Huiscachan Huayco, tributario de la quebrada Huayllani) donde no se colectaron organismos (Figura 7-107b). La especie de mayor densidad durante la época seca fue Cloedes sp. (orden Ephemeroptera, phylum Arthropoda) con 3400 organismos/0,27 m^2, colectada en dos puntos evaluados: HID-QHuay1 y HID-QHuay2. Asimismo, la especie de mayor densidad durante la época húmeda fue *Cricotopus* sp. (orden Diptera, phylum Arthropoda) con 64 organismos/0,27 m^2, colectada dos puntos evaluados: HID-QHuay1, HID-QSNHuay1, HID-QHuay2, HID-QHuay2A y HID-QHuay2-AB. Como ya se indicó, durante la época húmeda no se colectaron organismos en HID-QSNHuay2 (Anexo 4).

N.M.: Punto donde no se muestrearon la calidad del agua y las comunidades hidrobiológicas.
N.M.B.: Punto donde no se muestrearon las comunidades hidrobiológicas.

Figura 7-97. a) Riqueza (número de especies) y **b)** densidad (abundancia) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según la categoría taxonómica orden en la zona V: Quebrada Huayllani y sus tributarios, durante las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

–Diversidad alfa

La diversidad alfa indicó que el número de Hill N1 (diversidad verdadera) quebrada Huayllani y sus tributarios durante la época seca (agosto 2017) varió desde 5,53 (punto de muestreo HID-QSNHuay1) hasta 8,15 especies efectivas (punto de muestreo HID-QHuay2). En cambio, durante la época húmeda (marzo 2018) varió desde 7,04 (punto de muestreo HID-QHuay2) hasta 7,84 especies efectivas (punto de muestreo HID-QSNHuay1).

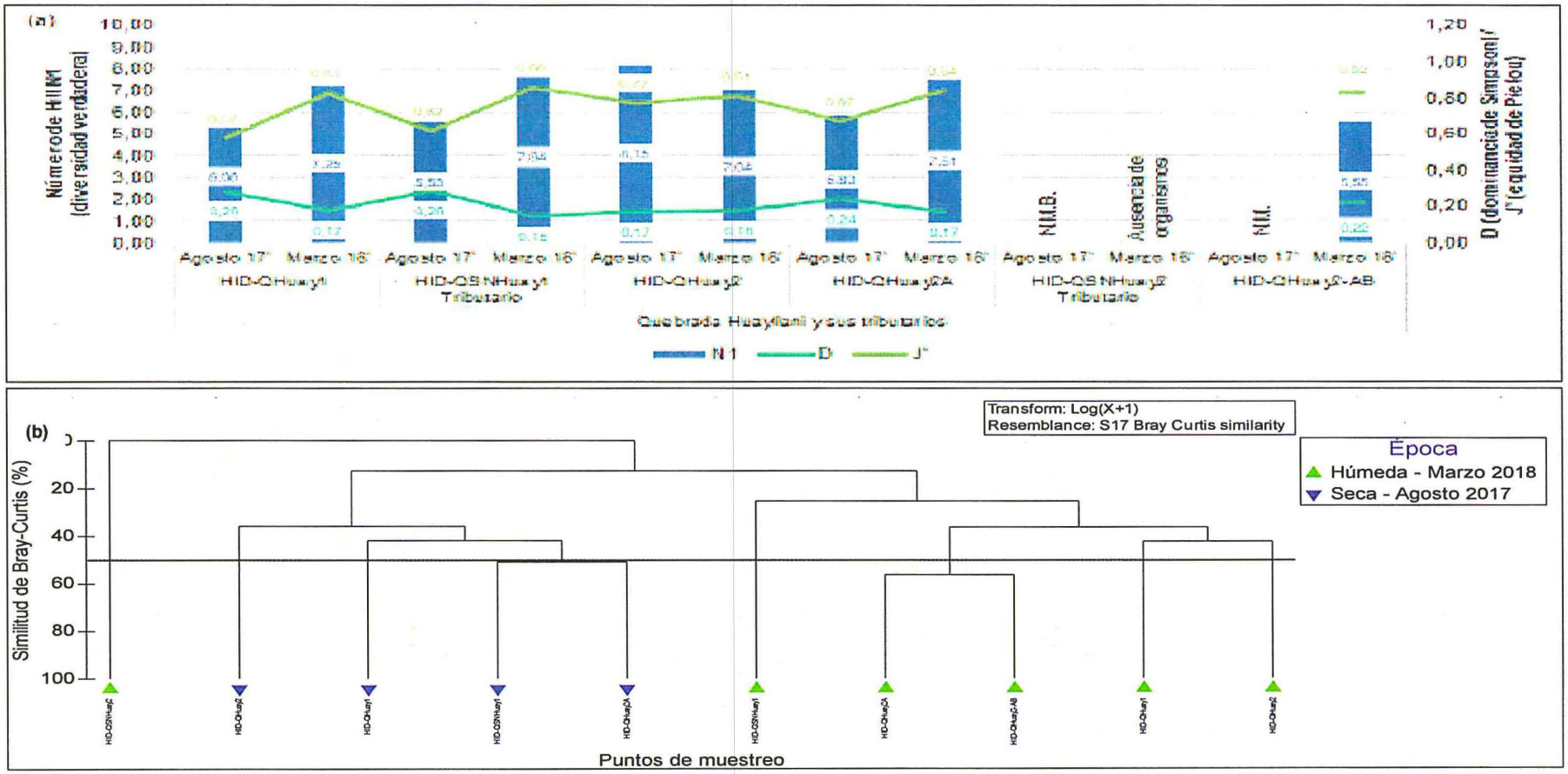
Asimismo, la dominancia de Simpson (D) durante la época seca varió desde 0,17 (punto de muestreo HID-QHuay2) hasta 0,28 (puntos de muestreo HID-QHuay1 y HID-QSNHuay1). En cambio, durante la época húmeda varió desde 0,15 (punto de muestreo HID-QSNHuay1) hasta 0,22 (punto de muestreo HID-QHuay2-AB).

Finalmente, la equidad de Pielou (J') durante la época seca varió desde 0,57 (punto de muestreo HID-QHuay1) hasta 0,77 (punto de muestreo HID-QHuay2). En cambio, durante la época húmeda varió desde 0,82 (punto de muestreo HID-QHuay2-AB) hasta 0,86 (punto de muestreo HID-QSNHuay1) (Figura 7-98a).

Para el análisis de diversidad alfa se observó un mejor establecimiento de la comunidad hidrobiológica de los macroinvertebrados bentónicos durante la época húmeda a excepción del punto de muestreo HID-QHuay2, evidenciándose en valores altos de diversidad verdadera, como valores altos de equidad y valores bajos de dominancia. Por ende, existió una distribución homogénea de la abundancia (densidad) de organismos por especie en los puntos de muestreo durante la época húmeda en comparación a la época seca.

–Diversidad beta

El análisis de diversidad beta mediante el índice de similitud de Bray-Curtis permitió conformar dos agrupamientos con una similitud mayor al 50 %. El primer agrupamiento presentó una similitud de especies del 50,91 % entre los puntos de muestreo HID-QSNHuay1 (quebrada sin nombre, tributario de la quebrada Huayllani) y HID-QHuay2A (quebrada Huayllani) evaluados durante la época seca (agosto 2017). Asimismo, el segundo agrupamiento presentó una similitud de especies del 56,30 % entre los puntos de muestreo HID-QHuay2A y HID-QHuay2-AB (ambos ubicados en la quebrada Huayllani) evaluados durante la época húmeda (marzo 2018), (Figura 98b).



N.M.: Punto donde no se muestrearon la calidad del agua y las comunidades hidrobiológicas.
N.M.B.: Punto donde no se muestrearon las comunidades hidrobiológicas.

Figura 7-98. a) Diversidad alfa y **b)** diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por agrupamientos) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona V: Quebrada Huayllani y sus tributarios, durante las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

c. Peces

No se realizó la colecta de peces en la quebrada Huayllani y sus tributarios.

d. Relación entre variables ambientales biológicas y no biológicas

– Análisis de Componentes Principales (ACP)

Se realizó el análisis de ACP con los puntos en los que se evaluó tanto la calidad de agua superficial, como la calidad de sedimentos. Estos puntos correspondieron a QHuay2 (quebrada Huayllani), QHuay2A (quebrada Huayllani), QSNHuay2 (quebrada Huiscachan Huayco, tributario de la quebrada Huayllani) y QHuay2-AB (quebrada Huayllani).

Para las variables ambientales de agua en la quebrada Huayllani y sus tributarios, la varianza total explicada a partir de la extracción de dos componentes fue de 98,22 %, donde el primer componente aportó un 91,42 %, mientras que el segundo componente aportó 6,80 % (Tabla 7-17).

El primer componente seleccionado para el análisis de correspondencia canónica (ACC) estuvo conformado por los metales totales plomo (Pb), boro (Bo), aluminio (Al), magnesio (Mg), cobalto (Co), niquel (Ni), zinc (Zn), litio (Li), selenio (Se), manganeso (Mn), bario (Ba), cobre (Cu), arsénico (As), hierro (Fe), además de sulfatos, bicarbonatos, conductividad eléctrica (CE) y cianuro WAD. Este primer componente presentó correlaciones positivas entre los metales totales, bicarbonatos, sulfatos, cianuro WAD y la conductividad eléctrica. Esto indicó que el aumento en la concentración de los metales totales estaría relacionado a un aumento de bicarbonatos, sulfatos, cianuro WAD y de la conductividad eléctrica (Tabla 7-17).

Tabla 7-17. Análisis de componentes principales para las variables incluidas en los ECA para agua 2017, Cat.3 (D1 y D2), en la zona V: quebrada Huayllani y sus tributarios, durante la época húmeda (marzo 2018)

Variables	Componentes rotados	
	1	2
Pb (AS)	0,944	
Bo (AS)	0,938	
Al (AS)	0,921	0,374
Mg (AS)	0,895	0,443
Co (AS)	0,893	0,443
Ni (AS)	0,893	0,443
Zn (AS)	0,893	0,443
Cianuro WAD (AS)	0,893	0,443
Li (AS)	0,893	0,443
Se (AS)	0,893	0,443
CE (AS)	0,893	0,443
Mn (AS)	0,893	0,445
Sulfatos (AS)	0,891	0,450
Ba (AS)	0,890	0,452
Cu (AS)	0,888	0,455

Variables	Componentes rotados	
	1	2
As (AS)	0,875	0,479
Bicarbonatos (AS)	0,847	0,531
Fe (AS)	0,837	0,543
OD (AS)	0,116	0,960
T (AS)	-0,414	-0,909
pH (AS)	0,690	0,723
Varianza explicada (%)	91,42	6,80
Varianza acumulada (%)	91,42	98,22

AS: Agua superficial

Asimismo, para las variables ambientales de sedimentos, la varianza total explicada a partir de la extracción de dos componentes fue de 89,41 %, donde el primer componente aportó un 69,84 %, mientras el segundo componente aportó 19,57 % (Tabla 7-18).

El primer componente seleccionado para el análisis de correspondencia canónica (ACC) estuvo conformado por los metales totales arsénico (As), cobre (Cu), zinc (Zn), cromo (Cr), plomo (Pb) y cadmio (Cd). Este primer componente presentó correlaciones positivas entre los metales totales, indicando una elevación o reducción homogénea de sus concentraciones (Tabla 7-18).

Tabla 7-18. Análisis de componentes principales para las variables incluidas en la CEQG para sedimento, en la quebrada Huayllani y sus tributarios, durante la época húmeda (marzo 2018)

Variables	Componentes rotados	
	1	2
As (SED)	0,989	-0,120
Cu (SED)	0,987	-0,118
Zn (SED)	0,890	0,135
Cr (SED)	-0,826	0,557
Pb (SED)	0,750	-0,185
Cd (SED)		0,991
Varianza explicada (%)	69,84	19,57
Varianza acumulada (%)	69,84	89,41

SED: Sedimento

–Análisis de correspondencia canónica (ACC)

En la (Tabla 7-19) se observa que en la quebrada Huayllani y sus tributarios durante la época húmeda (marzo 2018) el primer eje explicó el 60,46 % de la varianza de las variables analizadas, mientras que el segundo eje explicó una varianza del 32,43 %. Por lo tanto, los primeros dos ejes juntos explicaron el 92,89 % de la varianza acumulada. El eje restante contribuyó con un poco menos del 10,0 % de la varianza, por lo que la interpretación de los resultados se basa en los dos primeros ejes.

Tabla 7-19. Resumen de variables para el análisis de correspondencia canónica en la quebrada Huayllani y sus tributarios durante la época húmeda (marzo 2018)

Análisis de variables			Eje 1	Eje 2	Eje 3
Valor propio (*eigenvalue*)			0,1908	0,1023	0,0225
Varianza de especies		Varianza explicada (%)	60,46	32,43	7,11
		Varianza acumulada explicada (%)	60,46	92,89	100,00
Correlaciones	Puntos de muestreo	QHuay2	-0,257	-0,557	0,035
		QHuay2A	0,238	0,175	0,169
		QSNHuay2	-1,470	0,525	-0,024
		QHuay2-AB	0,223	0,078	-0,185
	Variables ambientales biológicas	Lumbricidae ND	1,126	1,172	-1,676
		Cylloepus sp.	0,606	-0,235	-0,579
		Macrelmis sp.	1,148	1,436	2,686
		Atopsyche sp.	-0,354	-2,722	3,828
		Metrichia sp.	1,152	1,478	3,384
		Cricotopus sp.	0,177	-1,525	-2,517
		Onconeura sp.	0,595	-0,296	-1,254
		Achnanthidium minutissimum	1,134	1,274	0,012
		Achnanthidium sp. 1	1,131	1,236	-0,615
		Encyonema minutiforme	0,339	-0,965	-0,201
		Gomphonema parvulum	-1,617	0,686	-0,188
		Gomphonema subclavatum	-1,303	0,340	0,162
		Hannaea arcus	0,305	-1,035	0,335
		Tabellaria floculosa	0,354	-0,906	0,140
	Variables ambientales no biológicas	CE (AS)	-0,961	0,687	-0,109
		As (SED)	-0,936	0,682	0,129
		Cu (SED)	-0,754	0,868	0,207
		Cr (SED)	0,856	-0,540	-0,421
		Pb (SED)	-0,837	0,022	-0,394
		Zn (SED)	-0,478	0,995	0,012
		Bicarbonatos (AS)	-0,903	0,757	-0,271
		Sulfatos (AS)	-0,924	0,757	-0,160
		Cianuro WAD (AS)	-0,958	0,694	-0,103
		Al (AS)	-0,887	0,808	0,011
		As (AS)	-0,958	0,694	-0,103
		Ba (AS)	-0,951	0,711	-0,106
		Bo (AS)	-0,715	0,818	0,348
		Co (AS)	-0,958	0,694	-0,103
		Cu (AS)	-0,952	0,707	-0,117
		Fe (AS)	-0,884	0,811	-0,193
		Li (AS)	-0,958	0,694	-0,103
		Mg (AS)	-0,945	0,726	-0,097
		Mn (AS)	-0,956	0,700	-0,104
		Ni (AS)	-0,958	0,694	-0,103
		Pb (AS)	-0,431	0,755	0,580
		Se (AS)	-0,958	0,694	-0,103
		Zn (AS)	-0,958	0,694	-0,103

AS: Agua superficial
SED: Sedimentos

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

En la Figura 7-99 se describe gráficamente la relación entre las variables ambientales biológicas (especies del perifiton y de los macroinvertebrados bentónicos) y las variables ambientales no biológicas (agua y sedimento) con relación a los puntos de muestreo evaluados. Se observa que Cylloepus sp. (orden Elmidae, clase Insecta), y Onconeura sp. (orden Diptera, clase Insecta) se encontraron asociados a concentraciones de cromo en sedimento, teniendo como referencia los puntos QHuay2A y QHuay2-AB (ambos ubicados en la quebrada Huayllani).

Se observa además que *Gomphonema parvulum* (phylum Bacillariophyta) y *Gomphonema subclavatum* (phylum Bacillariophyta) se encuentran asociados a la conductividad eléctrica (594 µS/cm), concentraciones de cianuro WAD , bicarbonatos, sulfatos, aluminio, arsénico, bario, cobalto, cobre, hierro, litio, magnesio, manganeso, niquel, selenio y zinc en agua superficial, así como arsénico y plomo en sedimento, teniendo como referencia el punto QSNHuay2 (quebrada Huiscachan Huayco, tributario de la quebrada Yahuarmayo). (Figura 7-99).

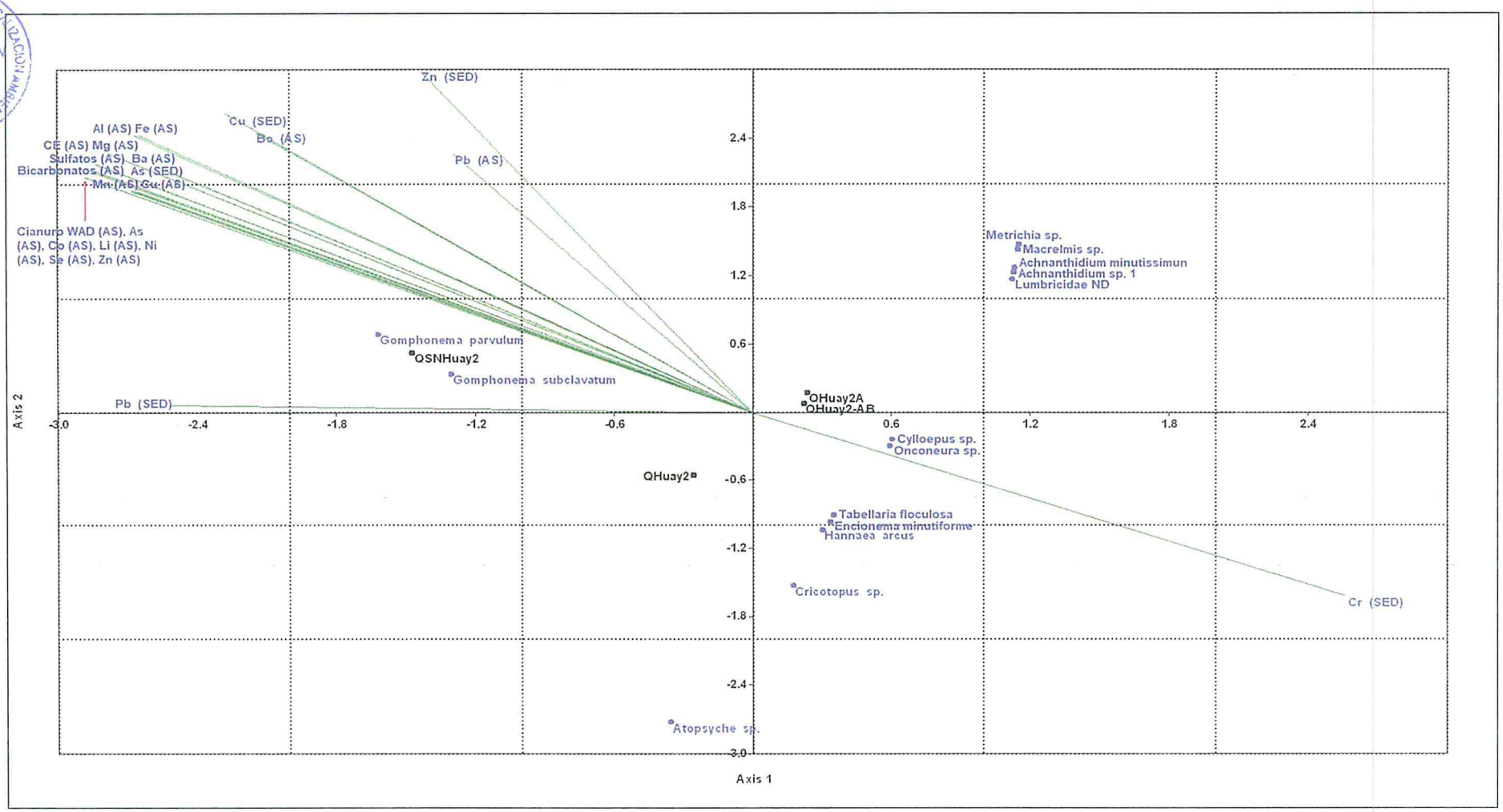


Figura 7-99. Análisis de correspondencia canónica entre las variables ambientales biológicas (especies del perifiton y de los macroinvertebrados bentónicos) y las variables ambientales no biológicas (agua y sedimentos) en la zona V: quebrada Huayllani y sus tributarios; durante la época húmeda (marzo 2018)

ZonaVI: Quebrada Surimana

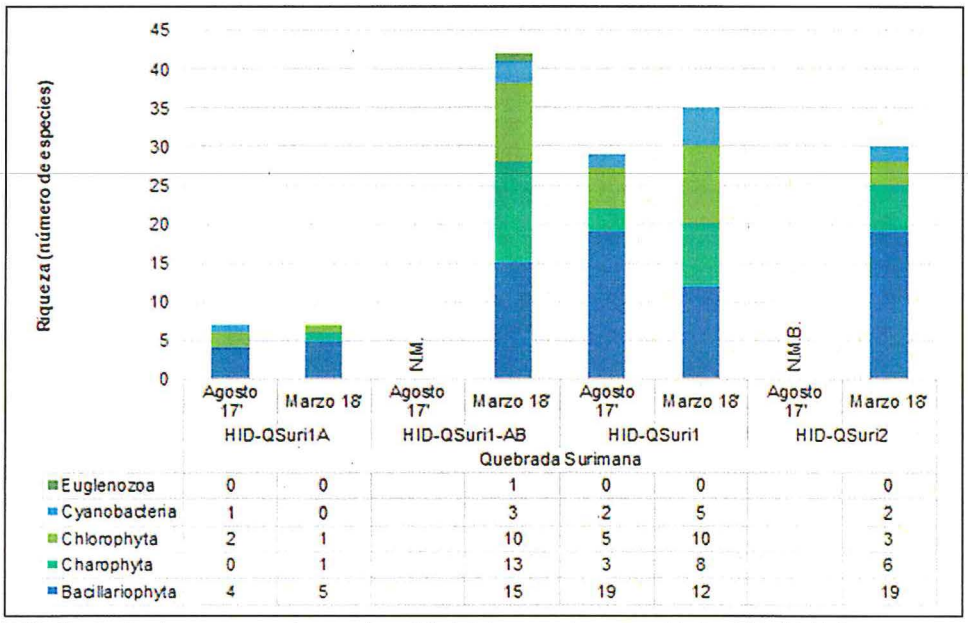
a. Fitoplanton

Microalgas

– Composición, riqueza y abundancia de especies

La muestra de perifiton (microalgas) en la quebrada Surimana estuvo representada por 34 especies durante la época seca (agosto 2017) y 83 especies durante la época húmeda (marzo 2018). Durante la época seca se colectaron cuatro phyla (Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta y Cyanobacteria). Asimismo, durante la época húmeda se colectaron cinco phyla (Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cyanobacteria y Euglenozoa) (Anexo 4).

Durante la época seca la mayor riqueza por punto de muestreo se dio en HID-QSuri1 representado por 29 especies, mientras que la menor riqueza se dio en HID-QSuri1A representado por siete especies. Durante la época húmeda la mayor riqueza por punto de muestreo se dio en HID-QSuri1-AB representado por 42 especies, mientras que la menor riqueza se dio en HID-QSuri1A representado por siete especies (Figura 7-100).



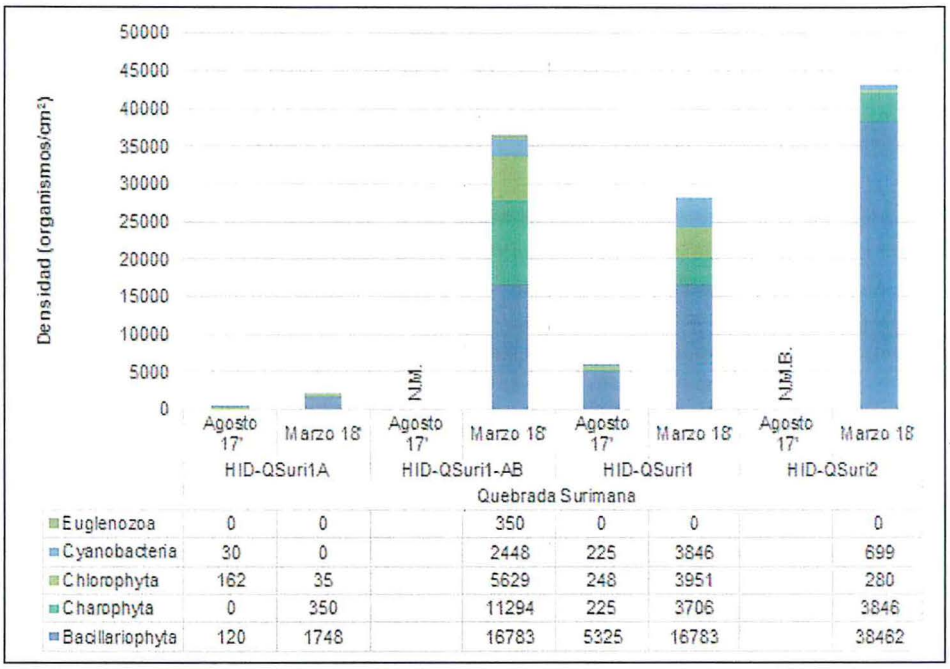
	HID-QSuri1A Agosto 17'	HID-QSuri1A Marzo 18'	HID-QSuri1-AB Agosto 17'	HID-QSuri1-AB Marzo 18'	HID-QSuri1 Agosto 17'	HID-QSuri1 Marzo 18'	HID-QSuri2 Agosto 17'	HID-QSuri2 Marzo 18'
Euglenozoa	0	0		1	0	0		0
Cyanobacteria	1	0		3	2	5		2
Chlorophyta	2	1		10	5	10		3
Charophyta	0	1		13	3	8		6
Bacillariophyta	4	5		15	19	12		19

N.M.: Punto donde no se muestrearon la calidad del agua y las comunidades hidrobiológicas.
N.M.B.: Punto donde no se muestrearon las comunidades hidrobiológicas.

Figura 7-100. Riqueza (número de especies) de la comunidad del perifiton (microalgas) según la categoría taxonómica phylum en la zona VI: Quebrada Surimana, durante las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

La densidad (abundancia) total acumulada del perifiton (microalgas) durante la época seca fue de 6335 organismos/cm^2, mientras que durante la época húmeda fue de 110210 organismos/cm^2. Durante la época seca la mayor densidad por punto de muestreo se dio en HID-QSuri1 representado por 6023 organismos/cm2, mientras que la menor densidad se dio en HID-QSuri1A representado por 312 organismos/cm2. Durante la época húmeda la mayor densidad por punto de muestreo se dio en HID-QSuri2 representado por 43287

organismos/cm2, mientras que la menor densidad se dio en HID-QSuri1A representado por 2133 organismos/cm^2 (Figura 7-101). La especie de mayor densidad durante la época seca fue Tabellaria flocculosa (phylum Bacillariophyta) con 275 organismos/cm^2, colectada en el punto HID-QSuri1. Asimismo, la especie de mayor densidad durante la época húmeda fue también Tabellaria flocculosa con 24476 organismos/cm^2, colectada en tres puntos evaluados: HID-QSuri1-AB, HID-QSuri1 y HID-QSuri2 (Anexo 4).



	HID-QSuri1A Agosto 17'	HID-QSuri1A Marzo 18'	HID-QSuri1-AB Agosto 17'	HID-QSuri1-AB Marzo 18'	HID-QSuri1 Agosto 17'	HID-QSuri1 Marzo 18'	HID-QSuri2 Agosto 17'	HID-QSuri2 Marzo 18'
Euglenozoa	0	0		350	0	0		0
Cyanobacteria	30	0		2448	225	3846		699
Chlorophyta	162	35		5629	248	3951		280
Charophyta	0	350		11294	225	3706		3846
Bacillariophyta	120	1748		16783	5325	16783		38462

N.M.: Punto donde no se muestrearon la calidad del agua y las comunidades hidrobiológicas.
N.M.B.: Punto donde no se muestrearon las comunidades hidrobiológicas.

Figura 7-101. Densidad (abundancia) de la comunidad del perifiton (microalgas) según la categoría taxonómica phylum en la zona VI: quebrada Surimana, durante las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

– **Diversidad alfa**

La diversidad alfa indicó que el número de Hill N1 (diversidad verdadera) en la quebrada Surimana durante la época seca (agosto 2017) varió desde 5,29 (punto de muestreo HID-QSuri1A) hasta 14,02 especies efectivas (punto de muestreo HID-QSuri1). En cambio, durante la época húmeda (marzo 2018) varió desde 6,34 (punto de muestreo HID-QSuri1A) hasta 27,43 especies efectivas (punto de muestreo HID-QSuri1-AB).

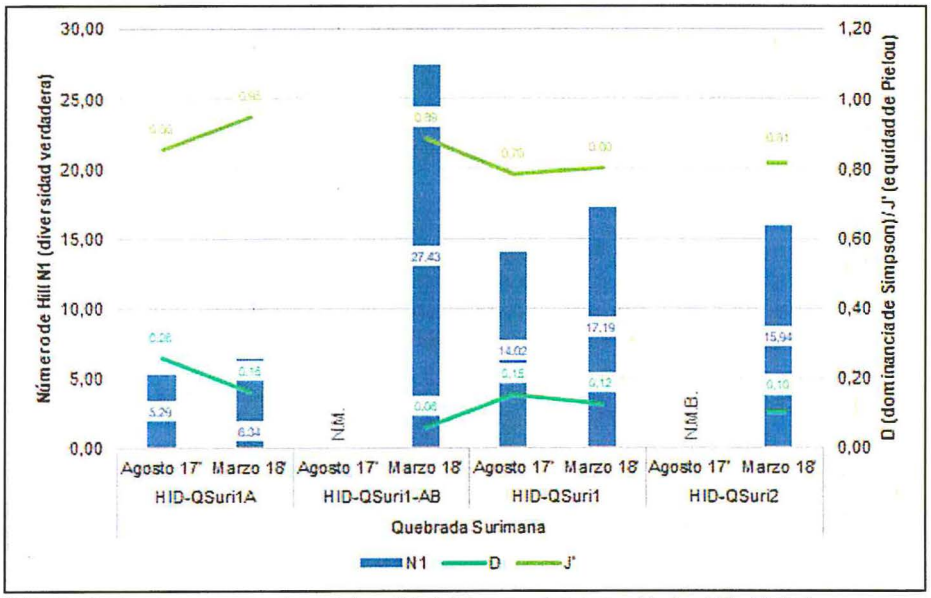
Asimismo, la dominancia de Simpson (D) durante la época seca varió desde 0,15 (punto de muestreo HID-QSuri1) hasta 0,26 (punto de muestreo HID-QSuri1A). En cambio, durante la época húmeda varió desde 0,06 (punto de muestreo HID-QSuri1-AB) hasta 0,16 (punto de muestreo HID-QSuri1A).

Finalmente, la equidad de Pielou (J') durante la época seca varió desde 0,78 (punto de muestreo HID-QSuri1) hasta 0,86 (punto de muestreo HID-QSuri1A). En cambio, durante la época húmeda varió desde 0,80 (punto de muestreo HID-QSuri1) hasta 0,95 (punto de muestreo HID-QSuri1A) (Figura 7-102).

Para el análisis de diversidad alfa se observó un mejor establecimiento de la comunidad hidrobiológica del perifiton (microalgas) durante la época húmeda evidenciándose en valores altos de diversidad verdadera, como valores altos de equidad y valores bajos de dominancia. Por ende, existió una distribución homogénea de la abundancia (densidad) de organismos por especie en los puntos de muestreo durante la época húmeda, en comparación a la época seca.

–Diversidad beta

El análisis de diversidad beta en la quebrada Surimana se realizó mediante el índice de similitud de Bray-Curtis, conformándose un agrupamiento con una similitud de especies del 36,14 % entre los puntos de muestreo HID-QSuri1-AB y HID-QSuri1 evaluados durante la época húmeda (marzo 2018). Las especies comunes entre estos dos puntos de muestreo fueron Frustulia cf. magaliesmontana, Pinnularia cf. notabilis y Tabellaria floculosa pertenecientes al phylum Bacillariophyta; Closterium abruptum, Closterium parvulum, Actinotaenium cucúrbita, Actinotaenium globosum, Staurodemus orbiculare y Mougeotia sp. 2 pertenecientes al phylum Charophyta; Oedogonium sp. 3, Gloeocystis sp., Monoraphidium irregulare y Ankistrodesmus spiralis pertenecientes al phylum Chlorophyta; y Chroococcus turgidus perteneciente al phylm Cyanobacteria (Figura 7-103).



N.M.: Punto donde no se muestrearon la calidad del agua y las comunidades hidrobiológicas.
N.M.B.: Punto donde no se muestrearon las comunidades hidrobiológicas.

Figura 7-102. Diversidad alfa de la comunidad del perifiton (microalgas) en la zona VI: quebrada Surimana, durante las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

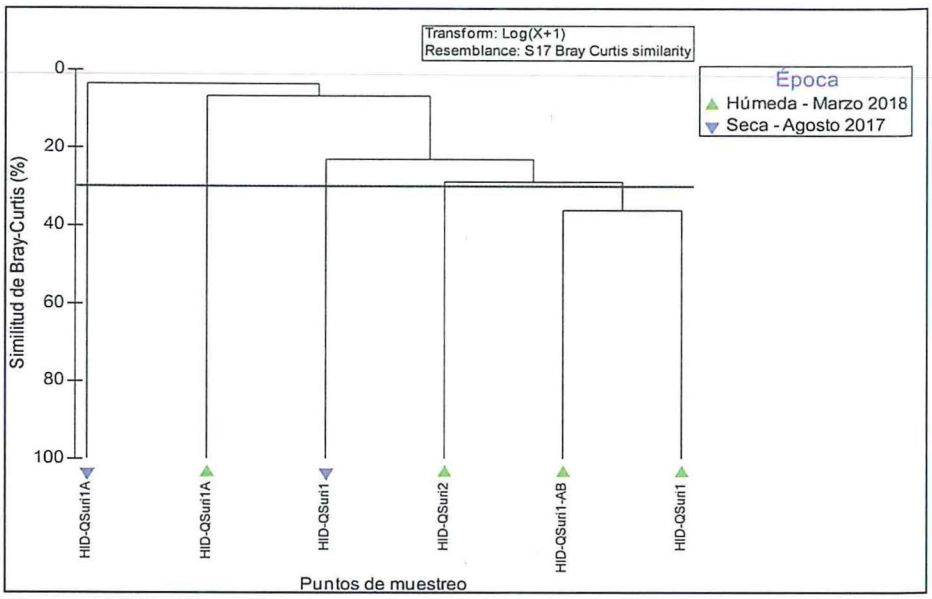


Figura 7-103. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por agrupamientos) de la comunidad del perifiton (microalgas) en la zona VI: quebrada Surimana, durante las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

Microorganismos

–Composición, riqueza y abundancia de especies

La muestra de perifiton (microorganismos) en la quebrada Surimana estuvo representada únicamente por la especie Trinema lineare (phylum Cercozoa) durante la época húmeda (marzo 2018). De esta especie se colectaron 14 organismos/cm2 en HID-QSuri1 (quebrada Surimana) (Anexo 4).

–Diversidad alfa

El análisis de diversidad alfa en la quebrada Surimana solo se pudo realizar en el punto HID-QSuri1 durante la época húmeda (marzo 2018) obteniéndose que el número de Hill N1 (diversidad verdadera) y la la dominancia de Simpson (D) fueron igual 1,0. Estos resultados se debieron a la colecta de una sola especie en el punto en mención.

–Diversidad beta

En la quebrada Surimnana el análisis de diversidad beta no se realizó debido a que solo se colectó una especie durante la época húmeda.

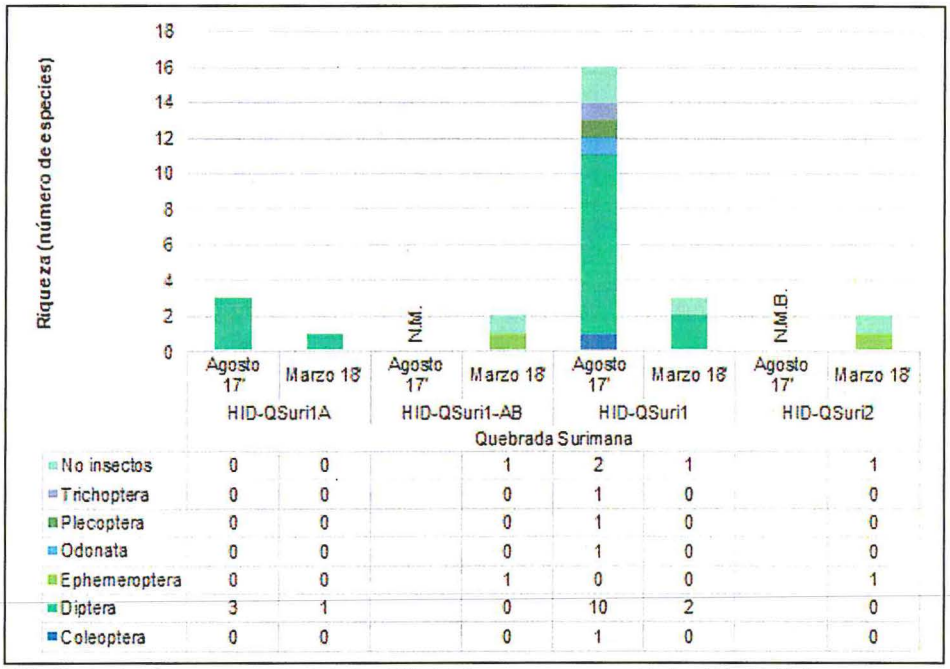
b. Macroinvertebrados bentonicos

–Composición, riqueza y abundancia de especies

La muestra de macroinvertebrados bentónicos en la quebrada Surimana estuvo representada por 17 especies durante la época seca y cuatro especies durante la época húmeda. Durante la época seca se colectaron cuatro órdenes de insectos (Diptera, Coleoptera, Plecoptera y Trichoptera) y un grupo de no

insectos, mientras que en la época húmeda se colectaron dos órdenes de insectos (Diptera y Ephemeroptera) y un grupo de no insectos (Anexo 4).

Durante la época seca la mayor riqueza por punto de muestreo se dio en HID-QSuri1 representado por 16 especies, mientras que la menor riqueza se dio en HID-QSuri1A representado por tres especies. Durante la época húmeda la mayor riqueza por punto de muestreo se dio en HID-QSuri1 representado por tres especies, mientras que la menor riqueza se dio en HID-QSuri1A representado por una especie (Figura 7-104).

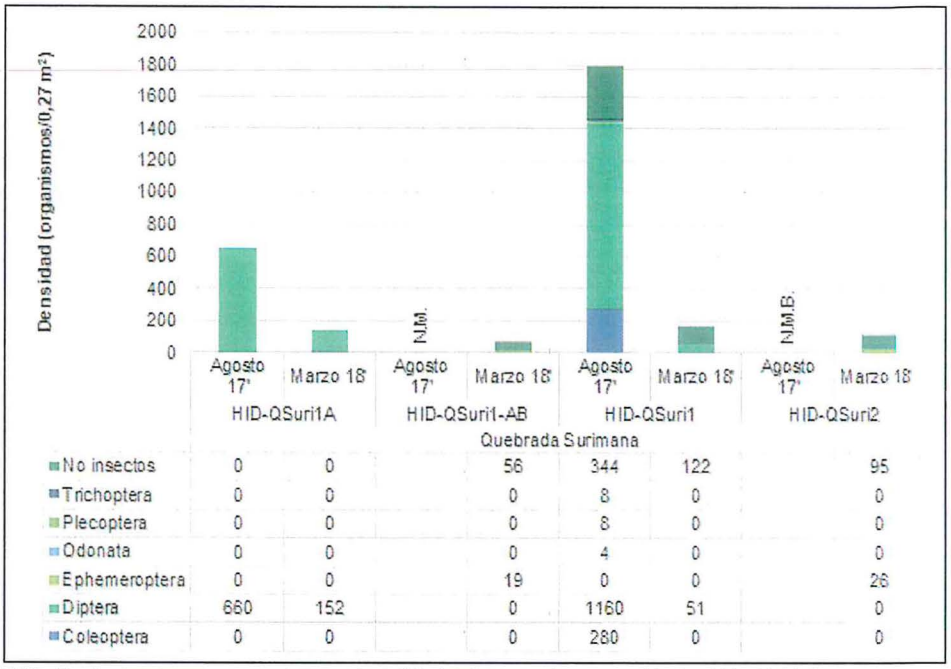


	HID-QSuri1A Agosto 17'	HID-QSuri1A Marzo 18'	N.M. Agosto 17'	HID-QSuri1-AB Marzo 18'	HID-QSuri1 Agosto 17'	HID-QSuri1 Marzo 18'	N.M.B. Agosto 17'	HID-QSuri2 Marzo 18'
No insectos	0	0		1	2	1		1
Trichoptera	0	0		0	1	0		0
Plecoptera	0	0		0	1	0		0
Odonata	0	0		0	1	0		0
Ephemeroptera	0	0		1	0	0		1
Diptera	3	1		0	10	2		0
Coleoptera	0	0		0	1	0		0

N.M.: Punto donde no se muestrearon la calidad del agua y las comunidades hidrobiológicas.
N.M.B.: Punto donde no se muestrearon las comunidades hidrobiológicas.

Figura 7-104. Riqueza (número de especies) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según la categoría taxonómica orden en la en la zona VI: quebrada Surimana, durante las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

La densidad (abundancia) total acumulada de los macroinvertebrados bentónicos durante la época seca fue de 2464 organismos/0,27 m^2, mientras que durante la época húmeda fue de 521 organismos/0,27 m^2. Durante la época seca la mayor densidad por punto de muestreo se dio en HID-QSuri1 representado por 1804 organismos/0,27 m^2, mientras que la menor densidad se dio en HID-QSuri1A representado por 660 organismos/0,27 m^2. Durante la época húmeda la mayor densidad por punto de muestreo se dio en HID-QSuri1 representado por 173 organismos/0,27 m^2, mientras que la menor densidad se dio en HID-QSuri1-AB representado por 75 organismos/0,27 m^2 (Figura 7-105). La especie de mayor densidad durante la época seca fue *Cricotopus* sp. (orden Diptera, phylum Arthropoda) con 1120 organismos/0,27 m^2, colectada en el punto HID-QSuri1. Asimismo, la especie de mayor densidad durante la época húmeda fue Lumbricidae ND (especie no determinada de la familia Lumbricidae, phylum Annelida) con 273 organismos/0,27 m^2, colectada en HID-QSuri1-AB, HID-QSuri1 y HID-QSuri2 (Anexo 4).



	HID-QSuri1A Agosto 17'	HID-QSuri1A Marzo 18'	HID-QSuri1-AB Agosto 17' (N.M.)	HID-QSuri1-AB Marzo 18'	HID-QSuri1 Agosto 17'	HID-QSuri1 Marzo 18'	HID-QSuri2 Agosto 17' (N.M.B.)	HID-QSuri2 Marzo 18'
No insectos	0	0		56	344	122		95
Trichoptera	0	0		0	8	0		0
Plecoptera	0	0		0	8	0		0
Odonata	0	0		0	4	0		0
Ephemeroptera	0	0		19	0	0		26
Diptera	660	152		0	1160	51		0
Coleoptera	0	0		0	280	0		0

N.M.: Punto donde no se muestrearon la calidad del agua y las comunidades hidrobiológicas.
N.M.B.: Punto donde no se muestrearon las comunidades hidrobiológicas.

Figura 7-105. Densidad (abundancia) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según la categoría taxonómica orden en la zona VI: quebrada Surimana, durante las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

–Diversidad alfa

La diversidad alfa indicó que el número de Hill N1 (diversidad verdadera) en la quebrada Surimana durante la época seca (agosto 2017) varió desde 1,69 (punto de muestreo HID-QSuri1A) hasta 7,37 especies efectivas (punto de muestreo HID-QSuri1). En cambio, durante la época húmeda (marzo 2018) varió desde 1,00 (punto de muestreo HID-QSuri1A) hasta 2,23 especies efectivas (punto de muestreo HID-QSuri1).

Asimismo, la dominancia de Simpson (D) durante la época seca varió desde 0,18 (punto de muestreo HID-QSuri1) hasta 0,70 (punto de muestreo HID-QSuri1A). En cambio, durante la época húmeda varió desde 0,54 (punto de muestreo HID-QSuri1) hasta 1,00 (punto de muestreo HID-QSuri1A). Cabe indicar que el punto HID-QSuri1A alcanzó la mayor dominancia (igual a la unidad) en esta época ya que se colectó una sola especie en este punto

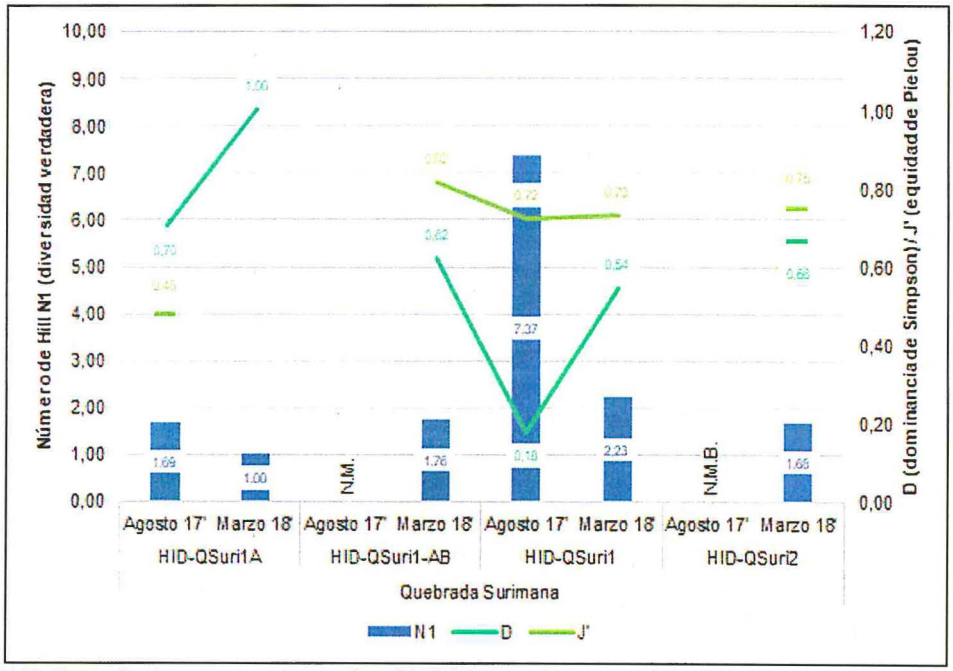
Finalmente, la equidad de Pielou (J') durante la época seca varió desde 0,48 (punto de muestreo HID-QSuri1A) hasta 0,72 (punto de muestreo HID-QSuri1). En cambio, durante la época húmeda varió desde 0,73 (punto de muestreo HID-QSuri1) hasta 0,82 (punto de muestreo HID-QSuri1-AB). Cabe indicar que en el punto HID-QSuri1A no se pudo calcular la equidad ya que se colectó una sola especie en este punto (Figura 106).

Para el análisis de diversidad alfa se observó un mejor establecimiento de la comunidad hidrobiológica de los macroinvertebrados bentónicos durante la época seca, evidenciándose en valores altos de diversidad verdadera, como valores altos de equidad y valores bajos de dominancia. Por ende, existió una distribución homogénea de la abundancia (densidad) de organismos por

especie en los puntos de muestreo durante esta temporada en comparación a la época húmeda.

–Diversidad beta

El análisis de diversidad beta mediante el índice de similitud de Bray-Curtis en la quebrada Surimana permitió conformar dos agrupamientos con una similitud mayor al 50 %. El primer agrupamiento presentó una similitud de especies del 94,49 % entre los puntos de muestreo HID-QSuri1-AB y HID-QSuri2 evaluados durante la época húmeda (marzo 2018). Asimismo, el segundo agrupamiento presentó una similitud de especies del 54,24 % entre el punto de muestreo HID-QSuri1A evaluado durante ambas épocas (agosto 2017 y marzo 2018) (Figura 7-107).



N.M.: Punto donde no se muestrearon la calidad del agua y las comunidades hidrobiológicas.
N.M.B.: Punto donde no se muestrearon las comunidades hidrobiológicas.

Figura 7-106. Diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la zona VI: quebrada Surimana, durante las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

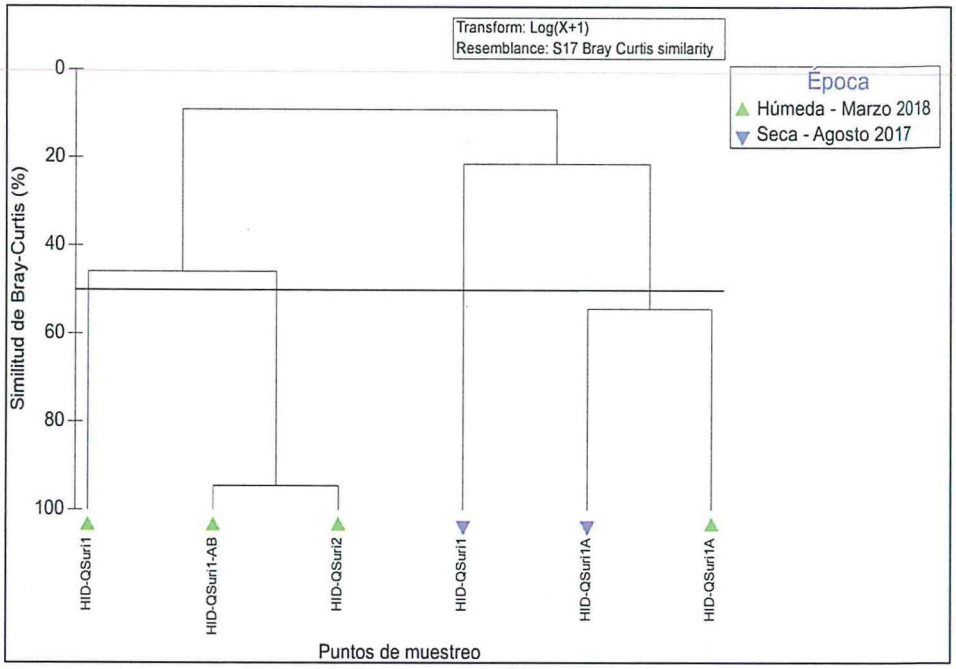


Figura 7-107. Análisis de diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por agrupamientos) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la en la zona VI: quebrada Surimana, durante las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

c. Peces

No se realizó la colecta de peces en la quebrada Surimana.

d. Relación entre variables ambientales biológicas y no biológicas

–Análisis de componentes principales (ACP)

El análisis de ACP se realizó en los puntos donde se evaluó la calidad de agua superficial y la calidad de sedimento. Estos puntos correspondieron a QSuri1A, QSuri1-AB y QSuri1, ubicados en la quebrada Surimana.

Para las variables ambientales de agua en la quebrada Surimana la varianza total explicada a partir de la extracción de dos componentes fue de 100,00%, donde el primer componente aportó un 81,46 % y el segundo componente aportó 18,54 % (Tabla 7-20).

El primer componente seleccionado para el análisis de correspondencia canónica (ACC) estuvo conformado por los metales totales aluminio (Al), cobre (Cu), magnesio (Mg), arsénico (As) bario (Ba), niquel (Ni), manganeso (Mn), cobalto (Co), plomo (Pb), hierro (Fe), además de conductividad eléctrica (CE), temperatura (T) y potencial de hidrógeno (pH). Este primer componente presentó correlaciones positivas entre los metales totales y la conductividad eléctrica; así como una correlación negativa con el potencial de hidrógeno y la temperatura. Esto indicó que un aumento en la concentración de los metales totales involucró un aumento en la conductividad eléctrica, así como una reducción del potencial de hidrógeno y la temperatura.

Tabla 7-20. Análisis de componentes principales para las variables incluidas en los ECA para agua 2017, Cat.3 (D1 y D2), en la quebrada Surimana, durante la época húmeda (marzo 2018)

Variables	Componentes rotados	
	1	2
Al (AS)	0,998	
pH (AS)	-0,995	-0,103
CE (AS)	0,988	0,153
Cu (AS)	0,973	0,230
Mg (AS)	0,965	0,261
As (AS)	0,960	0,281
Ba (AS)	0,957	0,289
Ni (AS)	0,950	0,311
Mn (AS)	0,945	0,327
Co (AS)	0,934	0,358
Pb (AS)	0,924	0,382
T (AS)	-0,841	0,541
Fe (AS)	0,733	0,680
Zn (AS)		0,999
OD (AS)	-0,201	-0,980
Bo (AS)	0,515	0,857
Varianza explicada (%)	81,46	18,54
Varianza acumulada (%)	81,46	100,00

AS: Agua superficial

Asimismo, para las variables ambientales de sedimentos, la varianza total explicada a partir de la extracción de dos componentes fue de 100,00 %, donde el primer componente aportó un 80,80 %, mientras el segundo componente aportó 19,20 % (Tabla 7-21).

El primer componente seleccionado para el análisis de correspondencia canónica (ACC) estuvo conformado por los metales totales cobre (Cu), arsénico (en agua superficial), plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn) y cromo (Cr). Este primer componente presentó correlaciones positivas entre los metales totales, indicando una elevación o reducción homogénea de sus concentraciones.

Tabla 7-21. Análisis de componentes principales para las variables incluidas en la normativa canadiense canadiense para sedimentos, quebrada Huayllani y sus tributarios, durante la época húmeda (marzo 2018)

Variables	Componentes rotados	
	1	2
Cu (SED)	0,999	
As (SED)	0,998	
Pb (SED)	0,997	
Cd (SED)	0,985	0,175
Zn (SED)	0,890	0,457
Cr (SED)		0,999
Varianza explicada (%)	80,80	19,20
Varianza acumulada (%)	80,80	100,00

SED: Sedimento

–Análisis de correspondencia canónica (ACC)

En la Tabla 7-22 se observa el resumen del análisis de correspondecia canónica en la quebrada Surimana durante la época húmeda (marzo 2018), en el cual el

primer eje explicó el 85,66% de la varianza de las variables analizadas, mientras que el segundo eje explicó una varianza del 14,34%. Por lo tanto, los primeros dos ejes juntos explicaron el 100,00% de la varianza acumulada. La interpretación de los resultados se basó solamente en el primer eje.

Tabla 7-22. Resumen de variables para el análisis de correspondencia canónica en la quebrada Surimana, durante la época húmeda (marzo 2018)

Análisis de variables			Eje 1	Eje 2
Valor propio (*eigenvalue*)			0,4139	0,0693
Varianza de especies		Varianza explicada (%)	85,66	14,34
		Varianza acumulada explicada (%)	85,66	100
Correlaciones	Puntos de muestreo	QSuri1A	1,803	-0,085
		QSuri1-AB	-0,170	0,281
		QSuri1	-0,321	-0,276
	Variables ambientales biológicas	Lumbricidae ND	-0,570	-0,328
		Cricotopus sp.	2,091	-2,293
		Caloneis cf. *undulatiformis*	1,555	1,811
		Pinnularia cf. *notabilis*	-0,558	-0,060
		Tabellaria floculosa	-0,557	-0,049
		Monoraphidium irregulare	-0,566	-0,241
		Actinotaenium cucurbita	-0,545	0,212
	Variables ambientales no biológicas	pH (AS)	-0,999	0,069
		CE (AS)	0,987	0,046
		T (AS)	-0,824	0,657
		As (SED)	0,419	0,854
		Cd (SED)	0,123	0,972
		Cu (SED)	0,374	0,878
		Pb (SED)	0,351	0,890
		Zn (SED)	-0,223	0,994
		Al (AS)	0,999	-0,064
		As (AS)	0,941	0,228
		Ba (AS)	0,967	0,142
		Co (AS)	0,896	0,338
		Cu (AS)	0,977	0,102
		Fe (AS)	0,734	0,590
		Mg (AS)	0,968	0,140
		Mn (AS)	0,953	0,191
		Ni (AS)	0,998	-0,178
		Pb (AS)	0,964	0,154

AS: Agua superficial
SED: Sedimentos

En la Figura 108 se describe gráficamente la relación entre las variables ambientales biológicas (especies del perifiton y de los macroinvertebrados bentónicos) y las variables ambientales no biológicas (agua y sedimento) en relación a los puntos de muestreo evaluados. Se observa que Cricotopus sp. (orden Diptera, clase Insecta) y Caloneis cf. undulatiformis (phylum Bacillariophyta) se encuentran asociados a la conductividad eléctrica (92,20

µS/cm), concentraciones de aluminio, arsénico, bario, cobalto, cobre, hierro, magnesio, manganeso, niquel y plomo en agua superficial, así como arsénico, cadmio, cobre y plomo en sedimento, teniendo como referencia el punto QSuri1A (quebrada Surimana).

Se observa además que Lumbricidae ND (orden Opisthophora, clase Oligochaeta) *Pinnularia* cf. notabilis (phylum Bacillariophyta), *Tabellaria floculosa* (phylum Bacillariophyta), *Monoraphidium irregulare* (phylum Chlorophyta) y *Actinotaenium cucurbita* (phylum Charophyta) se encontraron asociados a una temperatura ligeramente alta (14,4°C) y un pH ligeramente ácido (6,66 unidades de pH) en agua superficial, así como a concentraciones de zinc en sedimento, teniendo como referencia los puntos QSuri1 y QSuri1-AB (ambos ubicados en la quebrada Surimana).

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

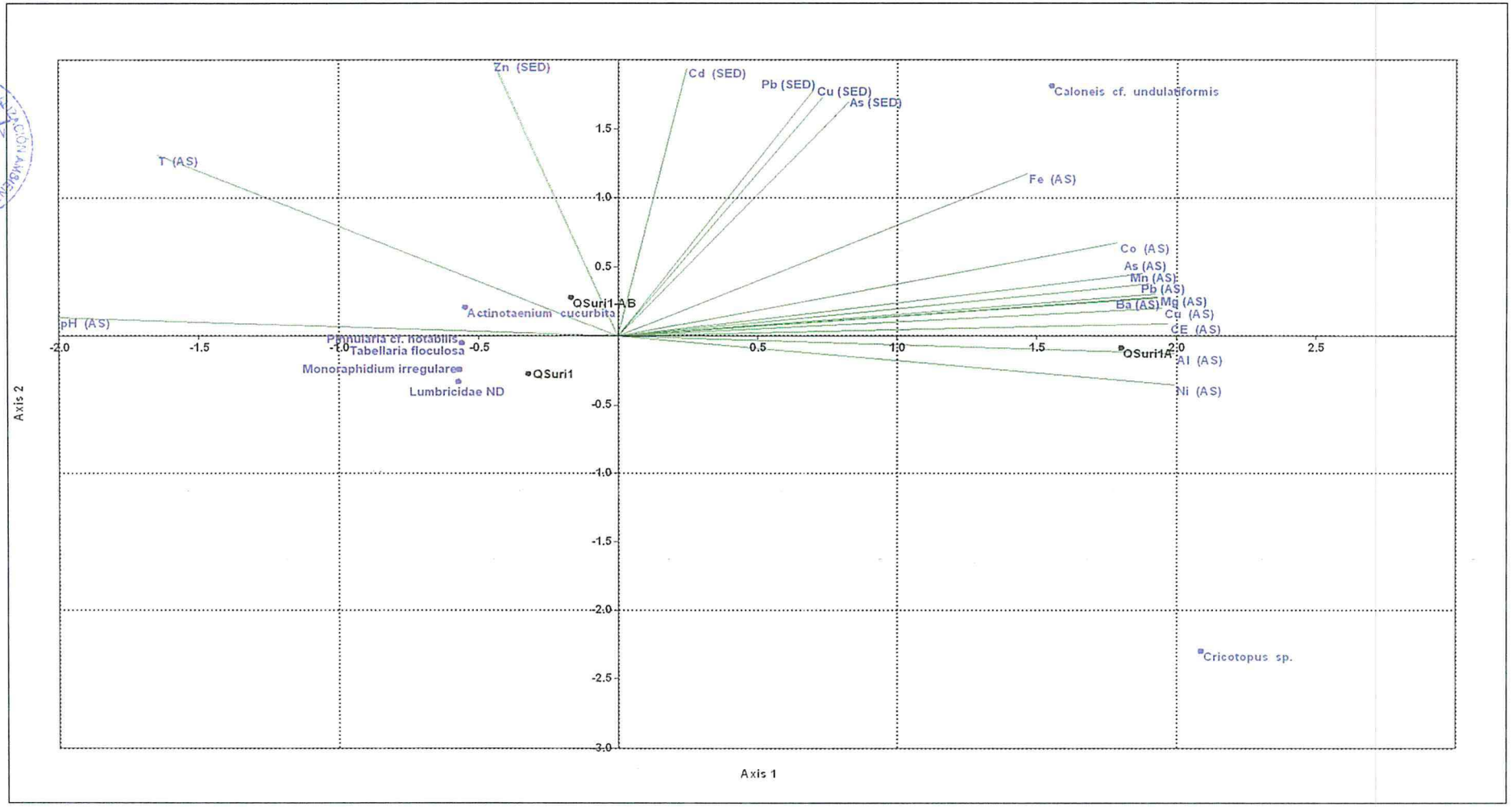


Figura 7-108. Análisis de correspondencia canónica entre las variables ambientales biológicas (especies del perifiton y de los macroinvertebrados bentónicos) y las variables ambientales no biológicas (agua y sedimentos) en la zona VI: quebrada Surimana, durante la época húmeda (marzo 2018)

e. Calidad ecológica

En la Tabla 7-23 se presenta la calidad ecológica de las quebradas evaluadas en la microcuenca Huayllani en la época seca (agosto 2017) y época húmeda (marzo 2018).

En la zona de la quebrada Huayllani y sus tributarios durante la época seca, los puntos HID-QHuay1, HID-QSNHuay1 y HID-QHuay2A presentaron una buena calidad ecológica; mientras que en el punto HID-QHuay2 presentó una moderada calidad ecológica. Asimismo, durante la época húmeda en el punto HID-QHuay1 presentó una buena calidad ecológica; en los puntos HID-QSNHuay1, HID-QHuay2 y HID-QHuay2A presentó una moderada calidad ecológica; en el punto HID-QHuay2-AB presentó una mala calidad ecológica; y el punto HID-QSNHuay2 presentó una pésima calidad ecológica.

En la zona de la quebrada Surimana durante la época seca, el punto HID-QSuri1 presentó una buena calidad ecológica; mientras que el punto HID-QSuri1A presentó una pésima calidad ecológica. Asimismo, en la quebrada Surimana durante la época húmeda, los puntos HID-QSuri1A, HID-QSuri1-AB, HID-QSuri1 y HID-QSuri2 presentaron una pésima calidad ecológica.

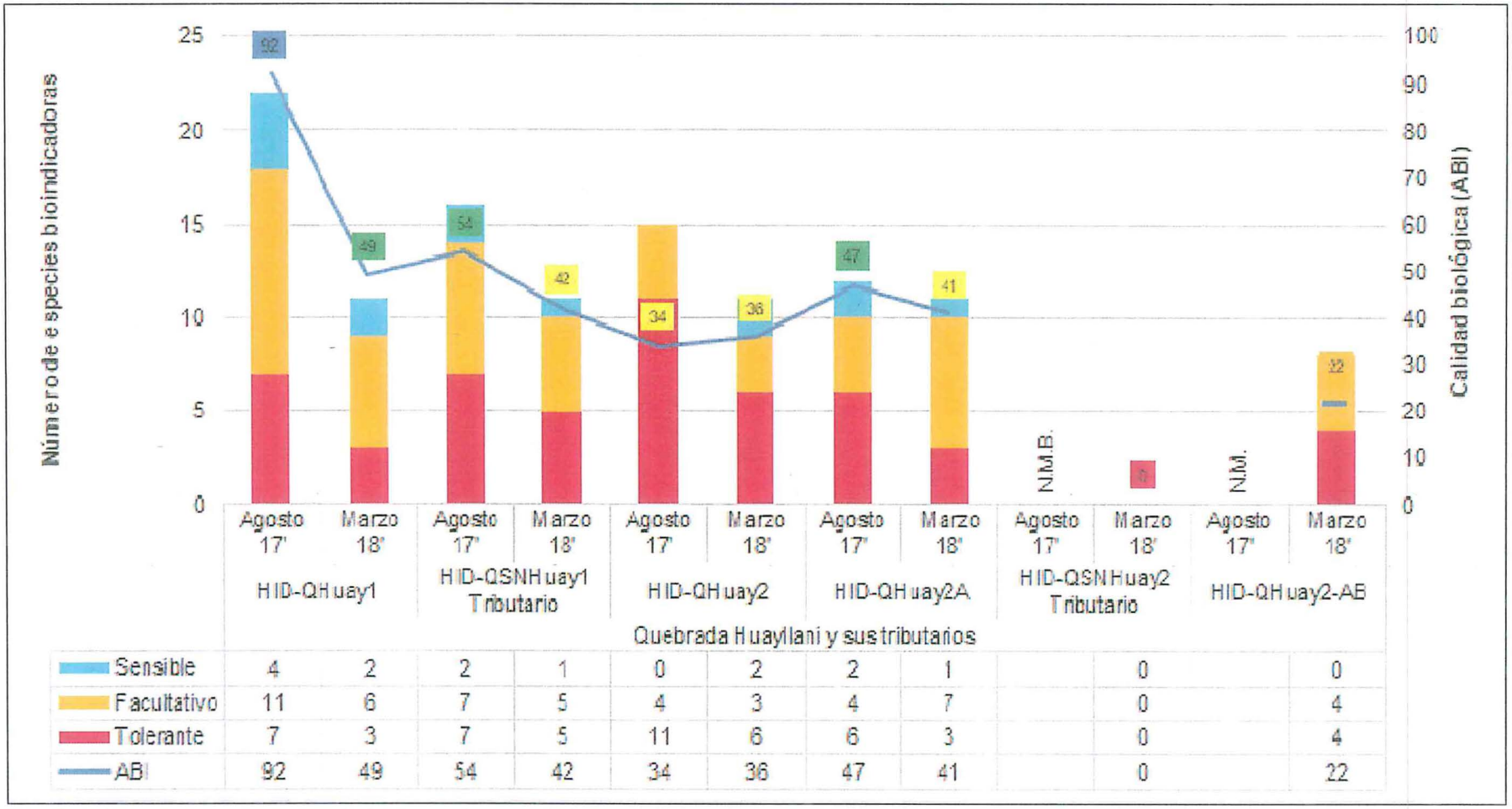
De forma general en la microcuenca Huayllani, los resultados obtenidos indicarían una mejor calidad ecológica de las quebradas evaluadas durante la época seca en comparación a la época húmeda.

Tabla 7-23. Calidad ecológica obtenida para la microcuenca Huayllani (ambientes lóticos) durante las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

Zona		Punto de muestreo	Época seca – agosto 2017			Época húmeda - marzo 2018		
			Calidad hidromorfológica	Calidad biológica	Calidad ecológica	Calidad hidromorfológica	Calidad biológica	Calidad ecológica
Microcuenca Huayllani	Quebrada Huayllani y sus tributarios	HID-QHuay1	Buena	Muy buena	Buena	Buena	Buena	Buena
		HID-QSNHuay1	Buena	Buena	Buena	Buena	Moderada	Moderada
		HID-QHuay2	Buena	Moderada	Moderada	Buena	Moderada	Moderada
		HID-QHuay2A	Buena	Buena	Buena	Buena	Moderada	Moderada
		HID-QSNHuay2	No se evaluó este punto de muestreo			Mala	Pésima	Pésima
		HID-QHuay2-AB	No se evaluó este punto de muestreo			Buena	Mala	Mala
	Quebrada Surimana	HID-QSuri1A	Mala	Pésima	Pésima	Mala	Pésima	Pésima
		HID-QSuri1-AB	No se evaluó este punto de muestreo			Buena	Pésima	Pésima
		HID-QSuri1	Buena	Buena	Buena	Buena	Pésima	Pésima
		HID-QSuri2	No se evaluó este punto de muestreo			Buena	Pésima	Pésima

En la Figura 7-109 y en la Figura 7-110 se aprecian los números de especies bioindicadoras relacionadas a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, así como los valores de calidad biológica obtenidos mediante el índice biótico andino (ABI) en la microcuenca Huayllani.

En la Figura 7-109 se puede apreciar que en la quebrada Huayllani y sus tributarios los valores relacionados a una muy buena calidad biológica de acuerdo a la Tabla 7-23, presentaron un número de especies sensibles igual a cuatro, como sucede en el punto HID-QHuay1 durante la época seca. Asimismo, en este punto se aprecia un alto número de especies facultativas (igual a 11 especies). Caso contrario ocurre en el punto HID-QHuay2-AB en la época húmeda, donde solo se colectaron cuatro especies facultativas y cuatro especies tolerantes, relacionándose a una mala calidad biológica de acuerdo con la Figura 7-109. Se observa además una reducción de especies sensibles, facultativas y tolerantes desde la época seca a la época húmeda.



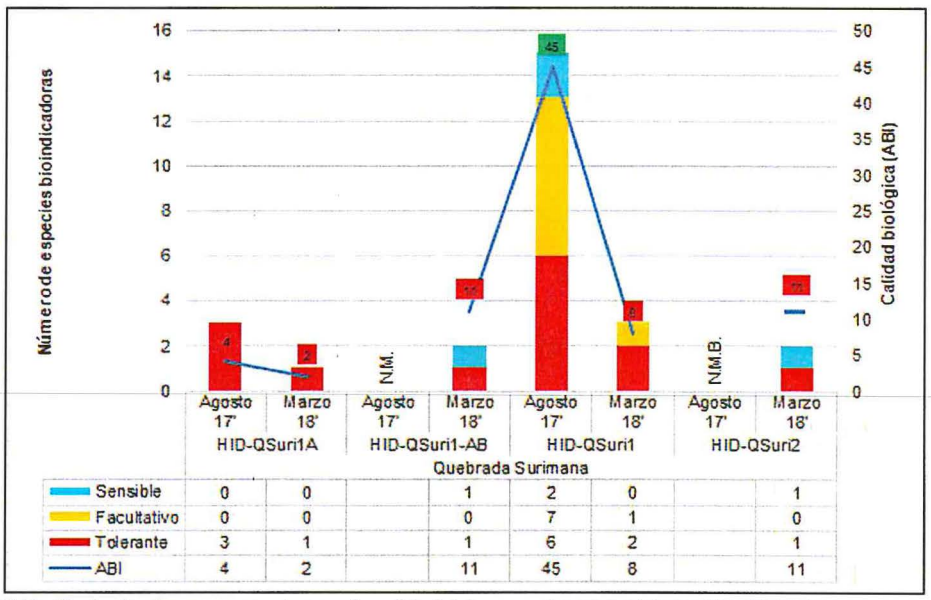
	Agosto 17'	Marzo 18'	Agosto 17'	Marzo 18'	Agosto 17'	Marzo 18'	Agosto 17'	Marzo 18'	Agosto 17'	Marzo 18'	Agosto 17'	Marzo 18'
	HID-QHuay1		HID-QSNHuay1 Tributario		HID-QHuay2		HID-QHuay2A		HID-QSNHuay2 Tributario		HID-QHuay2-AB	
Sensible	4	2	2	1	0	2	2	1		0		0
Facultativo	11	6	7	5	4	3	4	7		0		4
Tolerante	7	3	7	5	11	6	6	3		0		4
ABI	92	49	54	42	34	36	47	41		0		22

N.M.: Punto donde no se muestrearon la calidad del agua y las comunidades hidrobiológicas.
N.M.B.: Punto donde no se muestrearon las comunidades hidrobiológicas.

Figura 7-109. Número de especies bioindicadoras de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca Huayllani (quebrada Huayllani y sus tributarios) durante las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

En la Figura 7-110, se puede apreciar que en la quebrada Surimana los valores relacionados a una buena calidad biológica de acuerdo a la Tabla 7-23 presentaron un número de especies sensibles igual a dos especies, tal como sucede en el punto HID-QSuri1 durante la época seca. Asimismo, en este punto se observa un alto número de especies facultativas (siete especies) y especies tolerantes (seis especies). Caso contrario ocurrió en los puntos HID-QSuri1A, HID-QSuri1-AB, HID-QSuri1 y HID-QSuri2 durante la época húmeda, donde en todos estos puntos se colectaron como mínimo una especie tolerante, hasta en algunos casos una especie facultativa o sensible, indicando una pésima calidad biológica.

Cabe señalar que en el punto HID-QSuri1A se colectaron tres especies tolerantes durante la época seca, relacionándose a una pésima calidad biológica de acuerdo a la Tabla 7-23.



	HID-QSuri1A Agosto 17'	HID-QSuri1A Marzo 18'	N.M. Agosto 17'	HID-QSuri1-AB Marzo 18'	HID-QSuri1 Agosto 17'	HID-QSuri1 Marzo 18'	N.M.B. Agosto 17'	HID-QSuri2 Marzo 18'
Sensible	0	0		1	2	0		1
Facultativo	0	0		0	7	1		0
Tolerante	3	1		1	6	2		1
ABI	4	2		11	45	8		11

N.M.: Punto donde no se muestrearon la calidad del agua y las comunidades hidrobiológicas.
N.M.B.: Punto donde no se muestrearon las comunidades hidrobiológicas.

Figura 7-110. Número de especies bioindicadoras de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca Huayllani (quebrada Surimana), durante las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

7.2 Calidad de aire

A continuación, se presentan los resultados y análisis de los parámetros evaluados para determinar la calidad de aire, incluyendo el análisis de los parámetros meteorológicos.

7.2.1 Análisis de parámetros meteorológicos

En la Tabla 7-24 se presentan los valores mínimos, máximos y promedios de los parámetros meteorológicos registrados durante los días de monitoreo (20 al 24 de agosto de 2017), en los cuatro puntos evaluados.

Tabla 7-24. Parámetros meteorológicos (caldiad de aire)

Parámetro	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Velocidad (m/s)	Precipitación (mm)
Punto AIR-UTUN					
Mínimo	-0,3	7	441,2	0,3	0
Máximo	10,8	78	444,4	3,6	0
Promedio	4,9	29,1	442,9	1,7	0
Punto AIR-SAY					
Mínimo	-2,3	13	439,6	0,3	0
Máximo	11	90	442,8	3,6	0
Promedio	3,9	39,1	441,4	1,5	0
Punto AIR-PISCO					
Mínimo	0,6	19	454,7	0	0
Máximo	15,1	80	457,7	8,9	0
Promedio	7,3	42,9	456,2	2,2	0
Punto AIR-HATUN					
Mínimo	-2,5	16	468,2	0,3	0
Máximo	16,1	85	471,9	5	0
Promedio	6,5	47,7	470,2	1,5	0

7.1.1.1. Temperatura

En los puntos evaluados, la máxima (16,1 °C) y mínima (-2,5 °C) temperaturas se registraron en el poblado Hatun Rumiyoc (AIR-HATUN). La mínima temperatura promedio (3,9 °C) fue registrada en el cerro Saywachayoj (AIR-SAY) y la máxima temperatura promedio (7,3 °C) fue registrada en el poblado Piscocalla (AIR-PISCO), como puede observarse en la Tabla 7-24.

7.1.1.2. Humedad relativa

En los puntos evaluados, la máxima humedad relativa (90 %) se registró en el cerro Saywachayoj (AIR-SAY), mientras que la mínima humedad relativa (7 %) se registró en el cerro Utunsa (AIR-UTUN); en relación a la humedad relativa promedio, el valor máximo (47,7 %) se registró en el cerro Utunsa (AIR-UTUN) y el valor mínimo (29,1 %) se registró en el poblado Hatun Rumiyoc (AIR-HATUN).

7.1.1.3. Precipitación

Durante los días de monitoreo no se registraron valores de precipitación en ninguno de los puntos evaluados, debido a que el monitoreo se realizó en época seca.

7.1.1.4. Velocidad y dirección del viento

En la Figura 7-111, se presenta las rosas de viento, que indican la distribución de velocidades del viento en diferentes direcciones (desde donde sopla el viento). El valor promedio mínimo que se registró en todos los puntos de muestreo durante las evaluaciones ambientes en el área de influencia del PM Utunca fue menor a 0,3 m/s (calma), debido a la poca intensidad de vientos en la zona (Tabla 7-24).

Las mayores frecuencias de la dirección del viento fueron desde el norte, en la Figura 7-111 se observa que la dirección de viento más frecuente en el punto AIR-

UTUN (10,9 %) fue nor-noreste, en el punto AIR-SAY (17,6 %) fue oeste-noroeste y en el punto AIR-PISCO (24,4 %) fue noroeste, a excepción del punto AIR-HATUN (24 %) que fue dirección sur-suroeste.

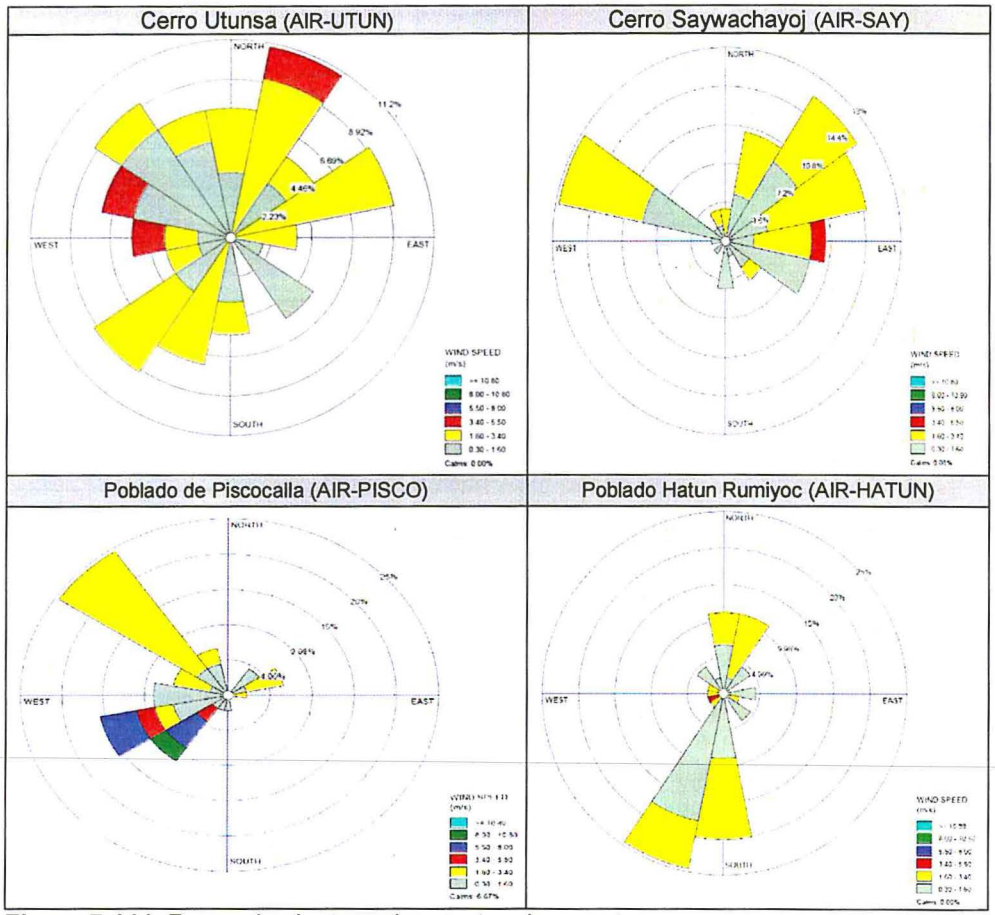


Figura 7-111. Rosas de viento en los puntos de muestreo

7.2.2 Resultados comparados con los ECA aire-2001

7.1.1.5. Material particulado con diámetro menor o igual a 10 micras (PM_{10})

En la Figura 7-112, se presentan los resultados de PM10 registrados en los cuatro puntos evaluados: AIR-UTUN (Cerro Utunsa), AIR-SAY (Cerro Saywachayoj), AIR-PISCO (Poblado de Piscocalla) y AIR-HATUN (Poblado de Hatun Rumiyoc), donde se observa que todos los puntos no superaron el valor de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire, en un período de 24 horas (150 µg/m³). Se observa además que el punto de muestreo AIR-SAY (Cerro Saywachayoj Loma) obtuvo la mayor concentración de PM10 (63,6 µg/m³) el día 21 de agosto de 2017.

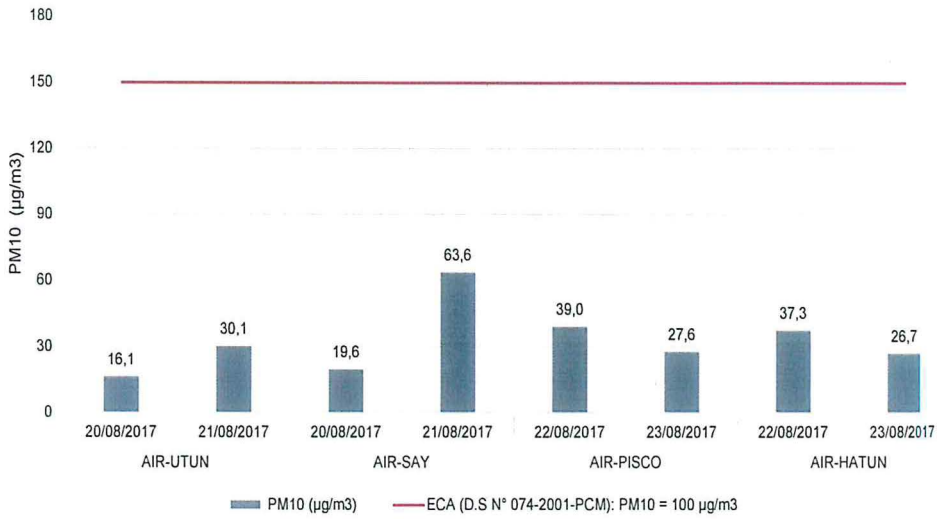


Figura 7-112. Concentraciones diarias de PM_{10} en el área de influencia del PM Utunsa comparados con el ECA aire 2001

7.2.3 Comparación de los resultados con los ECA aire-2017

7.1.1.6. Material particulado con diámetro menor o igual a 10 micras (PM10)

En la Figura 7-113, se presentan los resultados del PM10 registrados en los cuatro puntos evaluados AIR-UTUN (Cerro Utunsa), AIR-SAY (Cerro Saywachayoj), AIR-PISCO (Poblado de Piscocalla) y AIR-HATUN (Poblado de Hatun Rumiyoc), donde se puede apreciar que todos los puntos evaluados no superaron el valor ECA para aire, en un período de 24 horas (100 µg/m^3).

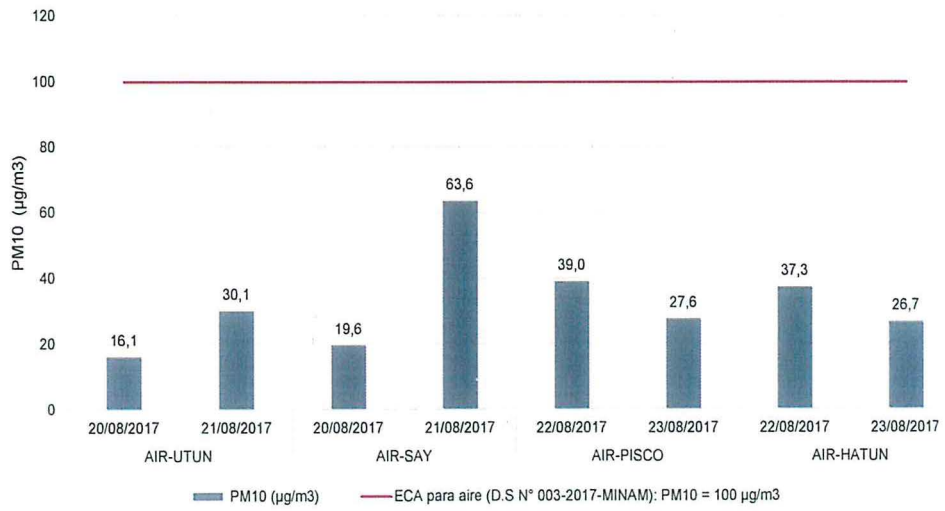


Figura 7-113. Concentraciones diarias de PM_{10} en el área de influencia del PM Utunsa comparados con el ECA aire 2017

7.1.1.7. Evaluación de la calidad de aire

En la Tabla 7-25 se muestran los resultados de la evaluación de la calidad de aire de acuerdo con el índice de la calidad del aire (INCA), donde todos los puntos evaluados fueron calificados como aire de buena calidad.

Tabla 7-25. Índice de calidad de aire (INCA) del material parrtículado (PM_{10}) en los puntos evaluados

Punto de monitoreo	Fecha	PM_{10} (µg/m³)	INCA	Calificación
AIR-UTUN	20/08/2017	16,1	10,7	Buena
	21/08/2017	30,1	20,1	
AIR-SAY	20/08/2017	19,6	13,1	Buena
	21/08/2017	63,6	42,4	
AIR-PISCO	22/08/2017	39,0	26,0	Buena
	23/08/2017	27,6	18,4	
AIR-HATUN	22/08/2017	37,3	24,9	Buena
	23/08/2017	26,7	17,8	

7.1.1.8. Metales totales en material particulado PM10

En la Tabla 7-26 se presenta las concentraciones de los metales totales presentes en el PM_{10} de los puntos de muestreo AIR-UTUN (Cerro Utunsa), AIR-SAY (Cerro Saywachayoj), AIR-PISCO (Poblado de Piscocalla) y AIR-HATUN (poblado de Hatun Rumiyoc); donde se observa que todas las concentraciones de los metales evaluados en los cuatro puntos cumplieron con los valores de referenciales establecidos en la norma canadiense (AAQC)[30] para un período de 24 horas.

La mayoría de los metales evaluados se encontraron por debajo del valor de cuantificación del laboratorio acreditado, excepto las concentraciones de aluminio, bario, cobre y manganeso.

Tabla 7-26. Resultados de metales evaluados en el PM Utunsa

Metal	AIR-UTUN (Cerro Utunsa)		AIR-SAY (Cerro Saywachayoj)		AIR-PISCO (Poblado de Piscocalla)		AIR-HATUN (Poblado de Hatun Rumiyoc)		AQQC* (µg/m3)
	Del 20/08/17 al 21/08/17	Del 21/08/17 al 22/08/18	Del 20/08/17 al 21/08/17	Del 21/08/17 al 22/08/18	Del 22/08/17 al 23/08/17	Del 23/08/17 al 24/08/18	Del 22/08/17 al 23/08/17	Del 23/08/17 al 24/08/18	
	Concentración de metales (µg/m³)								
Plata	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	1
Aluminio	0,23588	0,39704	0,29034	0,37433	0,52933	0,33501	0,63678	0,31757	-
Arsénico	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,3
Bario	0,00568	0,00607	0,00747	0,00369	0,00885	0,00474	0,00901	0,00372	10
Berilio	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,01
Cadmio	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,025
Cobalto	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	0,1

30 Criterios de Calidad Ambiental del Aire de Ontario AAQC (versión de abril 2012) fueron desarrollados por el Ministerio del Ambiente de Ontario y en ellos se establecen estándares para un gran número de agentes tóxicos del aire.

Metal	AIR-UTUN (Cerro Utunsa)		AIR-SAY (Cerro Saywachayoj)		AIR-PISCO (Poblado de Piscocalla)		AIR-HATUN (Poblado de Hatun Rumiyoc)		AQQC* (µg/m3)
	Del 20/08/17 al 21/08/17	Del 21/08/17 al 22/08/18	Del 20/08/17 al 21/08/17	Del 21/08/17 al 22/08/18	Del 22/08/17 al 23/08/17	Del 23/08/17 al 24/08/18	Del 22/08/17 al 23/08/17	Del 23/08/17 al 24/08/18	
	Concentración de metales (µg/m^3)								
Cromo	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	0,5
Cobre	0,01974	0,01277	0,01018	0,01185	0,08558	0,06878	0,02299	0,0199	50
Manganeso	0,00793	0,0091	0,00746	0,0086	0,01155	0,0105	0,0137	0,0095	0,2
Molibdeno	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	120
Níquel	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	0,1
Plomo	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,5
Antimonio	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	25
Selenio	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	10
Talio	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-
Vanadio	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	2
Zinc	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	120

(*): Ambient Air Quality Criteria, Criterios de calidad de aire establecidos por el Ministerio del Ambiente de Ontario, Canadá, abril de 2012.

7.3 Flora silvestre

Los resultados de la evaluación de flora silvestre en las zonas de los ecosistemas frágiles (EF) y formaciones vegetales asociadas del PM Utunsa, relacionados a la composición florística y riqueza, cobertura, abundancia relativa, diversidad y especies protegidas, son presentados en esta sección; haciendo la comparación entre los ecosistemas fragiles y sus formaciones vegetales asociadas (roquedal y pajonal). Además, con la finalidad de fortalecer la distinción de la vegetación entre las formaciones vegetales evaluadas se presenta los resultados de los estadísticos multivariados utilizados en esta evaluación.

7.3.1 Composición florística

7.3.1.1 Composición florística en el área de estudio

En el área de evalución se han identificado 154 especies de plantas vasculares, agrupadas en tres Clases, 38 familias botánicas y 94 géneros (Anexo 8). La clase Magnoliopsida (Angiospermas) representa el grupo dominante con 107 especies (69 %), seguidas de la clase Liliopsida (Angiospermas) con 38 especies (25 %) y la menor diversidad la presenta la clase Polypodiopsida (Helechos) con 9 especies (6 %) (Tabla 7-27 y Figura 7-114).

Tabla 7-27. Número de familias, géneros y especies por clase, registradas en los ecosistemas frágiles

Clase	Familias	Géneros	Especies
Liliopsida	7	24	38
Magnoliopsida	25	62	107
Polypodiopsida	6	8	9

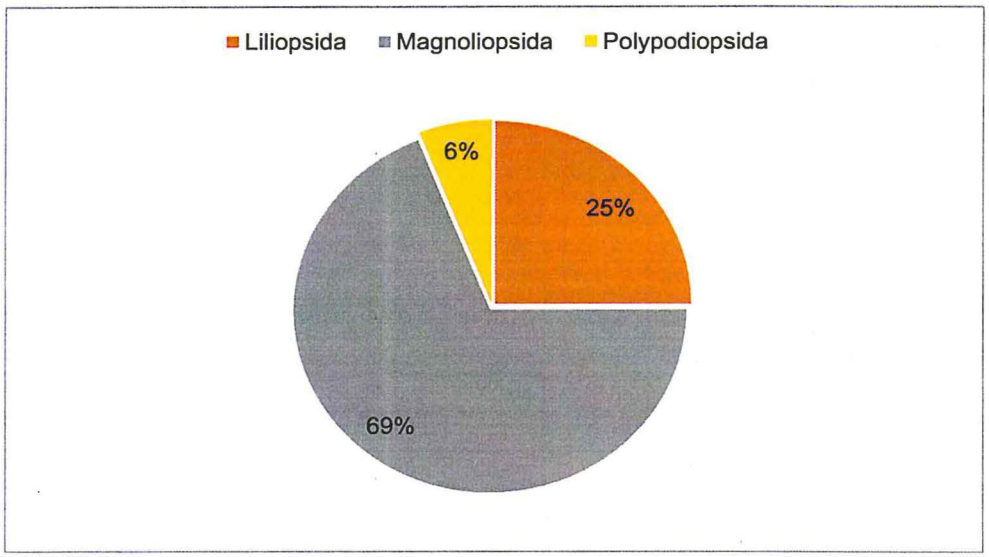


Figura 7-114. Porcentaje de especies por clase, registradas en los EF

Las familias más diversas fueron Asteraceae con 40 especies distribuidas en 19 géneros y Poaceae con 22 especies distribuidas en 11 géneros, en conjunto solo estas 2 familias agrupan el 40,26 % del total de especies, más de la tercera parte del total de especies presentes en el área de estudio, en general estas familias son las más frecuentes (diversas) en las áreas altoandinas. Entre otras familias más diversas tenemos a Caryophyllaceae y Fabaceae con 7 especies cada una. Además, entre las 10 familias más diversas se agrupa el 66,88 % de especies registradas en el área (Figuras 7-115 y 7-116).

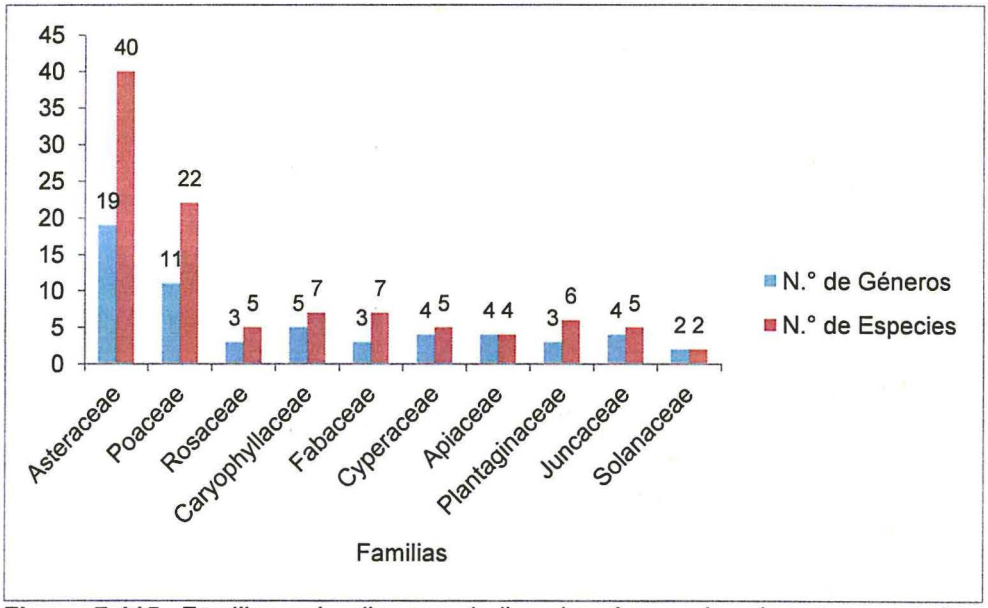


Figura 7-115. Familias más diversas, indicando número de géneros y especies, registradas en los EF

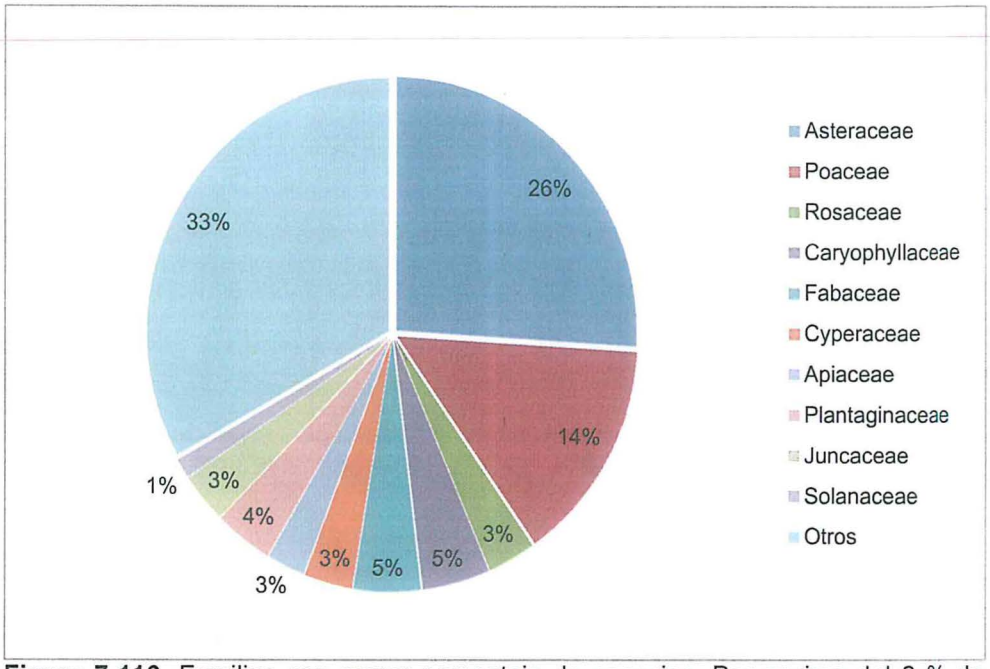


Figura 7-116. Familias con mayor porcentaje de especies. Por encima del 2 % de especies registradas en los EF

Se registraron 10 géneros con el mayor número de especies, las que agrupan el 29,22 % del total de las especies registradas en los EF evaluados dentro del área de estudio (Figura 7-117). Los géneros con mayor número de especies son *Calamagrostis* con 9 especies, y *Senecio, Werneria* y *Gentianella,* con 5 especies cada uno. *Calamagrostis* y Senecio, pertenecientes a las familias Poaceae y Asteraceae respectivamente, son los géneros más diversos de estas familias en el Perú y se encuentran con mayor frecuencia en los Andes.

Las especies de crecimiento herbáceo (hierba), los más comunes en los EF evaluados dentro del área de estudio, fueron representados por 122 especies (79,2 % del total de las especies), seguido de los arbustos con 22 especies (14,3 %). Por otro lado, las formas de crecimiento escándente, acuática y árbol con 6, 3 y 1 especies, respectivamente, fueron encontradas con menor frecuencia (Figura 7-118).

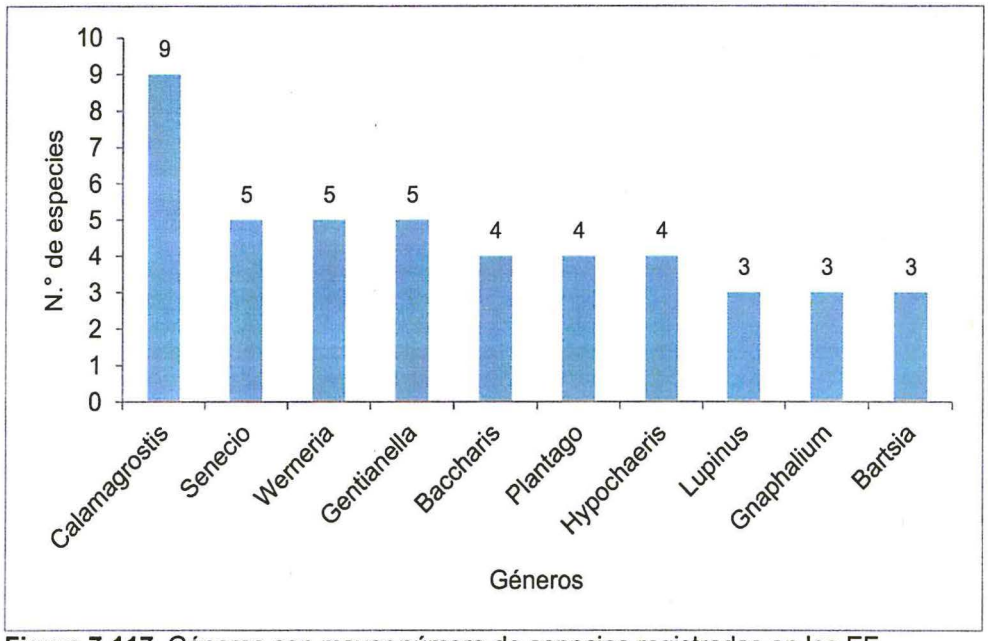


Figura 7-117. Géneros con mayor número de especies registradas en los EF

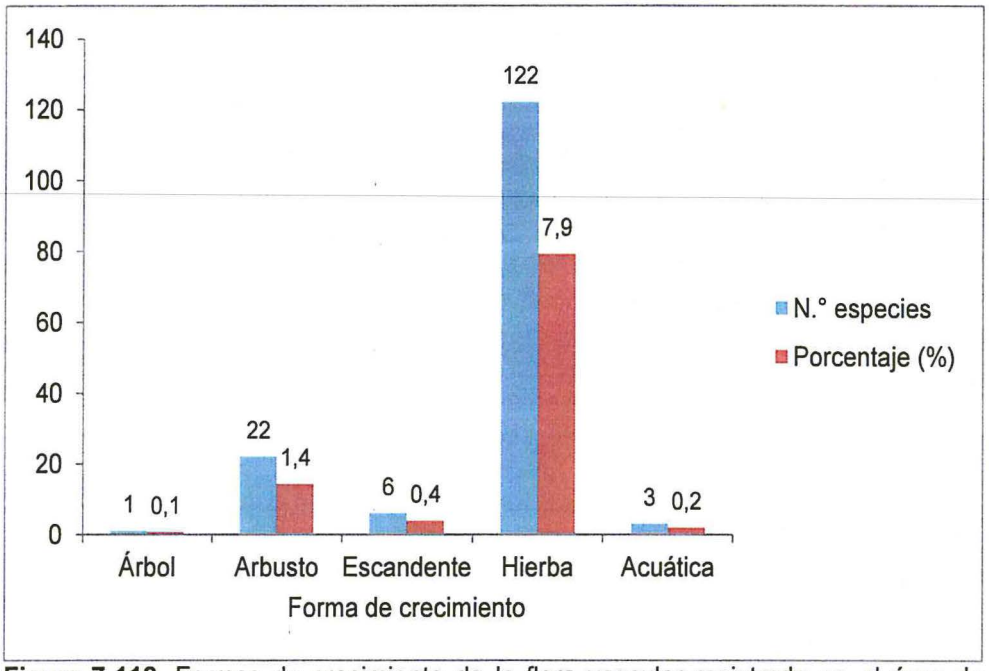


Figura 7-118. Formas de crecimiento de la flora vascular registrada en el área de evalución

7.3.1.2 Composición florística por formación vegetal

a. Bofedal

Esta formación vegetal hidromórfica con vegetación herbácea característica, de origen generalmente natural, se presenta en los Andes sobre suelos planos o ligeramente inclinados; permanentemente inundados o saturados de agua corriente. Presenta vegetación densa y compacta siempre verde, de porte

almohadillado o en cojín, conformado por formaciones donde las especies dominantes son las del género Distichia y Plantago; asimismo, la fisonomía de la vegetación incluye a herbazales de 0,5 a 1 metro de altura.

La estructura de la vegetación de bofedal cumple un rol importante en la ecología Altoandina, como hábitat de muchas especies de plantas y animales y como importante fuente de recursos para los habitantes locales, principalmente respecto a actividades ganaderas. En consecuencia, es uno de los ecosistemas más afectados de la zona y se ha clasificado como un ecosistema con una alta prioridad de conservación. En esta formación vegetal se registraron 88 especies agrupadas en 24 familias y 57 géneros (Figura 7-119).

b. Vegetación de roquedal

Los roquedales son comunidades vegetales en donde el sustrato dominante es la roca, piedras y suelo descubierto, en ellas se puede observar la alternancia de especies arbustivas y herbáceas, además de otras formas de vida, debido principalmente a los numerosos microhábitats que ofrece. Destacan por su diversidad los arbustos y helechos que aprovechan los intersticios rocosos para establecerse. Los roquedales evaluados en el área de estudio están por encima de los 3500 m s.n.m. y es una de las formaciones vegetales más frecuente en el área de estudio. En esta formación se registraron 95 especies agrupadas en 33 familias y 66 géneros (Figura 7-119).

c. Pajonal

Los pajonales son entre las formaciones altoandinas la más extensa. Ocupan laderas de suelo terroso o algo pedregosos a veces bien escarpados. Los elementos característicos son los robustos manojos de diversas gramíneas cuya altura es de medio metro, aproximadamente. En esta formación se registraron 62 especies agrupadas en 19 familias y 46 géneros (Figura 7-119).

d. Laguna «altoandina»

Superficies saturadas o cubiertas de aguas, sean estas de un régimen natural o artificial, quietas/estancadas (sin circulación continua) o corrientes (movimiento continuo en una misma dirección), permanentes o temporales (al menos un mes de inundación), dulces, salobres o saladas. Son regulados por factores climáticos y se encuentran en constante interrelación con los seres vivos que la habitan. El agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a éste, en específico las lagunas del Proyecto minero Utunsa están muy relacionadas con los bofedales y otras formaciones vegetales asociadas (pajonal y roquedal). En esta formación se registraron 75 especies agrupadas en 22 familias y 58 géneros (Figura 7-119).

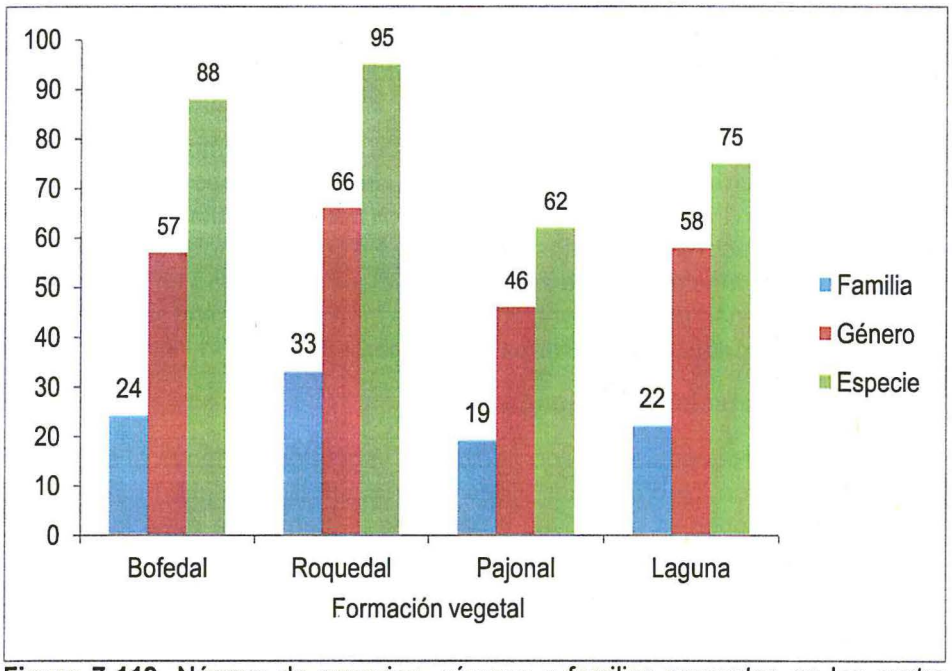


Figura 7-119. Número de especies, géneros y familias presentes en las cuatro formaciones vegetales presentes en los EF evaluados

7.3.1.3 Composición florística por microcuenca y ecosistema frágil (EF)

a. Microcuenca Huayllani

EF1

En este ecosistema frágil (EF1) se evaluó a la formación vegetal conocida como bofedal (Bof) y como ecosistema asociado a la vegetación de roquedal (Roq).

En la formación vegetal de bofedal, se registraron 37 especies agrupadas en 15 familias y 29 géneros (Figura 7-131). Las familias más diversas son Asteraceae con 9, Poaceae con 7, Rosaceae y Caryophyllaceae con 3, seguido de Plantaginaceae con 2 especies.

En la formación vegetal de roquedal (vegetación asociada al EF1), se registraron 28 especies agrupadas en 14 familias y 26 géneros (Figura 7-131). Siendo las familias más diversas Asteraceae, Poaceae y Apiaceae con 12, 3 y 2 especies, respectivamente, además se registró una especie para las familias Orchidaceae y Violaceae, entre otras (Figura 7-120).

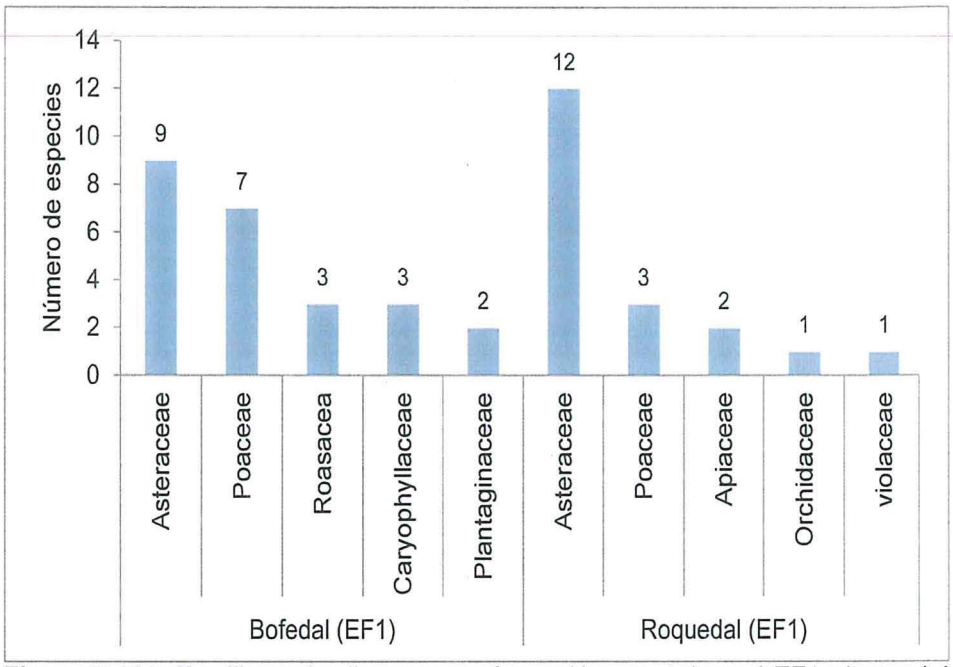


Figura 7-120. Familias más diversas por formación vegetal en el EF1, dentro del área de evaluación

EF2

En esta zona se identificaron dos formaciones vegetales, entre ellas el ecosistema frágil bofedal (EF2) como ecosistema principal y el roquedal como formación vegetal asociada.

En la formación vegetal de bofedal se registraron 30 especies agrupadas en 13 familias y 24 géneros (Figura 7-131), siendo las familias más diversas Asteraceae y Poaceae con 8 y 5 especies respectivamente, entre otras familias están Gentianaceae y Juncaceae ambas con tres especies y Orobanchaceae con 2 especies (Figura 7-121).

En la formación vegetal de roquedal se registron 31 especies agrupadas en 15 familias y 27 géneros (Figura 7-131), siendo las familias más diversas Asteraceae y Poaceae con 8 y 5 especies respectivamente, seguidas de las familias Fabaceae, Gentianaceae y Geraniaceae, con una especie, entre otras (Figura 7-121).

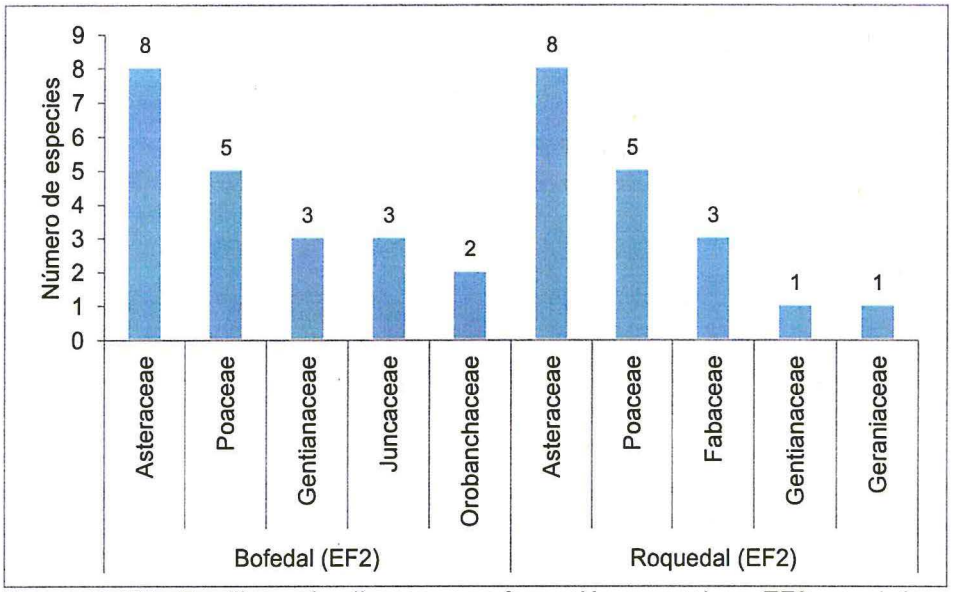


Figura 7-121. Familias más diversas por formación vegetal en EF2 en el área evaluada

EF4

En esta zona se identificaron tres formaciones vegetales, entre ellas el ecosistema frágil bofedal (EF4) como ecosistema principal, seguido de roquedal y pajonal como formaciones vegetales asociadas.

En la formación vegetal de bofedal se registraron 29 especies agrupadas en 10 familias y 21 géneros (Figura 7-131). Las familias más diversas son Asteraceae y Poaceae con 8 y 7 especies respectivamente, entre otras familias están Juncaceae y Plantaginaceae con 3 y 1 especies (Figura 7-122).

En la formación vegetal de pajonal se registraron 27 especies agrupadas en 12 familias y 24 géneros (Figura 7-131), siendo las familias más diversas Asteraceae, Poaceae y Cyperaceae con 6, 5, y 3 especies, respectivamente (Figura 7-122).

En la formación vegetal de roquedal se registraron 21 especies agrupadas en 10 familias y 20 géneros (Figura 7-131). En ella, las familias más diversas son Asteraceae y Poaceae con 10 y 3 especies, respectivamente (Figura 7-122).

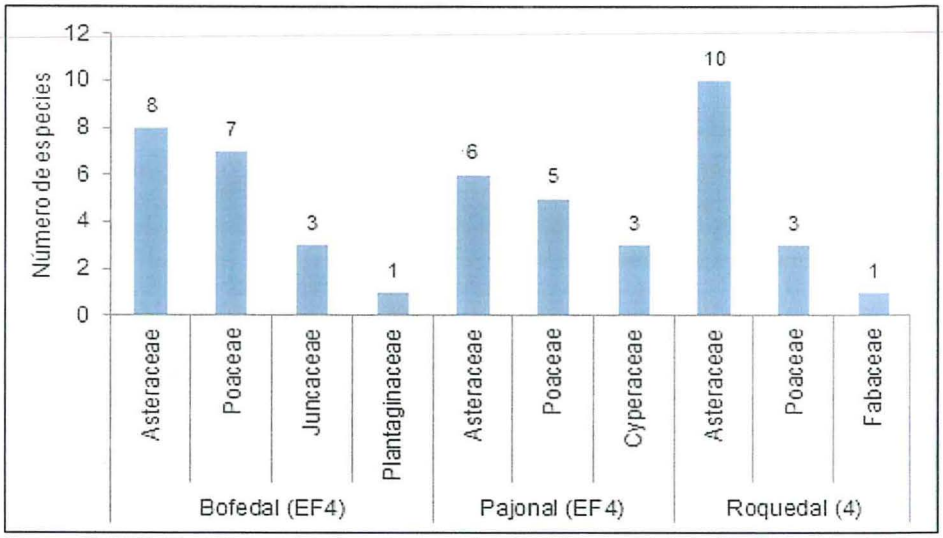


Figura 7-122. Familias más diversas por formación vegetal en EF4, dentro del área de evaluación

EF5 y EF9

En esta microcuenca, se identificaron dos ecosistemas frágiles (formaciones vegetales de bofedal), los cuales fueron considerados como tal y diferenciados entre sí por presentar cada uno un efluente (ojo de agua) independiente, en ellas no se evaluaron formaciones vegetales asociadas.

En la formación vegetal de bofedal (EF5) se registraron 31 especies agrupadas en 14 familias y 27 géneros (Figura 7-131), siendo las familias más diversas Asteraceae y Poaceae con 8 y 4 especies, respectivamente, entre otras familias están Apiaceae, Plantaginaceae y Rosaceae, todas con 2 especies respectivamente (Figura 7-123).

Del mismo modo, en la formación vegetal bofedal (EF9) se registraron 23 especies agrupadas en 11 familias y 17 géneros (Figura 7-131), en el que las familias más diversas son Asteraceae y Poaceae con 5 y 4 especies respectivamente, entre otras familias están Apiaceae, Plantaginaceae y Rosaceae todas con 2, 3 y 2 especies, respectivamente (Figura 7-123).

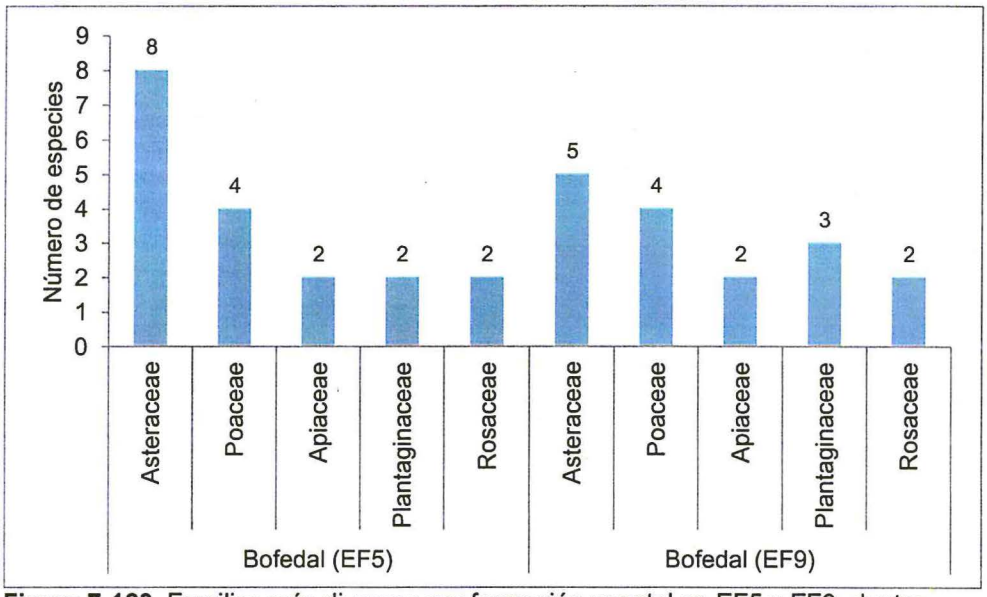


Figura 7-123. Familias más diversas por formación vegetal en EF5 y EF9, dentro del área de evaluación

EF6

En este EF se identificaron tres formaciones vegetales, entre ellas el ecosistema frágil bofedal (EF6) como ecosistema principal, además, pajonal y roquedal como formaciones vegetales asociadas.

En el ecosistema principal (bofedal) se registraron 42 especies agrupadas en 18 familias y 32 géneros (Figura 7-131), siendo las familias más diversas Asteraceae y Poaceae con 9 y 10 especies respectivamente, asimismo, se registraron a las familias Juncaceae con 3 especies y a Gentianaceae con 2 especies (Figura 7-124), respectivamente.

Por otro lado, en la formación vegetal de pajonal del EF6 se registraron 20 especies agrupadas en 10 familias y 18 géneros (Figura 7-131), siendo la familia más diversa Asteraceae con 7 especies, seguido de Poaceae con 4, y Caryophyllaceae con 2 especies (Figura 7-124).

Además, en la formación vegetal de roquedal del EF6 se registraron 20 especies agrupadas en 15 familias y 18 géneros (Figura 7-131). Siendo las familias más diversas Asteraceae con 5 especies, seguido de Poaceae con 2 especies, entre otras (Figura 7-124).

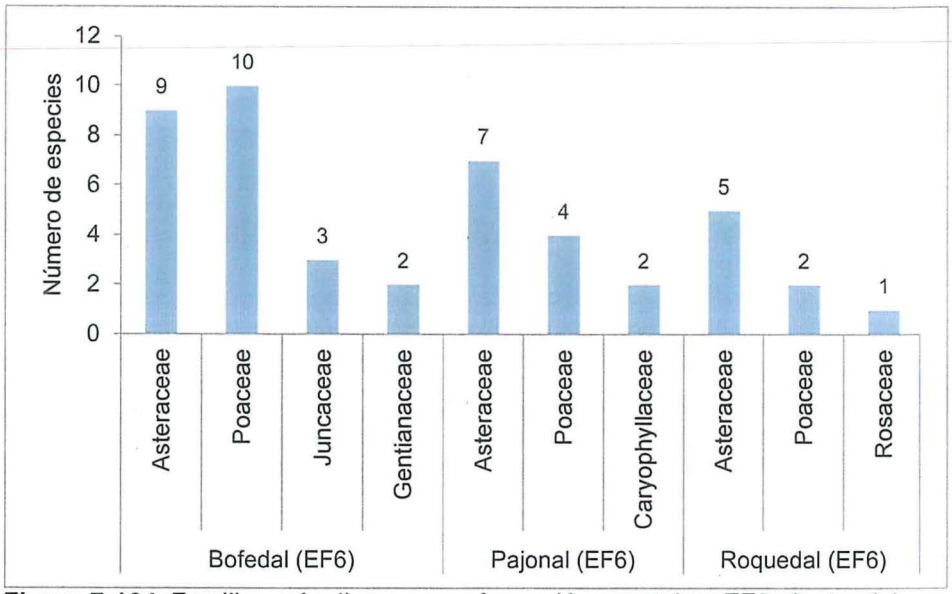


Figura 7-124. Familias más diversas por formación vegetal en EF6, dentro del área de evalución

EF10

En esta zona se identificaron 2 formaciones vegetales, entre ellas el ecosistema frágil bofedal (EF10) como ecosistema principal y el roquedal como formación vegetal asociada.

En la formación vegetal de bofedal se registraron 26 especies agrupadas en 12 familias y 20 géneros (Figura 7-131). Donde las familias más diversas son Asteraceae y Poaceae con 7 y 6 especies respectivamente, entre otras familias están Rosaceae y Plantaginaceae con 3 especies ambas, seguida de 2 especies de la familia Gentianaceae entre otras (Figura 7-125).

Por otro lado, en la formación vegetal de roquedal del EF10 se registraron 30 especies agrupadas en 19 familias y 29 géneros (Figura 7-131). Las familias más diversas son Asteraceae con 8 especies seguidas de Poaceae con 3 especies; además se registra a las familias Gentianaceae, Cyperaceae y Orchidaceae con 2, 2 y 1 especie, respectivamente (Figura 7-125).

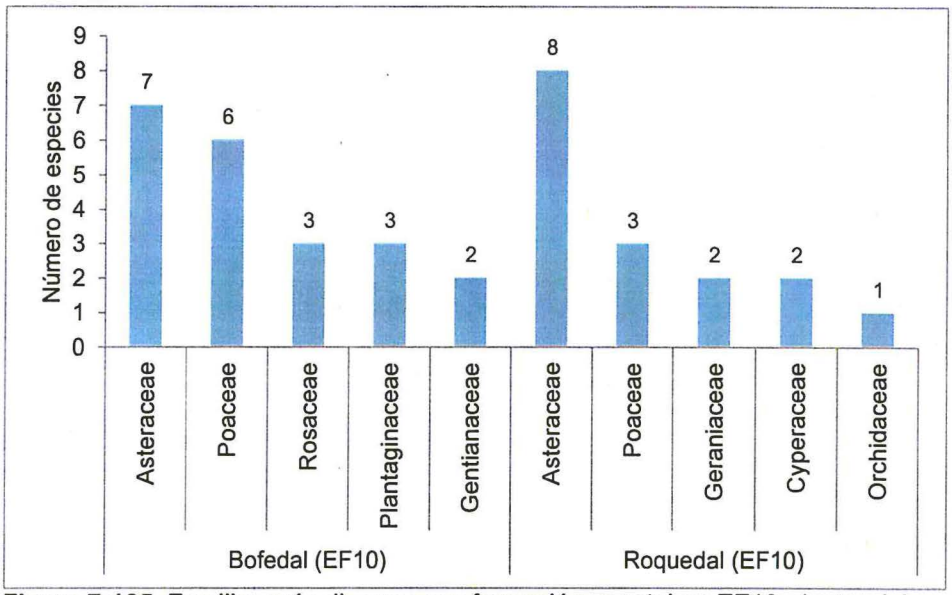


Figura 7-125. Familias más diversas por formación vegetal en EF10, dentro del área de evaluación

b. Microcuenca Chicorume-Pallani

EF12

En esta zona se identificaron tres formaciones vegetales, entre ellas el ecosistema frágil bofedal (EF12) como ecosistema principal, seguido de pajonal y roquedal como formaciones vegetales asociadas.

En la formación vegetal de bofedal se registraron 13 especies agrupadas en 9 familias y 12 géneros (Figura 7-131). Donde las familias más diversas son Asteraceae, Poaceae, Plantaginaceae y Gentianaceae con 7, 4, 4 y 1 especie respectivamente, entre otras (Figura 7-126).

En la formación vegetal de pajonal del EF12 se registraron 18 especies agrupadas en 11 familias y 17 géneros (Figura 7-131). Donde las familias más diversas son Asteraceae con 6 especies y Poaceae con 3, entre otras (Figura 7-126).

En la formación vegetal de roquedal del EF12 se registraron 23 especies agrupadas en 12 familias y 19 géneros (Figura 7-131), siendo las familias más diversas Asteraceae con 10 especies, seguida de Poaceae con 2 especies, entre otras (Figura 7-126).

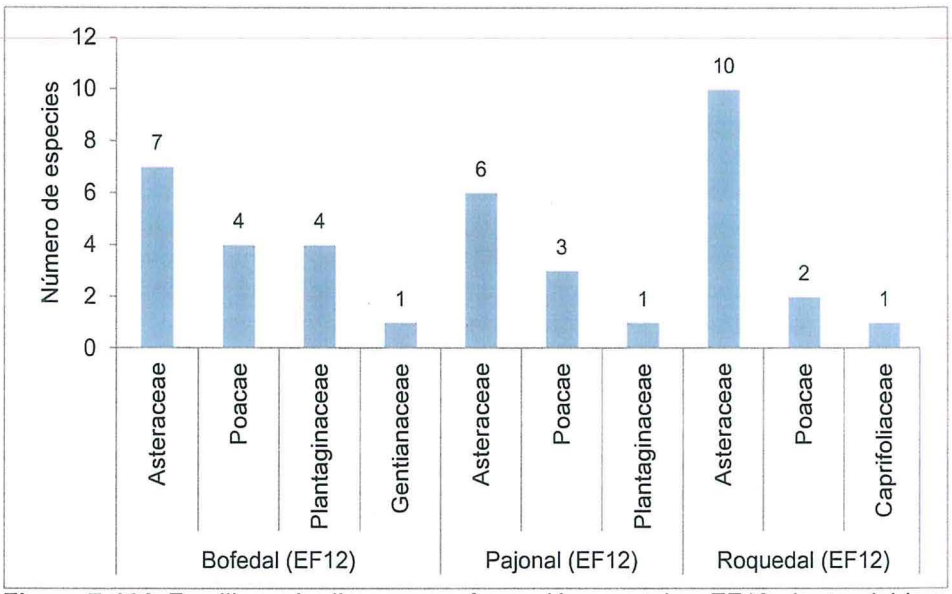


Figura 7-126. Familias más diversas por formación vegetal en EF12, dentro del área de evaluación

EF13

En esta zona, también se identificó al ecosistema frágil bofedal (EF13) como ecosistema principal.

En esta formación vegetal de bofedal se registraron 20 especies agrupadas en 9 familias y 16 géneros (Figura 7-131). Donde las familias más diversas son Caprifoliaceae y Rosaceae, ambas con 7 especies, seguidas de Asteraceae y Poaceae con 6 y 5 especies respectivamente, entre otras (Figura 7-127).

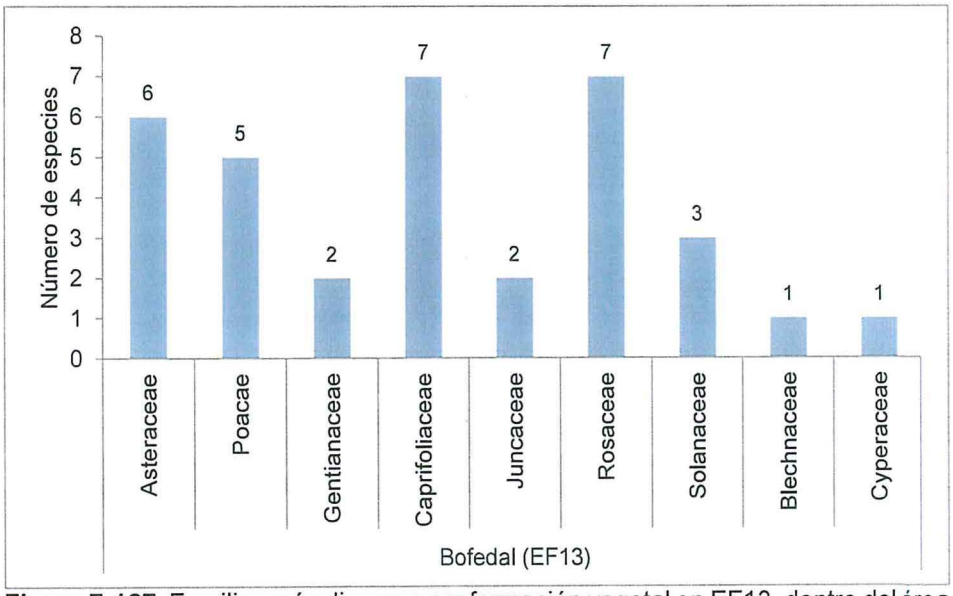


Figura 7-127. Familias más diversas por formación vegetal en EF13, dentro del área de evaluación

c. Microcuenca Yahuarmayo

EF3

En la microcuenca Yahuarmayo, se identificaron 3 formaciones vegetales, siendo el bofedal la formación vegetal principal, seguido de pajonal y roquedal como formaciones vegetales asociadas.

En la formación vegetal de bofedal se registraron 33 especies agrupadas en 13 familias y 23 géneros (Figura 7-131), siendo las familias más diversas Poaceae con 9 especies, seguida de Asteraceae y Juncaceae, ambas con 4 especies, entre otras (Figura 7-128).

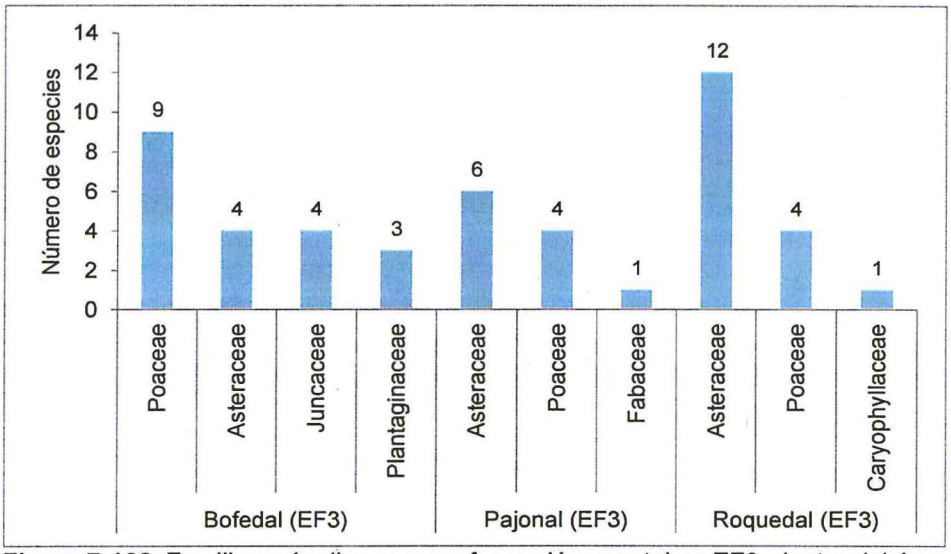


Figura 7-128. Familias más diversas por formación vegetal en EF3, dentro del área de evaluación

En la formación vegetal de pajonal del EF3 se registraron 15 especies agrupadas en 7 familias y 15 géneros (Figura 131), siendo las familias más diversas Asteraceae con 6 especies, seguida de Poaceae con 4 especies, entre otras (Figura 7-128).

Además, en la formación vegetal de roquedal del EF3 se registraron 33 especies agrupadas en 17 familias y 29 géneros (Figura 7-131), siendo las familias más diversas Asteraceae con 12 especies seguida de Poaceae con 4 especies, entre otras (Figura 7-128).

EF7

Entre los ecosistemas frágiles de la microcuenca Yahuarmayo, también se identificó al EF7. En este ecosistema se identificaron tres formaciones vegetales, entre ellas la formación vegetal de bofedal como ecosistema principal, seguido de pajonal y roquedal como formaciones vegetales asociadas.

En la formación vegetal de bofedal se registraron 24 especies agrupadas en 11 familias y 20 géneros (Figura 7-131), siendo las familias más diversas Asteraceae con 19 especies, seguida de Poaceae y Gentianaceae con 8 y 3 especies respectivamente, entre otras (Figura 7-129).

En la formación vegetal de pajonal del EF7 se registraron 26 especies agrupadas en 13 familias y 24 géneros (Figura 7-131), siendo las familias más diversas Asteraceae con 8 especies, seguidas de Poaceae con 4 especies, entre otras (Figura 7-129).

En la formación vegetal de roquedal del EF7 se registraron 15 especies agrupadas en 10 familias y 15 géneros (Figura 7-131), siendo las familias más diversas Asteraceae con 4 especies, seguidas de Poaceae con 3 especies, entre otras (Figura 7-129).

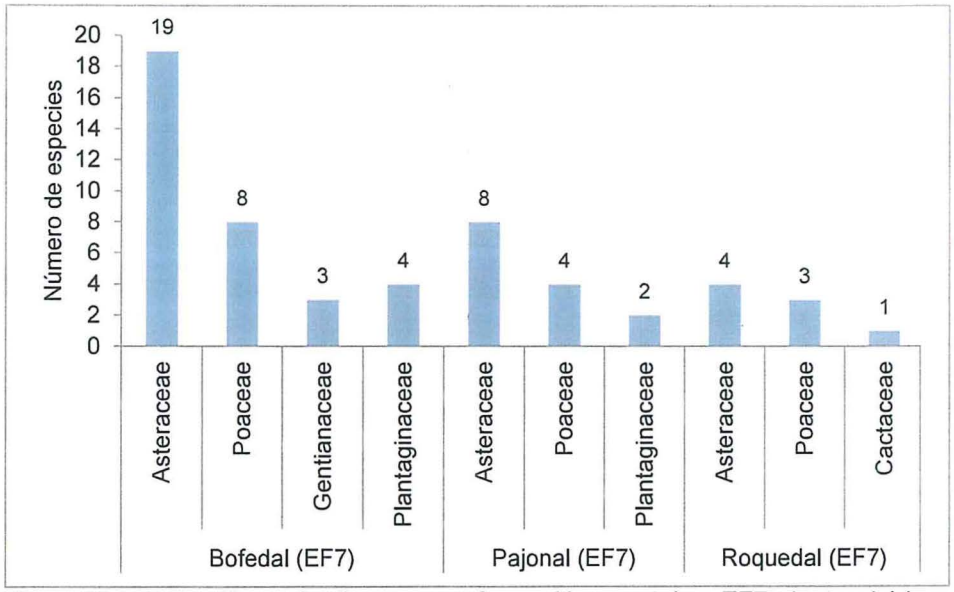


Figura 7-129. Familias más diversas por formación vegetal en EF7, dentro del área de evaluación

EF8

También, en la microcuenca Yahuarmayo, se identificó al EF8 (laguna «altoandina») como ecosistema principal, siendo las formaciones vegetales que rodean esta laguna, una vegetación mixta entre pajonal y roquedal. En las formaciones vegetales que rodean el ecosistema laguna se registraron 74 especies agrupadas en 25 familias y 57 géneros (Figura 7-131), siendo las familias más diversas Asteraceae y Poaceae con 16 y 11 especies respectivamente, seguida Caryophyllaceae y Plantaginaceae con 4 especies, entre otras (Figura 7-130).

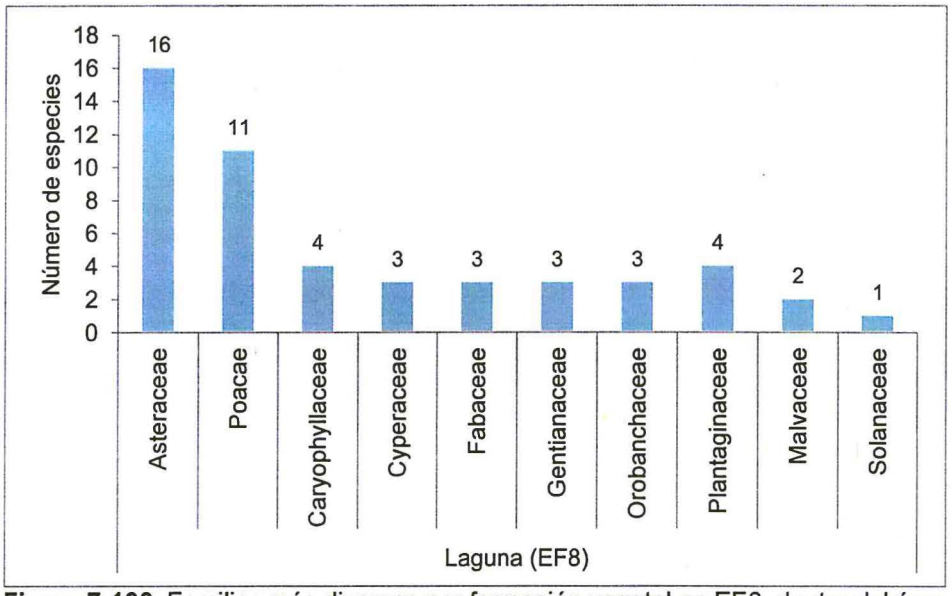


Figura 7-130. Familias más diversas por formación vegetal en EF8, dentro del área de evaluación

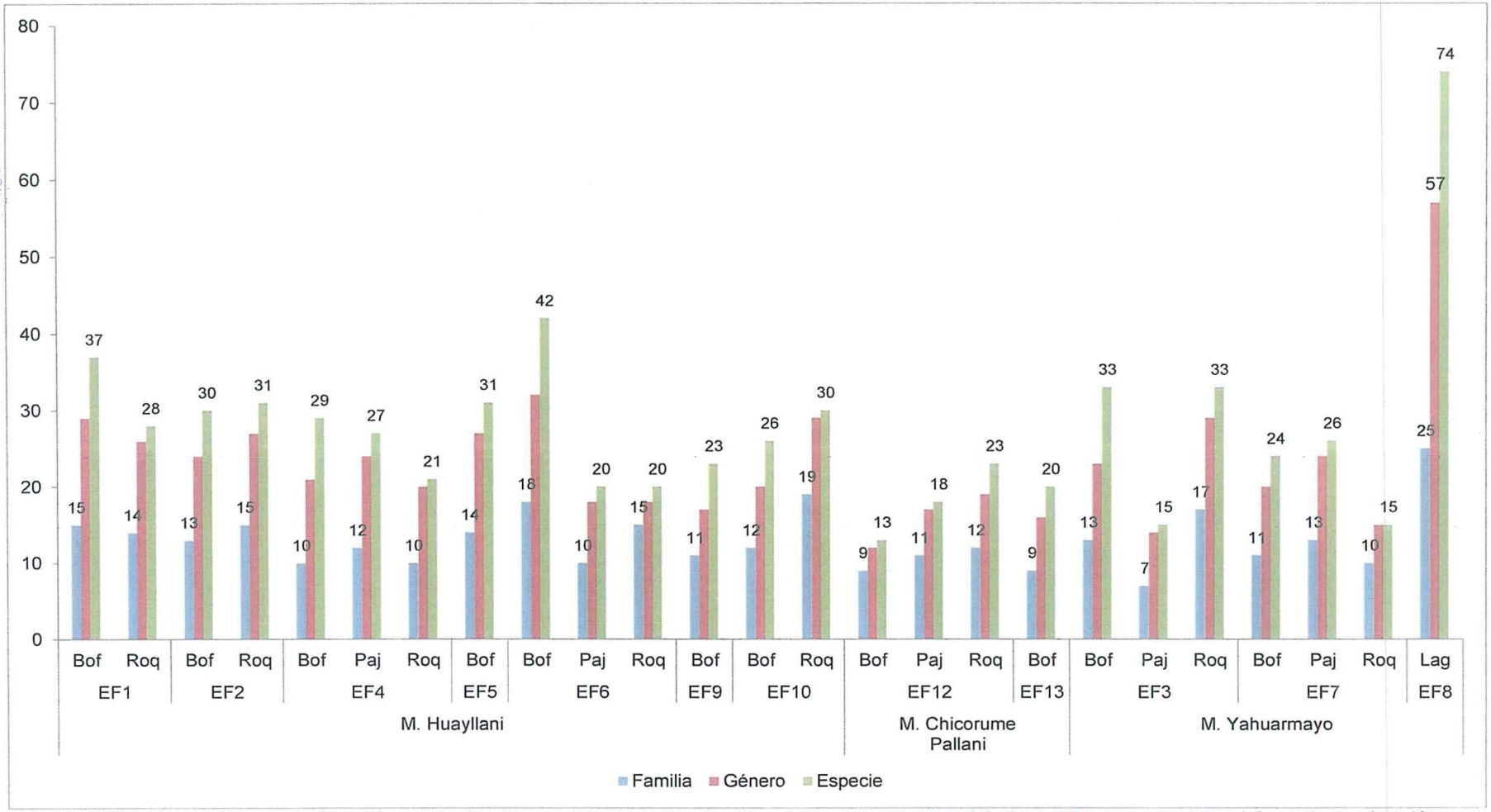


Figura 7-131. Número de especies, géneros y familias por formación vegetal, en los ecosistemas frágiles (EF) presentes en el área de evaluación

7.3.2 Abundancia relativa y cobertura vegetal

7.3.2.1 Cobertura vegetal

Los valores de cobertura de la vegetación en los EF dentro del área de influencia del Proyecto minero Utunsa, presentaron valores que varían entre el 53,4 y 96 % según las formaciones vegetales analizadas.

En la formación vegetal de bofedal (11 zonas), el valor promedio de cobertura vegetal varía entre 61,5 % y 96 %, que es considerada como alta. Así mismo la formación vegetal de roquedal, es otra de las formaciones vegetales con mayor presencia en las zonas estudiadas (8 zonas) y su valor promedio de cobertura vegetal oscila entre 39 % y 79 %, considerada entre baja a moderada, de igual modo, la formación vegetal de pajonal (5 zonas), presenta un valor promedio de cobertura vegetal que oscila entre 61 % y 78 %.

El valor promedio máximo de cobertura vegetal fue registrado en el EF9 alcanzando el 96 % en su formación vegetal de bofedal, este valor fue calculado a partir de los transectos EF9-FLb1, EF9-FLb2 y EF9-FLb3 considerandolos, así como los más compactos respecto a su cobertura vegetal.

En contraste, los valores mínimos de cobertura vegetal fueron registrados en los transectos EF2-FLr1 y EF2-FLr2 que corresponden a la formación vegetal de roquedal en el EF2, con valores de 30 % y 48 % respectivamente, estos bajos valores se deben principalmente a la presencia de rocas y suelo descubierto en gran parte de dichos transectos evaluados, como se detalla en la Tabla 7-28.

Tabla 7-28. Cobertura vegetal por transecto y formación vegetal presente en los EF dentro del área de evaluación

Microcuenca	Zona Ecosistema Frágil	Formación Vegetal	Transectos	Cobertura (%)	Promedio Cobertura (%)
Huayllani	EF1	Bofedal	EF1-FLb1	87	91,5
		Bofedal	EF1-FLb2	96	
		Bofedal	EF1-FLb3	87	
		Bofedal	EF1-FLb4	96	
		Roquedal	EF1-FLr1	32	48.5
		Roquedal	EF1-FLr2	65	
	EF2	Bofedal	EF2-FLb1	66	63
		Bofedal	EF2-FLb2	49	
		Bofedal	EF2-FLb3	74	
		Roquedal	EF2-FLr1	30	39
		Roquedal	EF2-FLr2	48	
	EF4	Bofedal	EF4-FLb1	77	73
		Bofedal	EF4-FLb2	78	
		Bofedal	EF4-FLb3	80	
		Bofedal	EF4-FLb4	49	
		Bofedal	EF4-FLb5	73	

Microcuenca	Zona Ecosistema Frágil	Formación Vegetal	Transectos	Cobertura (%)	Promedio Cobertura (%)
		Bofedal	EF4-FLb6	68	
		Bofedal	EF4-FLb7	55	
		Bofedal	EF4-FLb8	94	
		Bofedal	EF4-FLb9	83	
		Pajonal	EF4-FLp1	39	63,5
		Pajonal	EF4-FLp2	88	
		Roquedal	EF4-FLr1	70	62,5
		Roquedal	EF4-FLr2	55	
	EF5	Bofedal	EF5-FLb1	99	79
		Bofedal	EF5-FLb2	85	
		Bofedal	EF5-FLb3	57	
		Bofedal	EF5-FLb4	75	
	EF6	Bofedal	EF6-FLb1	64	61,5
		Bofedal	EF6-FLb2	52	
		Bofedal	EF6-FLb3	51	
		Bofedal	EF6-FLb4	51	
		Bofedal	EF6-FLb5	73	
		Bofedal	EF6-FLb6	78	
		Pajonal	EF6-FLp1	89	77
		Pajonal	EF6-FLp2	65	
		Roquedal	EF6-FLr1	58	58
	EF9	Bofedal	EF9-FLb1	92	96
		Bofedal	EF9-FLb2	98	
		Bofedal	EF9-FLb3	98	
	EF10	Bofedal	EF10-FLb1	88	88
		Bofedal	EF10-FLb2	83	
		Bofedal	EF10-FLb3	93	
		Roquedal	EF10-FLr1	68	79
		Roquedal	EF10-FLr2	90	
Chicorume-Pallani	EF12	Bofedal	EF12-FLb1	90	90
		Pajonal	EF12-FLp1	78	78
		Roquedal	EF12-FLr1	45	44
		Roquedal	EF12-FLr2	43	
	EF13	Bofedal	EF13-FLb1	65	81
		Bofedal	EF13-FLb2	91	
		Bofedal	EF13-FLb3	87	
Yahuarmayo	EF3	Bofedal	EF3-FLb1	70	66,9
		Bofedal	EF3-FLb2	62	
		Bofedal	EF3-FLb3	70	
		Bofedal	EF3-FLb4	90	
		Bofedal	EF3-FLb5	75	
		Bofedal	EF3-FLb6	55	

Microcuenca	Zona Ecosistema Frágil	Formación Vegetal	Transectos	Cobertura (%)	Promedio Cobertura (%)
		Bofedal	EF3-FLb7	64	
		Bofedal	EF3-FLb8	39	
		Bofedal	EF3-FLb9	77	
		Pajonal	EF3-FLp1	67	67
		Roquedal	EF3-FLr1	43	56
		Roquedal	EF3-FLr2	69	
	EF7	Bofedal	EF7-FLb1	65	66,4
		Bofedal	EF7-FLb2	89	
		Bofedal	EF7-FLb3	59	
		Bofedal	EF7-FLb4	65	
		Bofedal	EF7-FLb5	54	
		Pajonal	EF7-FLp1	61	61
		Roquedal	EF7-FLr1	52	59,5
		Roquedal	EF7-FLr2	67	
	EF8	Laguna	EF8-FLla1	61	63,4
		Laguna	EF8-FLla2	58	
		Laguna	EF8-FLla3	49	
		Laguna	EF8-FLla4	87	
		Laguna	EF8-FLla5	66	
		Laguna	EF8-FLla6	60	

7.3.2.2 Abundancia relativa en el área de estudio

Considerando todos los transectos evaluados en los ecosistemas frágiles (EF), que corresponden a los bofedales y lagunas (ecosistemas frágiles) y sus formaciones vegetales asociadas (pajonal y roquedal) dentro del área de influencia del Proyecto minero Utunsa, se pudo observar que la composición de especies es muy variada, en el cual, es importante resaltar que las 10 especies con mayor abundancia relativa representan el 55,3 % de las 154 especies registradas (Anexo 8).

Las especies con mayor abundancia relativa en el área de estudio son: *Plantago tubulosa* con un 14,3 %, esto debido a la presencia de varios bofedales en el área de estudio. Además, se registran otras especies dominantes como: *Lachemilla pinnata* (3,3 %), *Werneria pygmaea* (3 %) e *Hypochaeris taraxacoides* (5,2 %), especies típicas de estos ecosistemas hidromorficos (siempre húmedos), asimismo, se registran especies dominantes en las formaciones vegetales asociadas a bofedales como pajonal y roquedal, entre ellas las especies *Stipa ichu* (9,2 %) y *Aciachne pulvinata* (5,7 %). Figura 7-132.

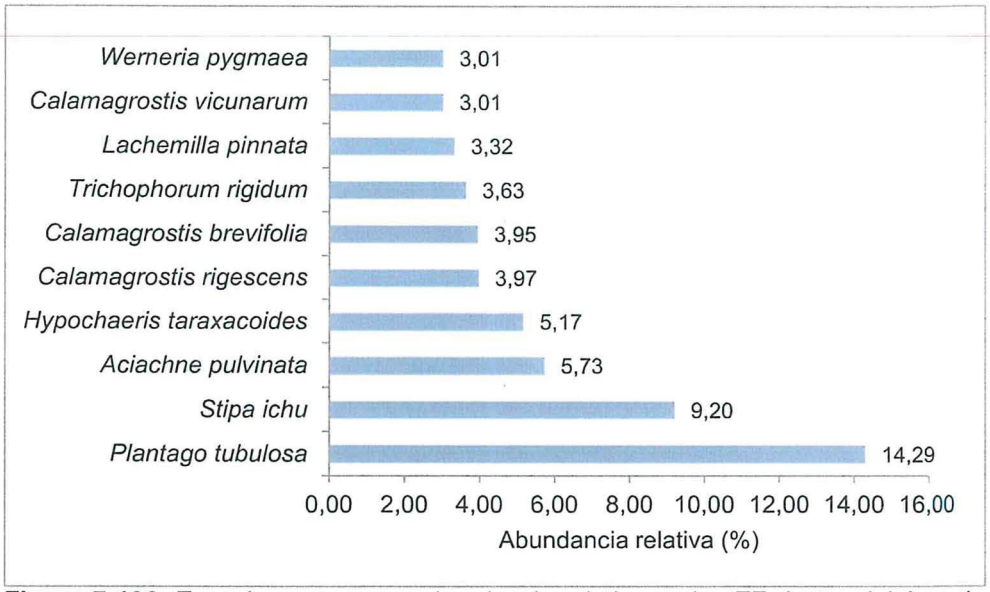


Figura 7-132. Especies con mayor abundancia relativa en los EF dentro del área de evaluación

7.3.2.3 Abundancia relativa por formación vegetal

a. Bofedal

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación vegetal (50 transectos), pertenecen principalmente a las familias Plantaginaceae, Asteraceae y Poaceae, aunque entre ellas también tenemos a especies de las familias Rosaceae y Cyperaceae. La especie con mayor abundancia relativa es *Plantago tubulosa* con 22,4 %, *Hypochaeris taraxacoides* (7,5 %) y *Werneria pygmaea* (4,6 %), además de *Distichia muscoides* (3,2 %) estas especies son las típicas de estos ecosistemas (bofedales) presentes en el área de estudio.

Sin embargo, también se registraron especies como *Calamagrostis rigescens* (5,5 %), *Aciachne pulvinata* (4,9 %) y *Calamagrostis vicunarum* (4 %), especies que se desarrollan entre los bofedales como consecuencia del pastoreo en la zona de estudio (Figura 7-133).

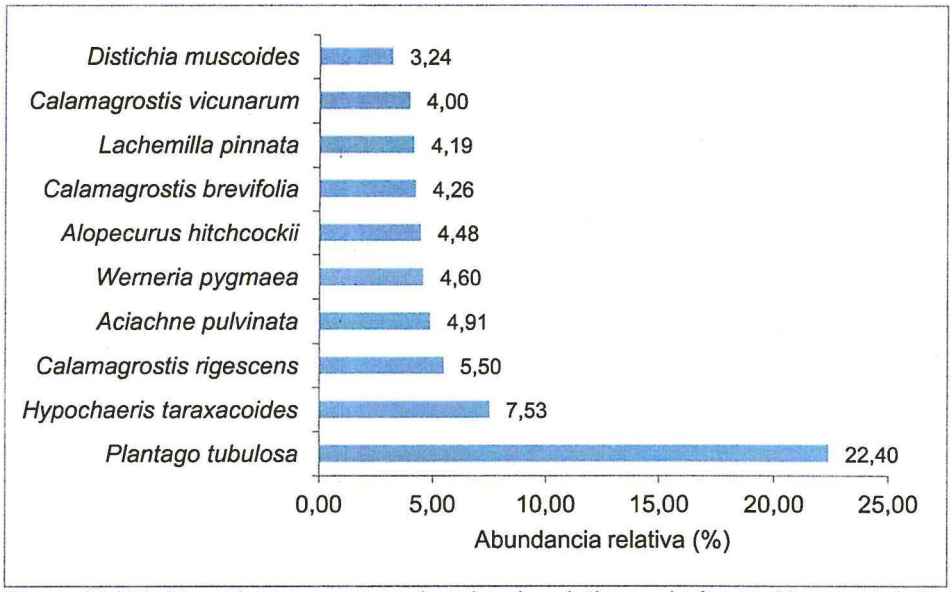


Figura 7-133. Especies con mayor abundancia relativa en la formación vegetal de bofedal dentro del área de evaluación

b. Vegetación de roquedal

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación vegetal (15 transectos) pertenecen principalmente a las familias Poaceae, Cyperaceae, Asteraceae, Ranunculaceae y Plantaginaceae. Entre ellas tenemos a Stipa ichu (23,6 %), como la especie con mayor abundancia relativa, seguidas de *Trichophorum rigidum* (7 %) y *Luzula racemosa* (5,9 %), especies del tipo herbáceo graminoideo más frecuentes en estas formaciones; asimismo, se registran otras especies como *Gamochaeta humilis* (3,7 %), *Hypochaeris meyeniana* (3,6 %), *Plantago lamprohylla* (2,8 %), entre otras típicas del estrato arbustivo y herbáceo que conforman esta formación vegetal (Figura 7-134).

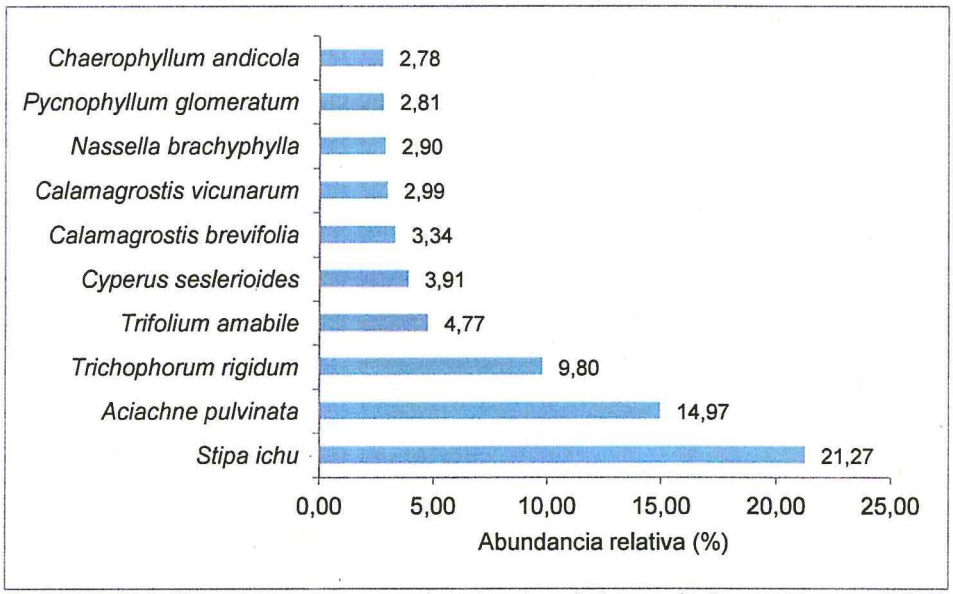


Figura 7-134. Especies con mayor abundancia relativa en la formación vegetal de roquedal presente dentro del área de evaluación

c. Pajonal

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación vegetal (7 transectos) pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Cyperaceae. Entre ellas tenemos a *Stipa ichu* (21,3 %) como la más abundante en general, seguida de *Aciachne pulvinata* (15 %) y *Trichophorum rigidum* (9,8 %), todas especies de gramíneas que conforman el pajonal; el estrato herbáceo está conformado por *Trifolium amabile* (4,8 %) y *Nassella brachyphylla* (2,9 %), entre otras especies dominantes, como se detalla en la Figura 7-135.

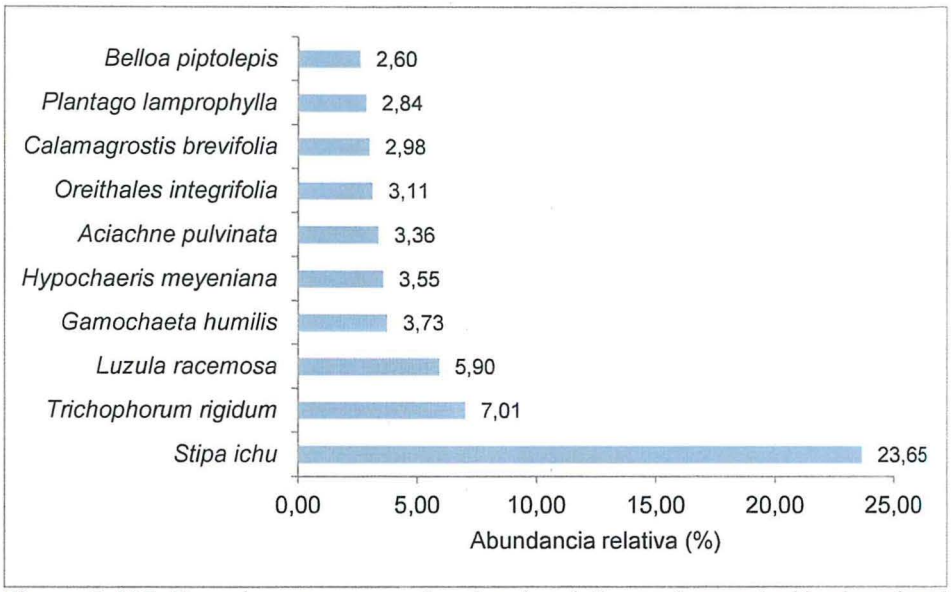


Figura 7-135. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de pajonal presente en los EF dentro del área de evaluación

d. Vegetación que rodea las lagunas (vegetación de borde)

Las especies con mayor abundancia relativa de las formaciones vegetales que rodean las lagunas (6 transectos) habitan los ecosistemas de pajonal, roquedal y bofedal y pertenecen principalmente a la familia Poaceae y a la familia Asteracea. Entre las especies que pertenecen a la familia Poacea tenemos a *Stipa ichu* (18,3 %) como especie más abundante, seguida de *Aciachne pulvinata* (8,4 %), seguidos de la especie *Novenia acaulis* de la Familia Asteraceae (6,7 %).

Además, se registran otras especies dominantes como *Oxychloe andina* (5,4 %), *Gamochaeta humilis* (5,1 %) y *Calamagrostis brevifolia* (4,5 %), entre otras (Figura 7-136).

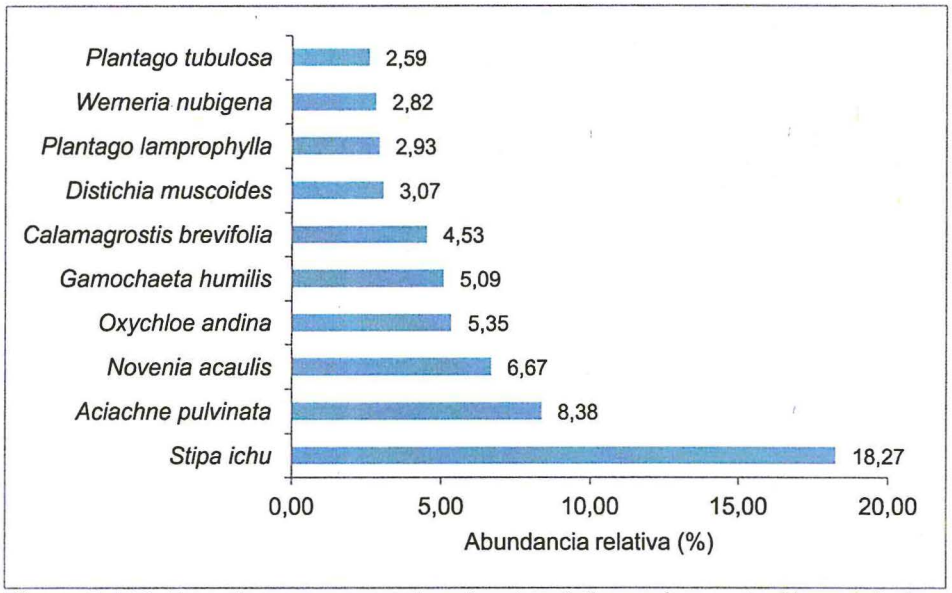


Figura 7-136. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación asociada a lagunas presente en los EF dentro del área de evaluación

7.3.2.4 Abundancia relativa por microcuenca y ecosistema frágil (EF)

a. Microcuenca Huayllani

En esta microcuenca se registra la mayor cantidad de ecosistemas frágiles (EF), entre ellos los EF1, EF2, EF10 y EF9 (Figura 7-149), las especies con mayor abundancia relativa en los bofedales de este grupo son, las que pertenecen principalmente a las familias Plantaginaceae, Juncaceae, Rosaaceae y Asteraceae. Entre las especies presentes se ha registrado a *Plantago tubulosa*, *Distichia muscoides*, *Lachemilla pinnata* y *Lachemilla diplophylla,* ádemás de *Hypochaeris taraxacoides* como especies principales del estrato herbáceo; seguidas de *Stipa ichu*, *Calamagrostis vicunarun, Calamagrostis rigescens* y *Aciachne pulvinata*, como especies de gramíneas que conforman también el estrato herbáceo y, las especies menos abundantes, pero no menos importantes son: *Ranunculus flagelliformis, Trichoforum rigidum* y *Oritrophium limnphilum*, entre otras especies (Anexo 8).

Asimismo, las especies con mayor abundancia relativa en la formación vegetal de roquedal pertenecen principalmente a las familias Poaceae, Cyperaceae, Plantaginaceae, Apiaceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Stipa ichu* y *Calamagrostis rigescens* como especies de gramíneas más abundantes, seguidas de *Trichophorum rigidum* y *Plantago lamprophylla.* Entre otras especies dominantes tenemos a: *Hypochaeris meyeniana* y *Gamochaeta humilis* (Figura 7-137).

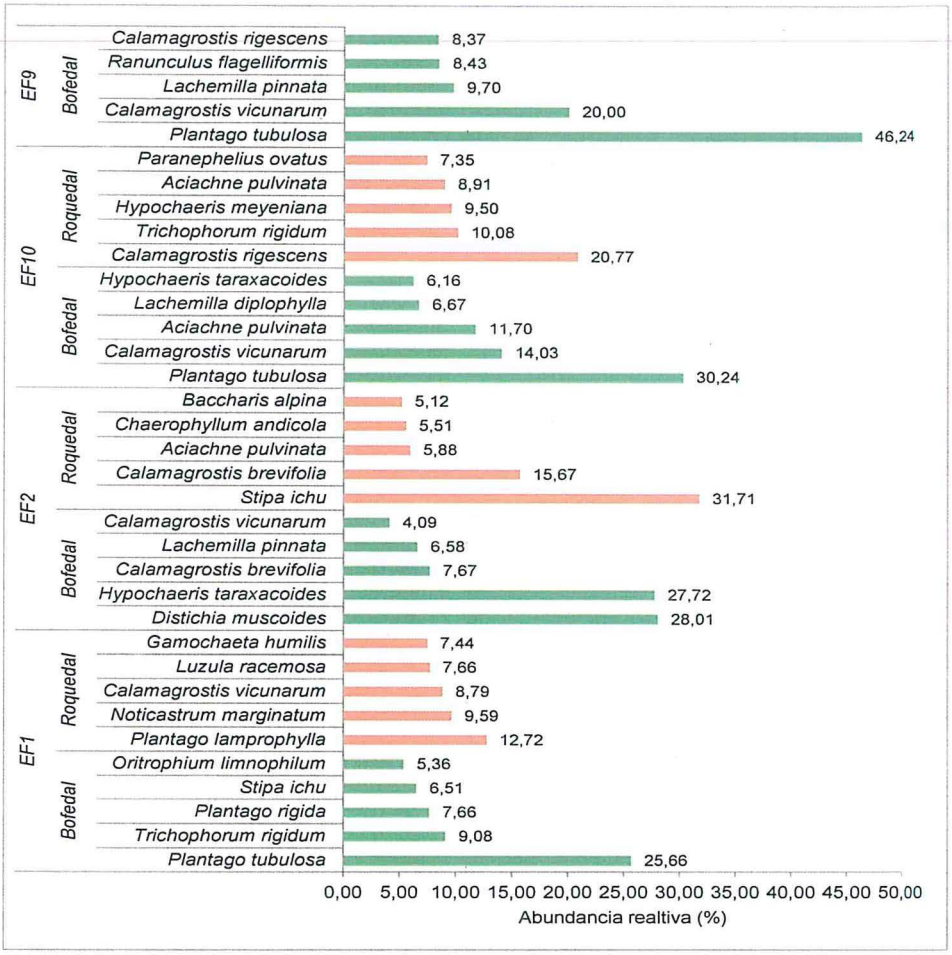


Figura 7-137. Especies con mayor abundancia relativa en los EF de la Microcuenca Huayllani dentro del área de evaluación

Asimismo, en la microcuenca Huayllani, también se evaluaron los EF4, EF5 y EF6 (Figura 7-138) bofedales considerados como ecosistemas frágiles, además, se evaluaron formaciones vegetales asociadas a esta como, pajonales y roquedales. Las especies con mayor abundancia relativa en los bofedales de este grupo, pertenecen principalmente a las familias Plantaginaceae, Juncaceae, Rosaaceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a: *Plantago tubulosa*, *Distichia muscoides* y *Lachemilla pinnata,* Ademas de *Hypochaeris taraxacoides* y *Werneria pygmaea* como especies principales del estrato herbáceo; seguidas de *Calamagrostis vicunarun, Calamagrostis rigescens* y *Aciachne pulvinata*, como especies de gramíneas que conforman también el estrato herbáceo, entre otras especies (Anexo 8).

Las especies con mayor abundancia relativa en la formación vegetal de roquedal pertenecen principalmente a las familias Poaceae, Cyperaceae, Ranunculaceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Stipa ichu, Calamagrostis rigescens, Aciachne pulvinata* y *Trichophorum rigidum* como especies de gramíneas más abundantes, seguidas de *Hypochaeris taraxoides*, *Belloa piptolepis* y entre otras especies (Figura 7-138).

Asimismo, las especies con mayor abundancia relativa en la formación vegetal de pajonal pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Cyperaceae. Entre ellas tenemos a *Stipa ichu, Calamagrostis rigescens* y *Aciachne pulvinata* como especies principales; seguidas de *Cyperus seslerioides, Chaerophyllum andicola* y *Trichophorum rigidum*, como especies que conforman el estrato herbáceo. Además de las mencionadas anteriormente, también se registra a *Austrocylindropuntia flocosa* de la Familia Cactaceae como parte de las especies dominantes.

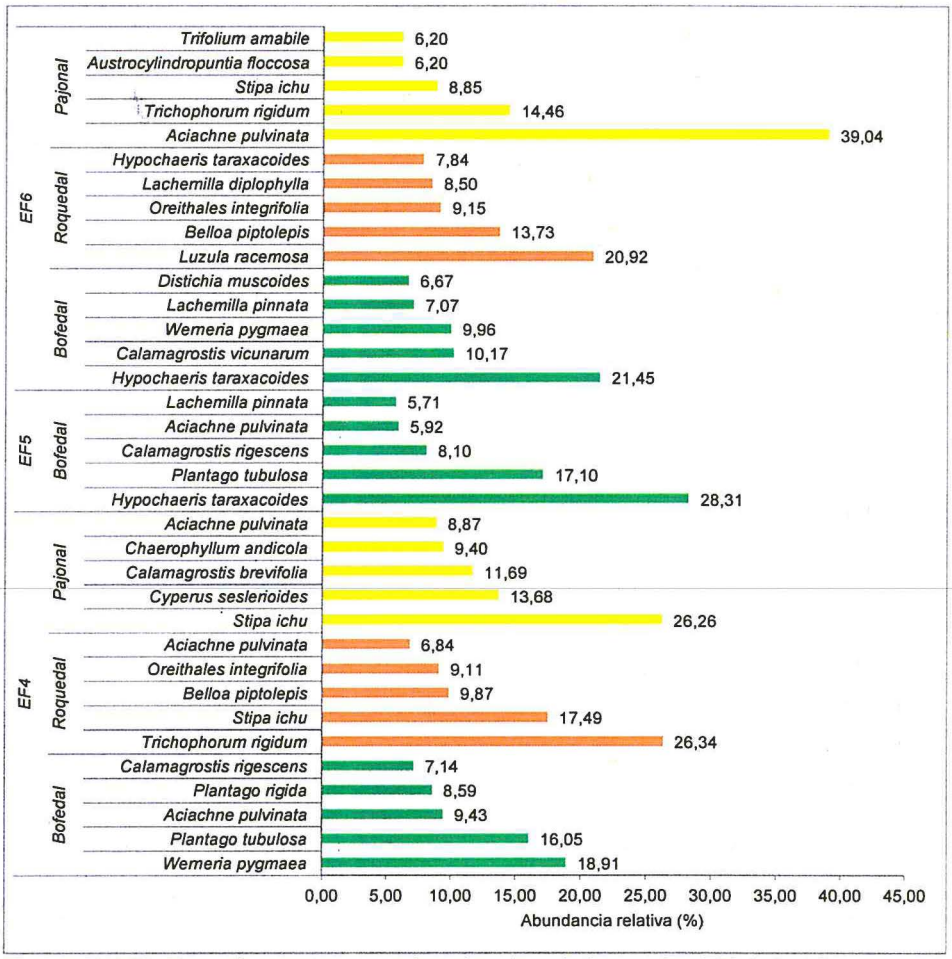


Figura 7-138. Especies con mayor abundancia relativa en los EF de la Microcuenca Huayllani dentro del área de evaluación

b. Microcuenca Chicorume Pallani (Ecosistema frágil)

En la microcuenca Chicorume Pallani se registraron 2 ecosistemas frágiles, entre ellos el EF12 y EF13 (Figura 7-139), ambos ecosistemas contienen bofedales como formación vegetal principal, además, en el ecosistema EF12 se evaluaron dos formaciones vegetales asociadas (pajonal y roquedal) que también forman parte del ecosistema EF13.

Las especies con mayor abundancia relativa en los bofedales de estos dos ecosistemas, pertenecen principalmente a las familias Plantaginaceae, Gentianaceae, Poaceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Plantago tubulosa*, *Gentiana sedifolia*, *Luzula racemosa, Calamagrostis brevifolia* y *Cotula*

mexicana, ademas de *Novenia acaulis* y *Trichophorum rigidum* como especies principales del estrato herbáceo entre otras (Anexo 8).

Asimismo, las especies con mayor abundancia relativa en la formación vegetal de roquedal pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Asteraceae, además de Bromeliaceae. Entre ellas, se observa a *Stipa ichu* como la gramínea más abundante; además de *Gamochaeta humilis*, *Loricaria thuyoides* y *Puya ponderosa* como especies arbustivas importantes en esta formación vegetal, entre otras (Figura 7-139).

Las especies con mayor abundancia relativa en el pajonal pertenecen principalmente a las familias Cyperaceae, Poaceae y Plantaginaceae. Entre ellas tenemos a *Trichophorum rigidum*, *Stipa ichu* y *Calamagrostis vicunarum* como especies principales de gramineas; seguidas de *Plantago lamprophylla* y *Picnophyllum glomeratum*, como especies que conforman el estrato herbáceo, entre otras especies (Figura 7-139).

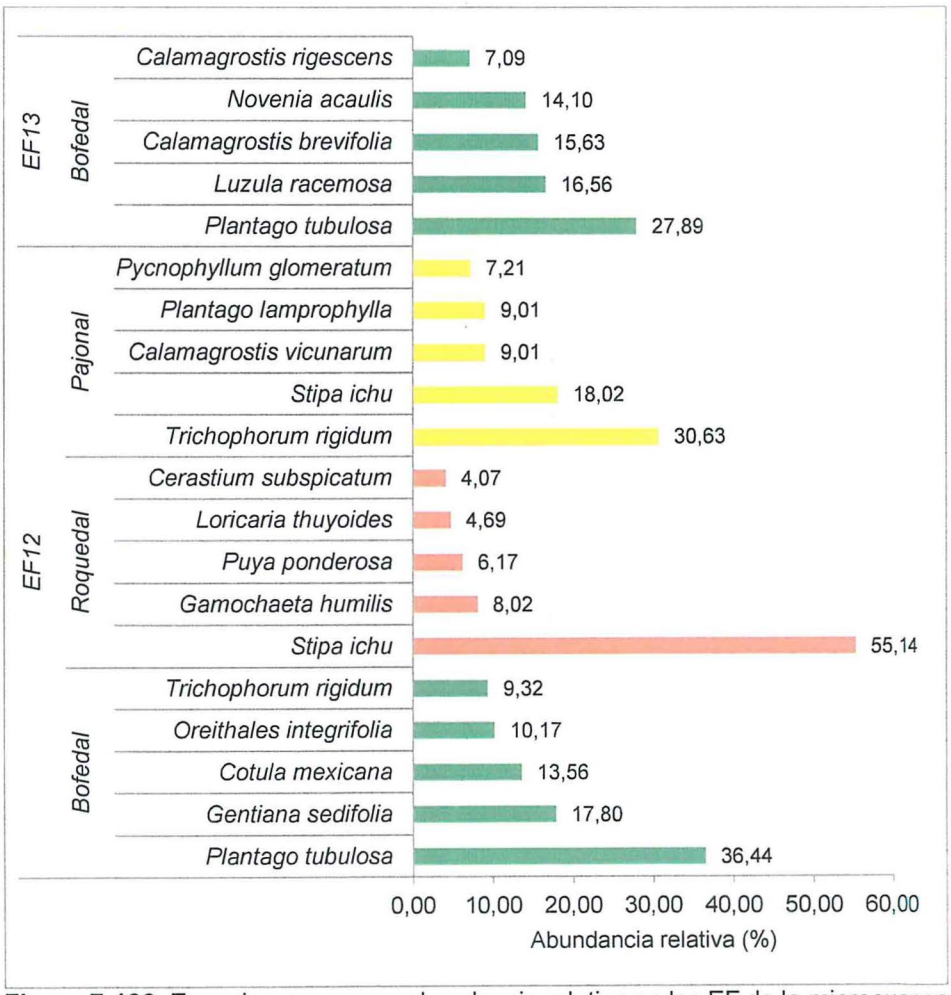


Figura 7-139. Especies con mayor abundancia relativa en los EF de la microcuenca Chicorume Pallani dentro del área de evaluación

c. Microcuenca Yahuarmayo (Ecosistema frágil)

En la microcuenca Yahuarmayo se registraron tres (3) ecosistemas frágiles, entre ellos los ecosistemas EF3 y EF7 (bofedales) y EF8 (Laguna) (Figura 7-140) Las especies con mayor abundancia relativa en los bofedales de los ecosistemas EF3 y EF7, pertenecen principalmente a las familias Plantaginaceae, Poaceae, Juncaceae y Rosaceae. Entre ellas tenemos a *Plantago tubulosa, Nassella brachyphylla, Alopecurus hitchcockii, Juncus ebracteatus* y *Lachemilla pinnata*. Además de *Calamagrostis rigescens* y *Carex bonplandii*, como especies de gramíneas que conforman también el estrato herbáceo, entre otras especies (Anexo 8).

Asimismo, las especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal pertenecen principalmente a las familias Poaceae, Cyperaceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Stipa ichu, Luzula racemosa* y *Calamagrostis breviaristata* como especies de gramíneas más abundantes, seguidas de *Puya ponderosa* y *Werneria villosa*, entre otras (Figura 7-140).

Las especies con mayor abundancia relativa en la formación vegetal de pajonal pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Stipa ichu, Nassella brachyphylla, Luzula racemosa* y *Calamagrostis breviaristata* como especies de gramíneas más abundantes, seguidas de *Trifolium amabile* e *Hypochaeris meyeniana* entre otras herbaceas (Figura 7-140).

Además, se evaluó el ecosistema EF8 que corresponde a la laguna Pistoro, las formaciones vegetales de esta laguna corresponden a una mixtura de roquedal y pajonal, en los cuales se registraron especies de las Familias Poaceae, Asteraceae y Juncaceae como las más abundantes, entre ellas a las especies *Stipa ichu, Aciachne pulvinata, Novena acaulis, Oxychloe andina* y *Gamochaeta humilis*, como se detalla en la Figura 7-140

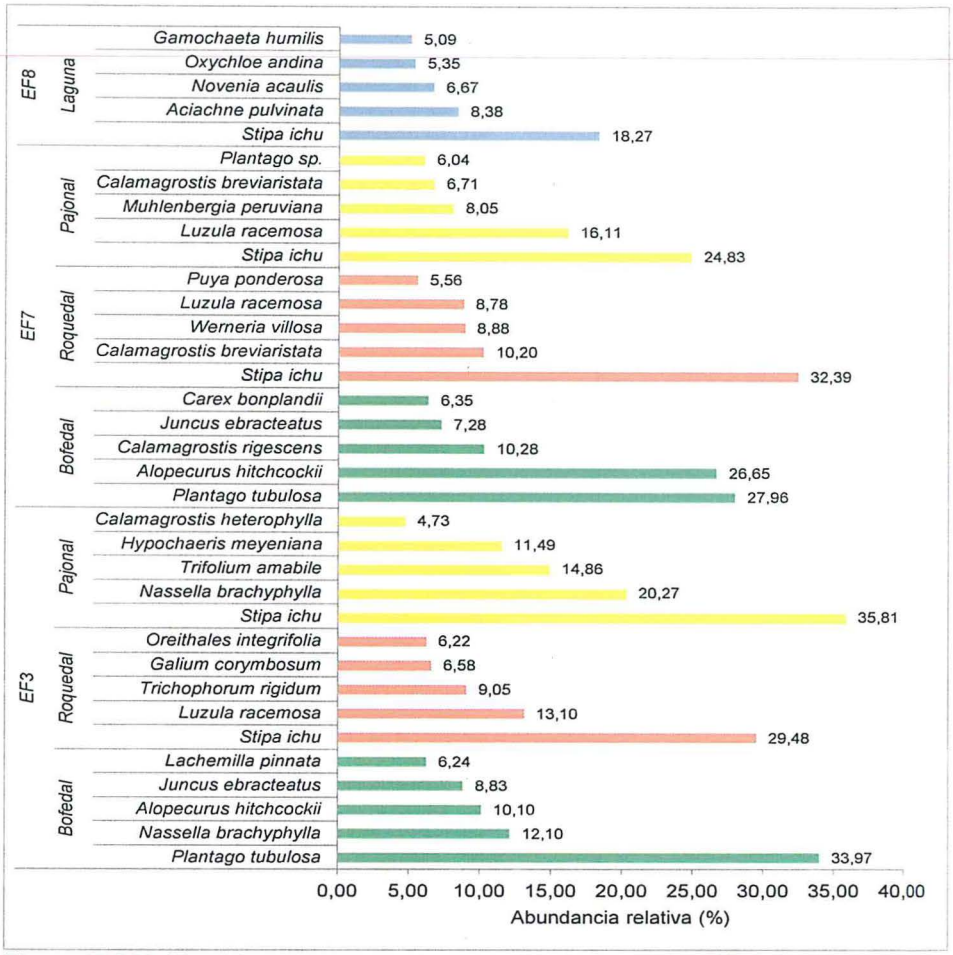


Figura 7-140. Especies con mayor abundancia relativa en los EF de la microcuenca Yahuarmayo dentro del área de evaluación

7.3.3 Análisis de diversidad

7.3.3.1 Diversidad alfa

Para los análisis de diversidad se consideraron los datos obtenidos en las transectos evaluados, considerando un total de 154 especies. Se observa que la riqueza de especies fluctúa por transecto, es así que para la microcuenca Huayllani fluctua entre 5 y 22 especies por transecto, para la microcuenca Chicorume-Pallani varía entre 4 y 16 especies, mientras tanto para la microcuenca Yahuarmayo entre 5 y 30 especies por transecto.

Los valores de diversidad varían de acuerdo a la formación vegetal estudiada, es así que en promedio los valores de diversidad representada por el índice de Shannon-Wiener (H') fluctúa entre 1,26 nits/ind y 2,4 nits/ind por ecosistema, el índice de dominancia de Simpson fluctúa entre 0,15 y 0,34, y el índice de equidad entre 0,66 y 0,81 (Tabla 7-29).

Tabla 7-29. Indices de diversidad promedio de los transectos evaluados en los EF dentro del área de evaluación

Microcuenca	Zona EF	F. Vegetal	Transecto	Riqueza	Equidad	Dominancia	Shannon H
Huayllani	EF1	Bofedal	EF1-FLb1	12	0,81	0,157	2,23
			EF1-FLb2	14			
			EF1-FLb3	17			
			EF1-FLb4	16			
		Roquedal	EF1-FLr1	19			
			EF1-FLr2	18			
	EF2	Bofedal	EF2-FLb1	8	0,67	0,29	1,8
			EF2-FLb2	19			
			EF2-FLb3	5			
		Roquedal	EF2-FLr1	19			
			EF2-FLr2	22			
	EF4	Bofedal	EF4-FLb1	9	0,77	0,25	1,73
			EF4-FLb2	8			
			EF4-FLb3	9			
			EF4-FLb4	8			
			EF4-FLb5	5			
			EF4-FLb6	9			
			EF4-FLb7	7			
			EF4-FLb8	8			
			EF4-FLb9	5			
		Pajonal	EF4-FLp1	18			
			EF4-FLp2	19			
		Roquedal	EF4-FLr1	17			
			EF4-FLr2	12			
	EF5	Bofedal	EF5-FLb1	10	0,69	0,2	1,26
			EF5-FLb2	11			
			EF5-FLb3	13			
			EF5-FLb4	11			
	EF6	Bofedal	EF6-FLb1	11	0,76	0,22	1,9
			EF6-FLb2	15			
			EF6-FLb3	9			
			EF6-FLb4	13			
			EF6-FLb5	8			
			EF6-FLb6	15			
		Pajonal	EF6-FLp1	16			
			EF6-FLp2	9			
		Roquedal	EF6-FLr1	20			
	EF9	Bofedal	EF9-FLb1	9	0,66	0,31	1,4
			EF9-FLb2	8			
			EF9-FLb3	9			

Microcuenca	Zona EF	F. Vegetal	Transecto	Riqueza	Equidad	Dominancia	Shannon H
Pallani	EF10	Bofedal	EF10-FLb1	8	0,78	0,2	2,05
			EF10-FLb2	21			
			EF10-FLb3	6			
		Roquedal	EF10-FLr1	20			
			EF10-FLr2	20			
	EF12	Bofedal	EF12-FLb1	7	0,75	0,27	1,8
		Pajonal	EF12-FLp1	16			
		Roquedal	EF12-FLr1	16			
			EF12-FLr2	9			
	EF13	Bofedal	EF13-FLb1	6	0,67	0,34	1,34
			EF13-FLb2	15			
			EF13-FLb3	4			
Yahuarmayo	EF3	Bofedal	EF3-FLb1	7	0,7	0,26	1,69
			EF3-FLb2	12			
			EF3-FLb3	13			
			EF3-FLb4	10			
			EF3-FLb5	8			
			EF3-FLb6	7			
			EF3-FLb7	9			
			EF3-FLb8	8			
			EF3-FLb9	11			
		Pajonal	EF3-FLp1	15			
		Roquedal	EF3-FLr1	14			
			EF3-FLr2	30			
	EF7	Bofedal	EF7-FLb1	6	0,77	0,22	1,9
			EF7-FLb2	14			
			EF7-FLb3	11			
			EF7-FLb4	5			
			EF7-FLb5	7			
		Pajonal	EF7-FLp1	20			
		Roquedal	EF7-FLr1	17			
			EF7-FLr2	14			
	EF8	Laguna	EF8-FLla1	23	0,79	0,15	2,4
			EF8-FLla2	12			
			EF8-FLla3	25			
			EF8-FLla4	21			
			EF8-FLla5	26			
			EF8-FLla6	21			

F: Formación; EF (zona de ecosistema frágil)

7.3.3.2 Diversidad por formación vegetal

La mayor diversidad representada por el índice de Shannon-Wiener (H') se registra en las formaciones vegetales que forman parte del ecosistema EF8 con una diversidad promedio de 2,4 nits/ind seguida de la vegetación de roquedal con una diversidad de 2,24 nits/ind; en el pajonal se registra una diversidad promedio de 2,09 nits/ind; y la menor diversidad se presenta en la formación vegetal conocida como bofedal con un índice de diversidad de 1,62 nits/ind; esto se debe principalmente, a la dominancia presentada por una o pocas especies, tales como *Plantago tubulosa* o *Stipa ichu*, especies que presentan valores altos de abundancia relativa.

Los índices de equidad y dominancia de Simpson, respaldan lo mostrado por el índice de Shannon, es así que la formación vegetal de bofedal presenta el mayor índice de dominancia promedio (0,28) registrado, consecuente al menor índice de equidad promedio (0,72) obtenido; Las formaciones vegetales como Roquedal y Pajonal, además del ecosistema Laguna siguen el mismo patrón, es decir, gradualmente son más diversos que los bofedales, y esto es corroborado por los índices de dominancia y equidad (Figura 7-141).

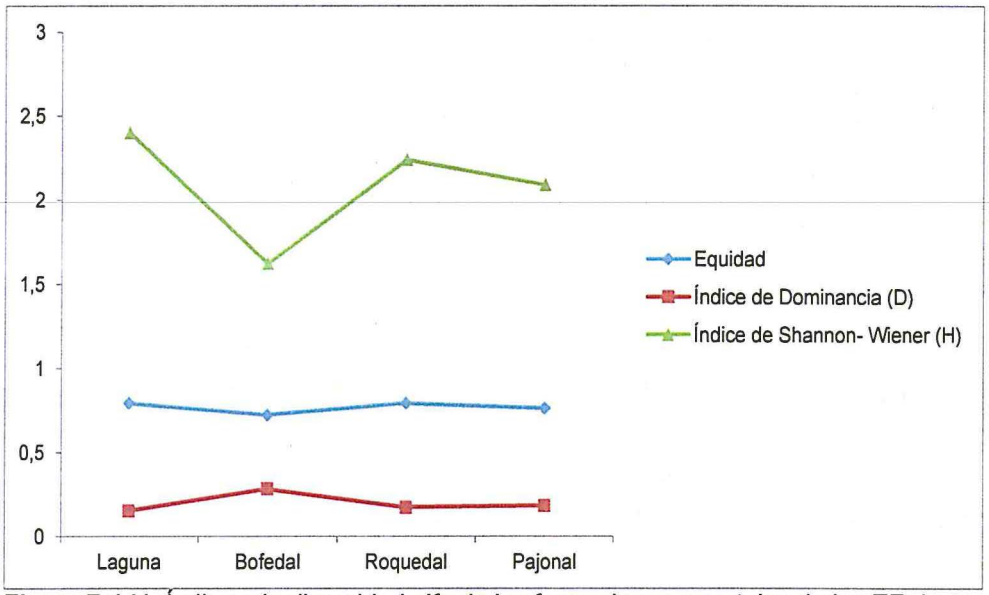


Figura 7-141. Índices de diversidad alfa de las formaciones vegetales de los EF dentro del área de evaluación

7.3.3.3 Diversidad por microcuenca y ecosistema frágil (EF)

En la microcuenca Huayllani, la mayor diversidad representada por el índice de Shannon-Wiener (H') se registra para el ecosistema frágil EF1 con una diversidad promedio de 2,23 nits/ind seguida de los EF10 y EF6 ambos con una diversidad en promedio de 2,05 nits/ind y 1,9 nits/ind respectivamente, siendo los menos diversos los ecosistemas EF2, EF4, EF9 y EF5.

Para el caso de la microcuenca Chicorume-Pallani el ecosistema EF12 (1,8 nits/ind) es más diverso en promedio que el EF13 (1,34 nits/ind), del mismo modo

en la microcuenca Yahuarmayo el ecosistema EF8 (2,4 nits/ind) es el más diverso en promedio respecto a los EF7 y EF3 (1,9 nits/ind y 1,69 nits/ind) (Figura 7-154).

Los resultados de diversidad, tanto de los ecosistemas frágiles más diversos como los menos diversos, son corroborados por los índices de dominancia y equidad como se muestra en la Figura 7-142. Es así, que para los ecosistemas frágiles menos diversos los valores del índice de dominancia son los más altos, principalmente por la mayor abundancia relativa de alguna especie en particular, según sea el caso.

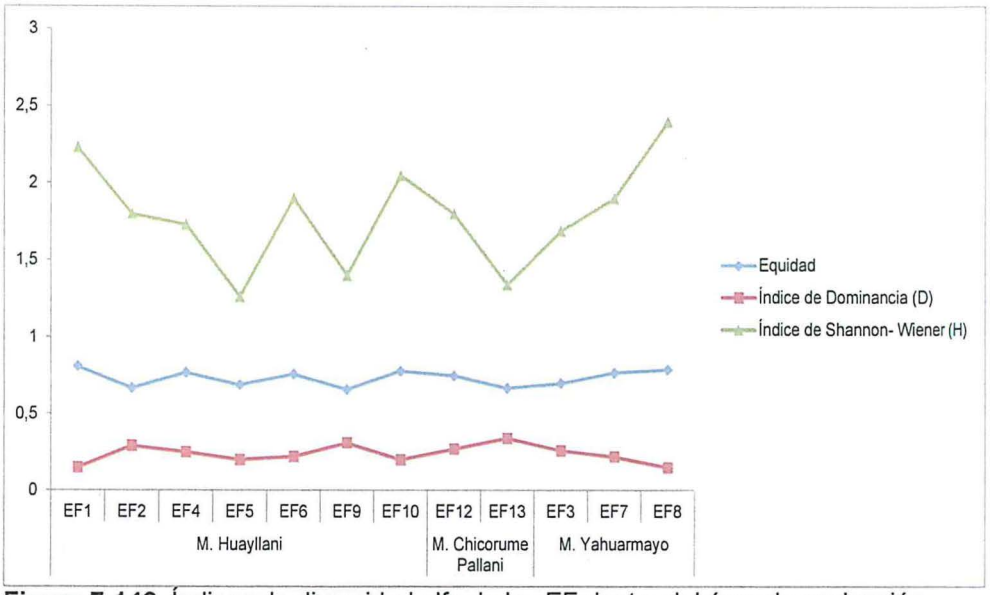


Figura 7-142. Índices de diversidad alfa de los EF dentro del área de evaluación

7.3.3.4 Diversidad beta

a. Similaridad por formación vegetal

Se obtiene un índice de similitud de Morissita bajo entre las formaciones vegetales, tomando como referencia la formación vegetal de bofedal como ecosistema principal, estos ecosistemas presentan valores de similitud menores a 31 %, evidenciándose que cada formación vegetal tiene un tipo de vegetación característico. Sin embargo, hay una mayor similitud (85 %) entre la vegetación de pajonal con la vegetación de roquedal, lo que indica, que hay más especies compartidas entre estas dos formaciones con respecto a las demás (Tabla 7-30 y Figura 7-143).

Tabla 7-30. Índices de similitud entre las formaciones vegetales presentes en los EF dentro del área de evaluación

Formaciones vegetales	Bofedal	Laguna	Pajonal	Roquedal
Bofedal	1	0,31734	0,23145	0,19849
Laguna	0	1	0,78138	0,81103
Pajonal	0	0	1	0,84917
Roquedal	0	0	0	1

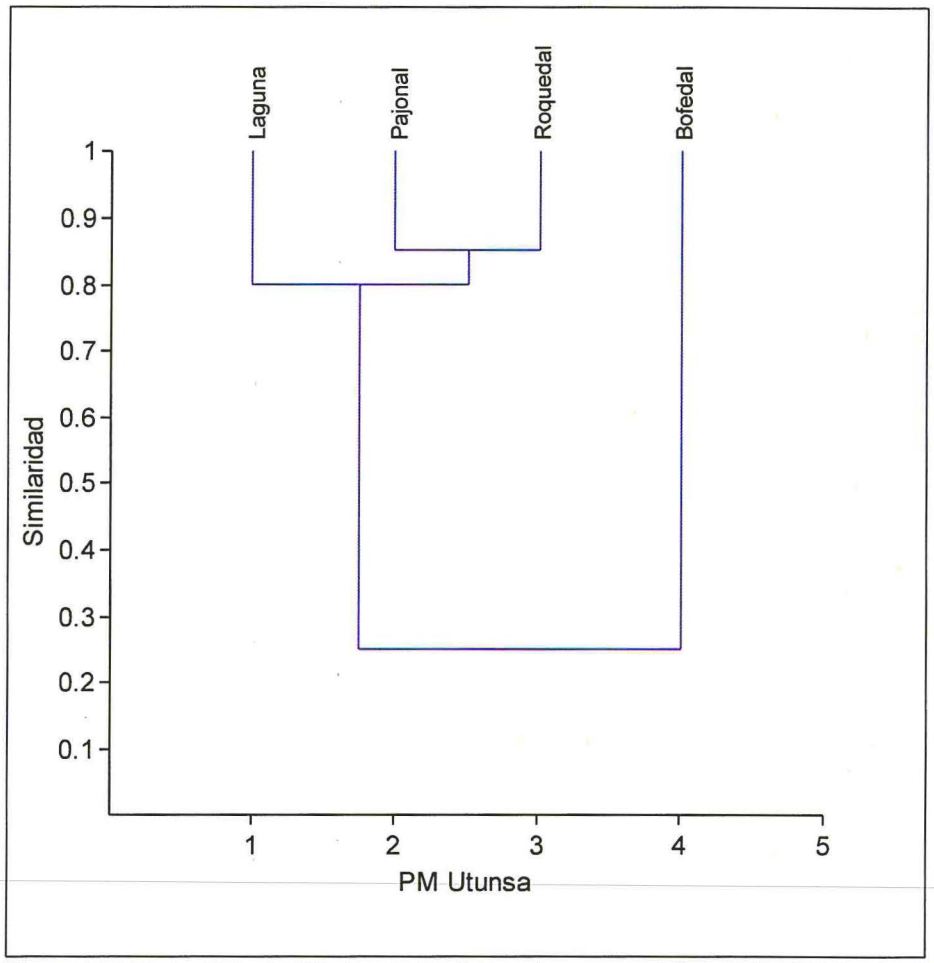


Figura 7-143. Análisis de Clúster de las formaciones vegetales en los EF dentro del área de evaluación

b. Similaridad por ecosistema frágil (EF)

Se obtiene un índice de similitud de Morissita en general mayor a 50%, básicamente por la presencia de bofedales en cada ecosistema, sin embargo los valores menores del 50% se debe principalmente a que las formaciones vegetales evaluadas son diferentes, y que la cantidad de transectos evaluados han sido menores, como el caso del ecosistema EF8 y EF12 en ellos solo se evaluaron formaciones vegetales de pajonal y roquedal ya que el ecosistema frágil principal (EF) fue laguna altoandina (Tabla 7-31 y Figura 7-144).

Tabla 7-31. Índices de similitud entre los ecosistemas (EF) presentes dentro del área de evaluación

Ecosistemas frágiles	EF1	EF10	EF12	EF13	EF2	EF3	EF4	EF5	EF6	EF7	EF8	EF9
EF1	1,00	0,77	0,50	0,62	0,26	0,70	0,64	0,42	0,38	0,60	0,48	0,56
EF10	0,00	1,00	0,31	0,60	0,20	0,59	0,59	0,60	0,53	0,52	0,34	0,64
EF12	0,00	0,00	1,00	0,25	0,44	0,48	0,46	0,16	0,23	0,54	0,71	0,24
EF13	0,00	0,00	0,00	1,00	0,21	0,66	0,46	0,47	0,26	0,52	0,31	0,61
EF2	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,22	0,35	0,52	0,66	0,23	0,59	0,05

Ecosistemas frágiles	EF1	EF10	EF12	EF13	EF2	EF3	EF4	EF5	EF6	EF7	EF8	EF9
EF3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,52	0,44	0,18	0,80	0,34	0,64
EF4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,35	0,53	0,47	0,53	0,33
EF5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,64	0,37	0,21	0,46
EF6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,19	0,43	0,18
EF7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,42	0,49
EF8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,08
EF9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

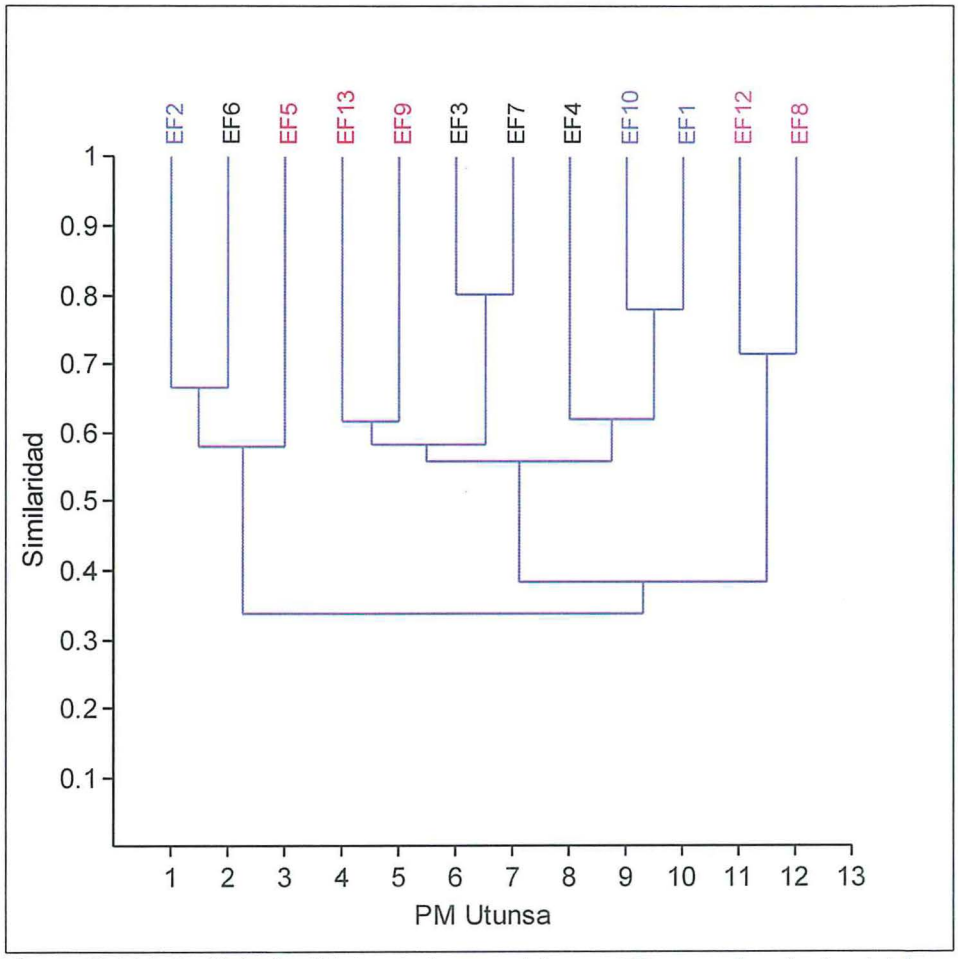


Figura 7-144. Análisis de Clúster de los ecosistemas EF presentes dentro del área de evaluación

c. Análisis NMDS

El análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), utilizando el índice de Morisita, muestra visualmente la similaridad entre los transectos evaluados, presentándolos en 2 grupos bien diferenciados. Los transectos agrupados en el grupo 1 corresponden a los transectos evaluados en la formación bofedales, los transectos agrupados en el grupo 2 corresponden a los transectos evaluados en las lagunas y formaciones vegetales asociados

(roquedal y pajonal); teniendo al ecosistema laguna como la más dominante en el área de estudio después de la de bofedal.

Asimismo, las formaciones pajonal y roquedal son más afines al ecosistema laguna, principalmente debido a las especies que comparten entre sí; sin embargo, se tiene registrado parcelas de bofedal muy cercanas al ecosistema laguna, dado que tienen en común alguna especie de distribución amplia como las especies de la familia Poaceae (Figura 7-145).

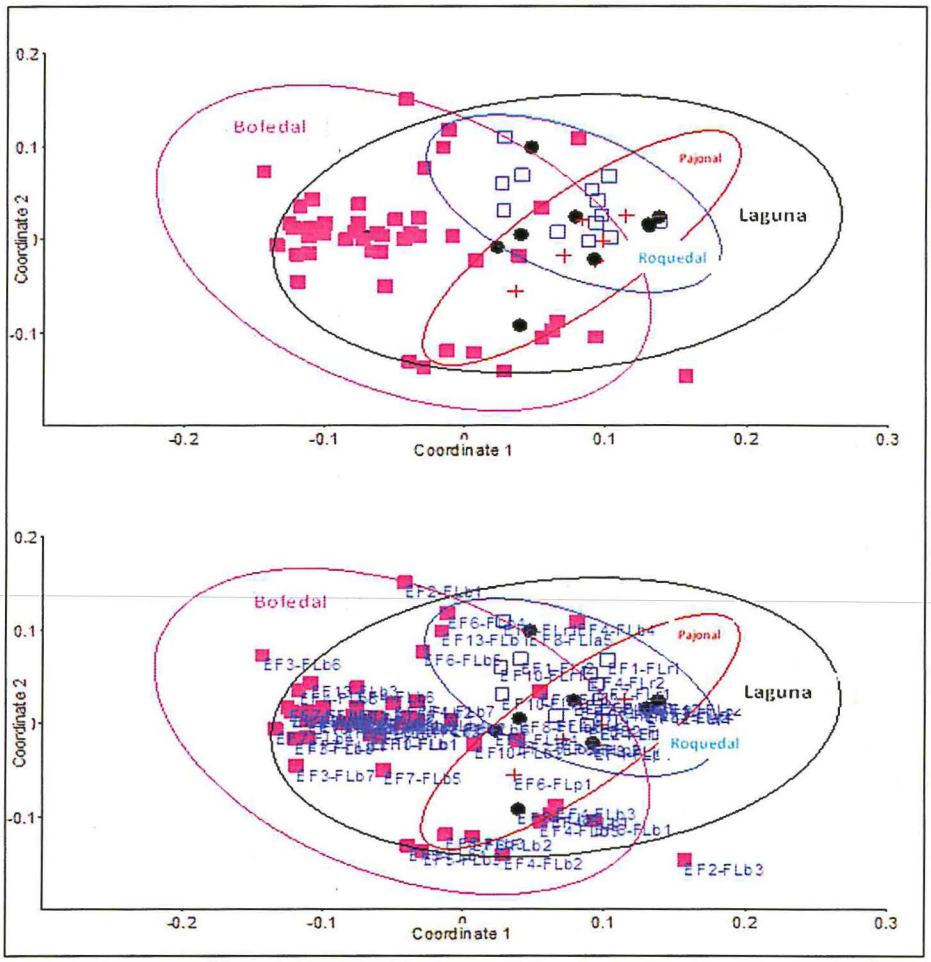


Figura 7-145. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) con los transectos evaluados en los EF dentro del área de evaluación

7.3.4 Curvas de acumulación

De acuerdo al análisis de la curva de acumulación de especies por transectos, muestra que la curva se ajusta bien al modelo de Clench (R=0,996) y que el número máximo de especies predicho es de 170, llegando a obtener una curva ligeramente asintótica por la cantidad de especies registradas en la evaluación (Figura 7-146).

La evaluación representa el 84 % (143) de la flora total estimada para el área de estudio. Sin embargo, se puede observar que con la evaluación cualitativa (colectas realizadas fuera de la metodología empleada) se logra registrar un número mucho más cercano (154 especies) al predicho por el modelo, principalmente debido a la

existencia de microhábitats que favorecen el desarrollo de especies que incrementan la riqueza en el área de estudio. 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 son estadísticamente significativos.

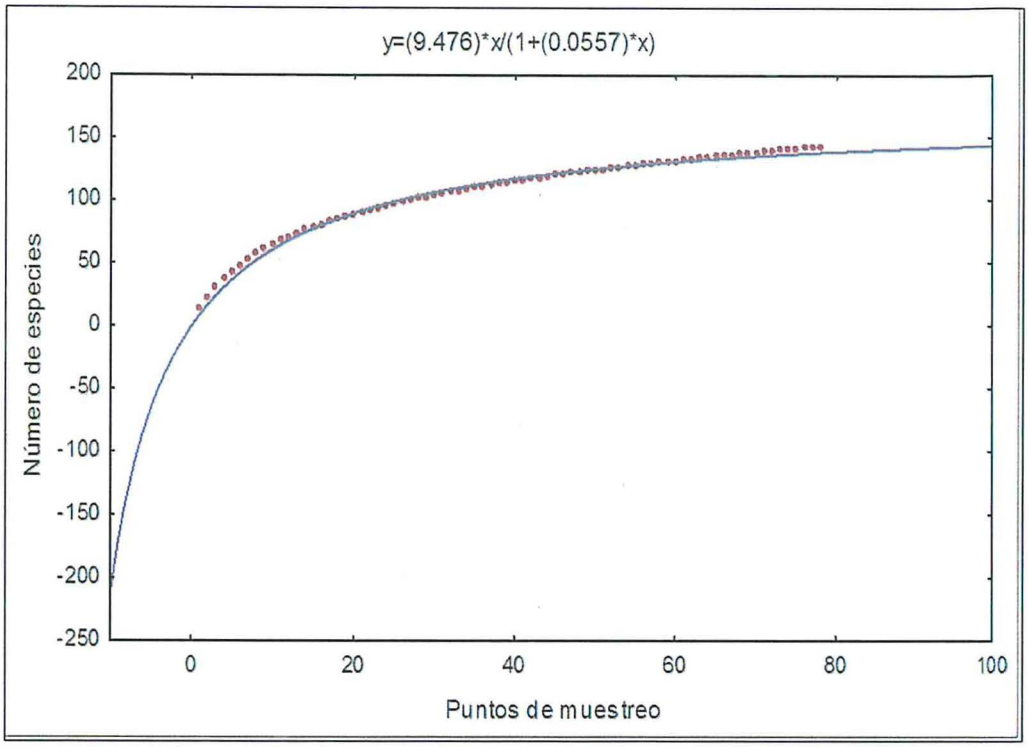


Figura 7-146. Curva de acumulación de especies. Modelo: v2=(a*v1) /(1+(b*v1)). Función de Clench

7.3.5 Conservación

7.3.5.1 Especies amenazadas presentes en alguna categoría de protección

Las especies determinadas en la evaluación de flora que se encuentran en alguna categoría de protección se detallan en la Tabla 7-32. En dicha tabla, se indica que en la evaluación de los 12 ecosistemas frágiles en el área de estudio se ha registrado un total de 12 especies que están considerados en alguna categoría de amenaza y protección, ya sea nacional o internacional, además se registraron 6 especies endémicas para Perú, según el Libro Rojo de las plantas endémicas del Perú.

Tabla 7-32. Especies de flora registradas en las zonas de evaluación que están protegidas por el Estado Peruano o categorizadas por la IUCN y CITES

Especie	Categoría de conservación				Endemismo ****
	D. S. N.° 043-2006-AG*	R. M. N.° 0505-2016-MINAGRI	IUCN**	CITES***	
Acaulimalva crenata	-	-	-	-	AN, CA, HV, JU, LL, PA.
Austrocylindropuntia floccosa	-	-	LC	Apéndice II	-
Azorella diapensioides	VU	VU	-	-	-

Especie	Categoría de conservación				Endemismo ****
	D. S. N.° 043-2006-AG*	R. M. N.° 0505-2016-MINAGRI	IUCN**	CITES***	
Castilleja virgatoides	-	-	-	-	AP, AY, CU, JU, LA, LL, LI.
Distichia muscoides	-	NT	-	-	-
Gentianella campanuliformis	-	-	-	-	CU.
Lupinus cuzcensis	-	-	-	-	CU, LI.
Myrosmodes chiogena	-	-	-	Apéndice II	-
Myrosmodes sp.	-	-	-	Apéndice II	-
Perezia coerulescens	VU	NT	-	-	-
Poa annua	-	-	LC	-	-
Polylepis incana	CR	EN	VU	-	-
Puya ponderosa	-	-	-	-	AY.
Senecio rhizomatus	VU	-	-	-	-
Solanum acaule	NT	-	-	-	-
Trifolium amabile	-	-	LC	-	-
Valeriana johannae	-	-	-	-	PU.
Valeriana nivalis	VU	-	-	-	-
TOTAL	6	4	4	3	6

*Categorías de la Clasificación Oficial de Especies Amenazadas de Flora Silvestre (D. S. N.° 043-2006-AG): En peligro (EN); Vulnerable (VU); Casi Amenazado (NT); Riesgo Menor (LR); Preocupación Menor (LC); Datos Insuficientes (DD) y Críticamente Amenazado (CR).

**Categorías de la *International Union for the Conservation of Nature* (IUCN, 2018) «Lista Roja de Especies Amenazadas»: Extinto (EX), Extinto en estado silvestre (SW), En peligro crítico (CR), En peligro (EN); Vulnerable (VU); Casi Amenazado (NT); Riesgo Menor (LR); Preocupación Menor (LC); Datos Insuficientes (DD) y Críticamente Amenazado (CR).

***Categorías de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES): Apéndice I (En vía de extinción); Apéndice II (Vulnerables o potencialmente amenazadas) y Apéndice III (Protegidas al menos en un país).

****Clasificación según el Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Perú de Leon *et al.*, (2006). Ancash (AN), Apurímac (AP), Ayacucho (AY), Cajamarca (CA), Cusco (CU), Junín (JU), Huancavelica (HV), La Libertad (LL), Lambayeque (LA), Lima (LI), Pasco (PA) y Puno (PU).

7

La norma vigente de categorización de especies amenazadas de flora silvestre[31] determina que las especies *Azorella diapensioides*, *Perezia coerulescens*, *Polylepis incana*, *Senecio rhizomatus*, *Solanum acaule* y *Valeriana nivalis* se encuentran en alguna categoría de clasificación (Tabla 7-32). Cabe resaltar que en la propuesta de lista de clasificación oficial de especies de flora silvestre categorizadas como amenazadas[32], se incrementa la especie *Distichia muscoides* con la categoría de Casi Amenazados (NT); además, recategoriza a la especie *Perezia coerulescens* de categoría Vulnerable (VU) a Casi Amenazada (NT) y a la especie *Polylepis incana* de la categoría Críticamente Amenazado (CR) a Casi Amenazada (NT), asimismo, mantiene a la especie *Azorella diapensioides* como

31 Decreto Supremo Nº 043-2006-AG del 06 de julio de 2006, que aprueba la categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre

32 Resolución Ministerial Nº 0505-2016-MINAGRI del 29 de setiembre de 2016, que aprueba el proyecto de Decreto Supremo, referido a la «Lista de clasificación de especies de flora silvestre categorizadas como amenazadas».

vulnerable (VU). Estos resultados muestran que, en el transcurso del tiempo, se aumentó el número de especies amenazadas debido a la alteración de los ecosistemas donde se desarrollan.

Es importante destacar que de las especies detalladas en la Tabla 7-32, las especies *Austrocylindropuntia floccosa*, *Myrosmodes chiogena* y *Myrosmodes* sp. están incluidas dentro del Apéndice II de La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES, 2017), lo que indicaría que se encuentran vulnerables o potencialmente amenazadas. Esta condición se debería a algún cambio o decrecimiento drástico en sus poblaciones debido a la afectación del ambiente donde se desarrolla, por una excesiva extracción o por comercio del mismo.

Se han registrado 6 especies endémicas en el presente estudio de las cuales, según Leon *et al.* (2006), solo 3 de ellas fueron registradas como endémicas para los departamentos de Cusco y Apurímac y 3 especies (*Acaulimalva crenata*, *Puya ponderosa* y *Valeriana johannae*) fueron registradas como endémicas para otros departamentos, ampliando así su distribución.

7.4 Fauna silvestre

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de anfibios y reptiles, realizada con las metodologías explicadas anteriormente.

7.4.1 Anfibios y Reptiles

7.4.1.1 Composición Herpetológica

Durante la evaluación herpetológica realizada en el área de evaluación, se registró la presencia de 4 especies de anfibios, distribuidas en 4 familias, pertenecientes al orden Anura. Asimismo, se registraron 2 especies de reptiles, pertenecientes a 2 familias distintas del orden Squamata, las cuales se describen en la Tabla 7-33.

Tabla 7-33. Orden, familia y especies de anfibios y reptiles registradas en el área de evaluación

N.°	Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común*
1	Amphibia	Anura	Leptodactylidae	*Pleurodema marmoratum*	Rana marmoleada de cuatro ojos
2			Hemiphractidae	*Gastrotheca marsupiata*	Rana marsupial
3			Bufonidae	*Rhinella spinulosa*	Sapo verrugoso
4			Telmatobiidae	*Telmatobius* cf. *jelskii*	Rana acuática de Acancocha
5	Reptilia	Squamata	Liolaemidae	*Liolaemus* complejo *annectens*	Lagartija
6			Dipsadidae	*Tachymenis peruviana*	Culebra cola corta del Perú

*Nombre común citado en la Lista Roja de las Especies Amenazadas (IUCN, 2018) y paginas web especializadas «*The reptile database*» (Uetz *et al.*, 2018)

7.4.1.2 Abundancia relativa de anfibios y reptiles

Se obtuvieron un total de 25 registros de anfibios adultos durante las evaluaciones realizadas en el área de estudio, siendo *Pleurodema marmoratum* y *Rhinella spinulosa* las especie con mayores registros de abundancia (8 individuos, 32 %),

seguida de *Gastrotheca marsupiata con* 5 individuos registrados (20 %) y finalmente *Telmatobius* cf. *jelskii* con 4 registros (16 %) (Tabla 7-34 y Figura 7-147).

Tabla 7-34. Abundancia relativa de anfibios registrados durante las evaluaciones realizadas

Orden	Familia	Anfibios	N° de individuos	Abundancia relativa %
Anura	Leptodactylidae	*Pleurodema marmoratum*	8	32
	Hemiphractidae	*Gastrotheca marsupiata*	5	20
	Bufonidae	*Rhinella spinulosa*	8	32
	Telmatobiidae	*Telmatobius cf. jelskii*	4	16
Total	4	4	25	100

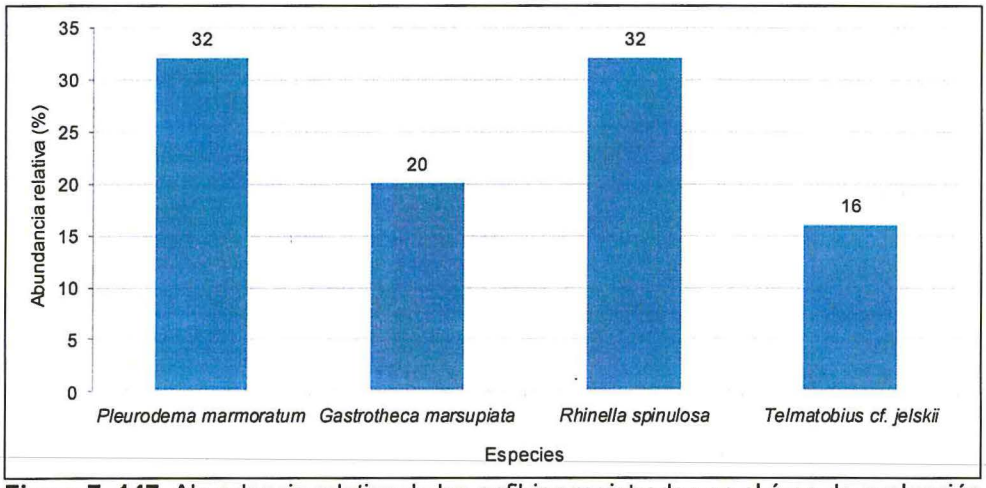


Figura 7- 147. Abundancia relativa de los anfibios registrados en el área de evaluación

7.4.1.3 Renacuajos

Debido a su tipo de desarrollo (ciclo de vida) los renacuajos pueden presentarse en grandes cantidades; sin embargo, no todos llegarán a convertirse en adultos, por lo que su análisis debe llevarse a cabo de forma separada, pues podría sobrestimar los resultados de abundancia para la especie. Durante las evaluaciones realizadas, se registraron renacuajos de las especies *Pleurodema marmoratum* (283 individuos; 67,70 %), *Telmatobius* cf. *jelskii* (95 individuos; 22,73 %) y *Gastrotheca marsupiata (*40 individuos; 9,57 %) en los diferentes cuerpos de agua presentes en los ecosistemas frágiles (Tabla 7-35 y Figura 7-148).

Tabla 7-35. Abundancia relativa de los renacuajos registrados durante las evaluaciones realizadas

Orden	Familia	Renacuajos	N° de individuos	Abundancia relativa %
Anura	Telmatobiidae	*Telmatobius* cf. *jelskii*	95	22,73
	Leptodactylidae	*Pleurodema. marmoratum*	283	67,70
	Hemiphractidae	*Gastrotheca marsupiata*	40	9,57
Total	3	3	418	100

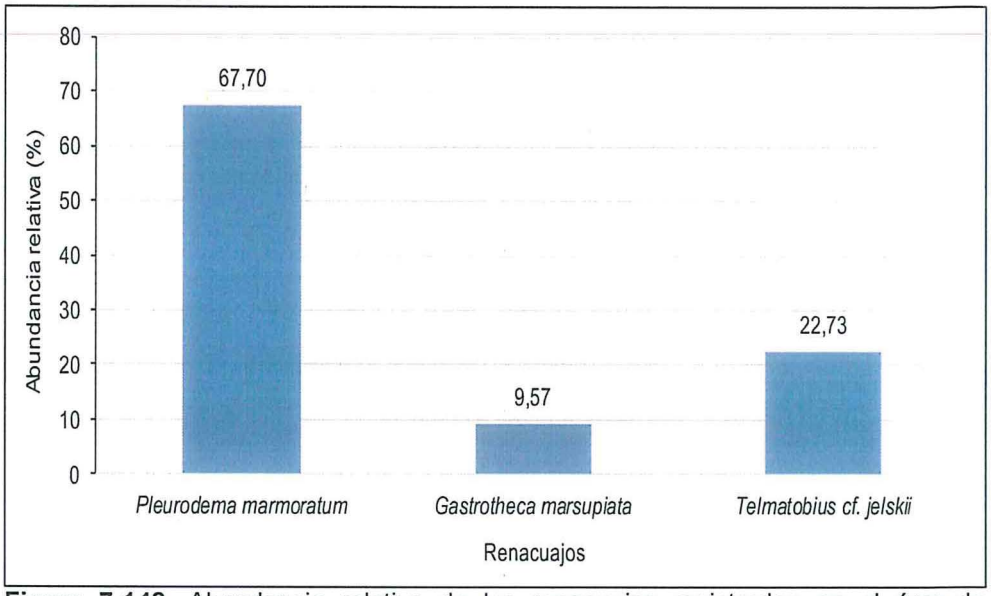


Figura 7-148. Abundancia relativa de los renacuajos registrados en el área de evaluación

En el caso de los reptiles, se obtuvieron un total de 25 registros durante las evaluaciones realizadas en el área de estudio, siendo *Liolaemus* complejo *annectens* la especie con mayores registros de abundancia (23 individuos; 92 %), mientras que *Tachymenis peruviana* presentó una abundancia de 2 individuos (8 %) (Tabla 7-36 y Figura 7-149).

Tabla 7-36. Abundancia relativa de reptiles registrados durante las evaluaciones realizadas

Orden	Familia	Reptiles	N° de individuos	Abundancia relativa %
Squamata	Liolaemidae	*Liolaemus complejo annectens*	23	92
	Dipsadidae	*Tachymenis peruviana*	2	8
Total	2	2	25	100

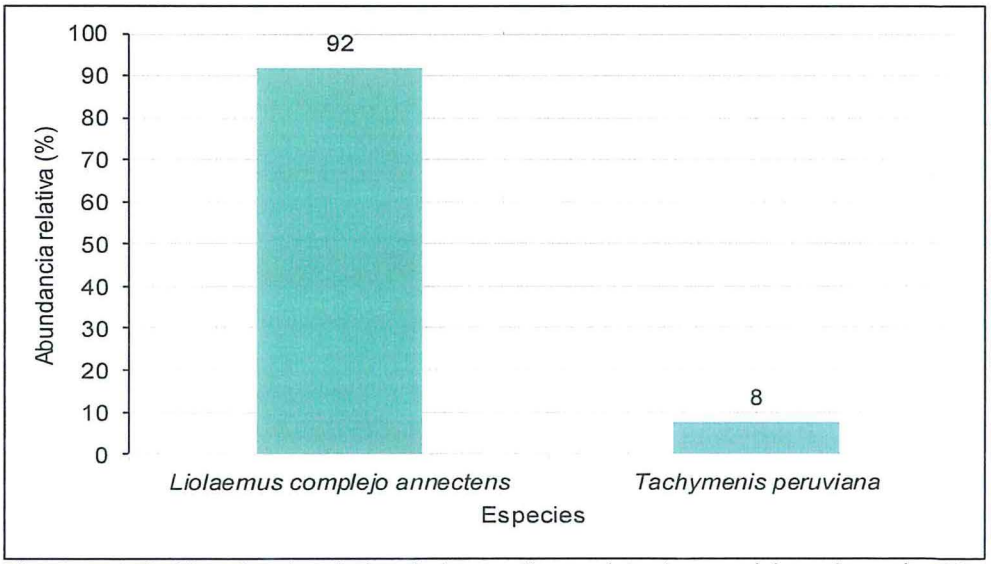


Figura 7-149. Abundancia relativa de los reptiles registrados en el área de evaluación

7.4.1.4 Diversidad de anfibios y reptiles

Los resultados obtenidos muestran que los anfibios presentaron una mayor riqueza y abundancia de especies que los reptiles. Del mismo modo, los anfibios presentaron un mayor índice de diversidad de Shannon-Winner mayor (H'=1,939 bits/ind) en comparación con los reptiles (H'=0,402 bits/ind). Asimismo, el índice de diversidad de Simpson (1-D) muestra que las especies de anfibios presentaron una equidad en la composición de sus especies (1-D=0,76), mientras que en los reptiles se observó una mayor dominancia de una especie (*Liolaemus* complejo *annectens*) sobre el resto (*Tachymenis peruviana*) (1-D=0,153) (Tabla 7-37).

Tabla 7-37. Abundancia, riqueza e índices de diversidad de los anfibios y reptiles en el área de evaluación

Índices de Diversidad	Anfibios	Reptiles
Riqueza e especies	4	2
N° de Individuos	25	25
Indices de Shannon-Winner (H')	1,939	0,402
Índice de Simpson (1-D)	0,760	0,153

7.4.1.5 Estimación de riqueza esperada

a. Curva de acumulación de especies

La curva de acumulación de especies mediante el método de rarefacción y extrapolación para anfibios y reptiles en base a la metodología de búsquedas por encuentro visual (VES) muestra que mediante el esfuerzo total realizado (43 VES) se logró registrar a todas las especies esperadas en la zona de estudio (6 especies); no obstante, con un mayor esfuerzo se podría encontrar alguna otra especie de anfibio o reptil, dado que la curva de la gráfica no llega a la asíntota (Figura 7-150).

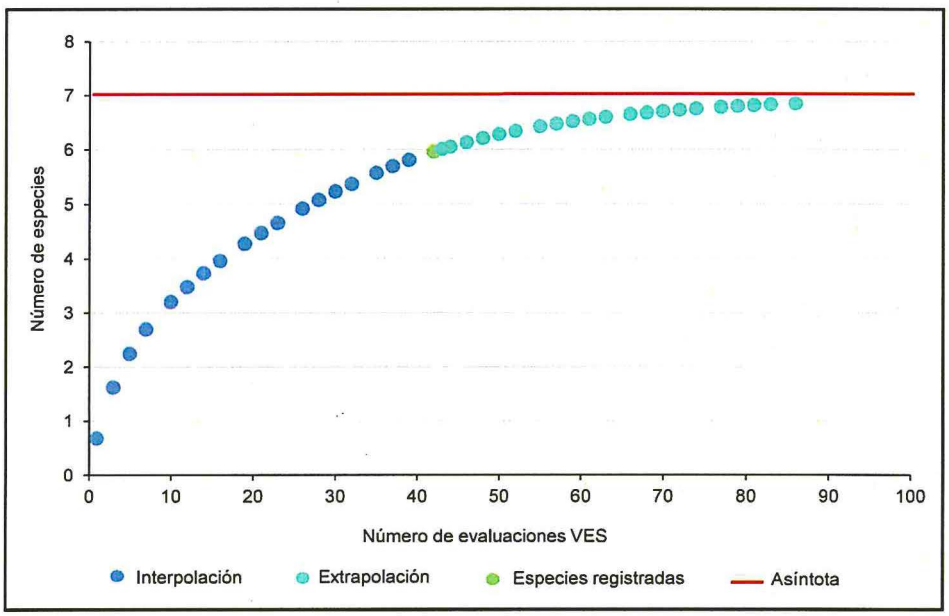


Figura 7-150. Curva de acumulación de observadas mediante la metodología de VES

Por otro lado, la curva de acumulación de especies mediante la metodología de transectos en hábitats acuáticos (Figura 7-151), muestra un menor acercamiento hacia la asíntota, de manera que se necesitaría de un mayor esfuerzo mediante esta metodología para lograr registrar a todas las especies presentes en el área de estudio. Sin embargo, cabe señalar que estas evaluaciones se centraron en los cuerpos de agua, reduciendo la posibilidad de registrar a las especies presentes en otros hábitats.

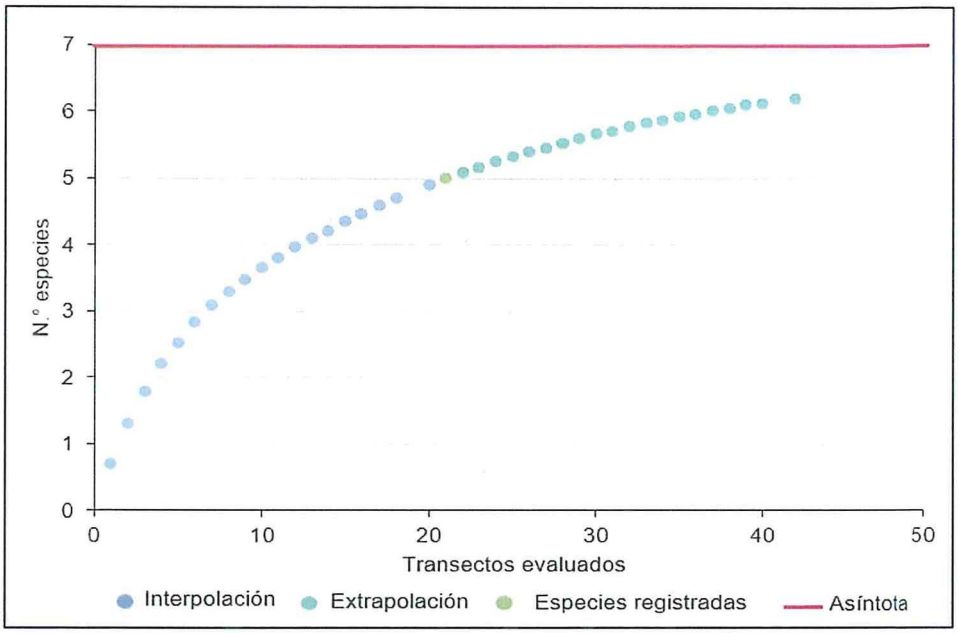


Figura 7-151. Curva de acumulación de observadas mediante la metodología de Transectos en hábitats acuáticos

Los análisis se realizaron tomando en cuenta la incidencia (presencia o ausencia) de los anfibios y reptiles registrados en conjunto durante las evaluaciones, a pesar que ambos son grupos presentan características biológicas distintas.

7.4.1.6 Colecta de especímenes

Se colectaron 2 individuos por cada especie anfibio o reptil registrado durante las evaluaciones. Todos los especímenes fueron depositados en la colección de Herpetología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (MUSM). La Tabla 7-38 muestra los códigos de las especies colectadas.

Tabla 7-38. Colecta de especímenes de anfibios y reptiles realizadas en los ecosistemas frágiles evaluados

Especies	Ecosistema Frágil	Punto de evaluación	Código de Campo	Código de Museo (MUSM)
Telmatobius cf. *jelskii*	EF10	HE-T15	OEFA11, OEFA12	38745, 38746
Liolaemus complejo *annectens*	EF4	HE-V2, HE-V3	OEFA13, OEFA14	38747, 38748
Tachymenis peruviana	EF8, EF3	HE-V18, HE-T18	OEFA15, OEFA16	38750, 38751

Especies	Ecosistema Frágil	Punto de evaluación	Código de Campo	Código de Museo (MUSM)
Gastrotheca marsupiata	EF7	HE-T19, HE-T21	OEFA17, OEFA18	38752, 38753
Renacuajos Telmatobius cf. *jelskii*	EF4	HE-T2	OEFA19	38755
Renacuajos Gastrotheca marsupiata	EF7	HE-V41	OEFA20	38757

7.4.1.7 Descripción de la herpetofauna por hábitats

En esta sección se detallan los resultados de la riqueza y abundancia de las especies de anfibios y reptiles registrados en los diferentes hábitats evaluados.

La riqueza y abundancia de especies fue mayor en el hábitat bofedal, presentándose las 6 especies de anfibios y reptiles registrados durante la evaluación; asimismo, los anfibios *Pleurodema marmoratum* y *Rhinella spinulosa* fueron los representantes más abundantes en este hábitat. Por otro lado, los hábitats pajonal y roquedal presentaron únicamente a la lagartija *Liolaemus* complejo *annectens*, siendo el roquedal el hábitat con mayor abundancia de esta especie. Finalmente, en el hábitat quebrada se registró únicamente a la especie *Gastrotheca marsupiata*. El hábitat laguna no presentó ningún registro de anfibio o reptil durante las evaluaciones.

En la Tabla 7-39 y Figura 7-152, se detallan los valores de riqueza y abundancia registrados para los anfibios y reptiles por hábitats evaluados.

Tabla 7-39. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por hábitat en el área de evaluación

Familia	Especies	Bofedal	Pajonal	Roquedal	Quebrada	Laguna
Leptodactylidae	*Pleurodema marmoratum*	8	0	0	0	0
Hemiphractidae	*Gastrotheca marsupiata*	4	0	0	1	0
Bufonidae	*Rhinella spinulosa*	8	0	0	0	0
Telmatobiidae	*Telmatobius* cf. *jelskii*	4	0	0	0	0
Total	4	24	0	0	1	0

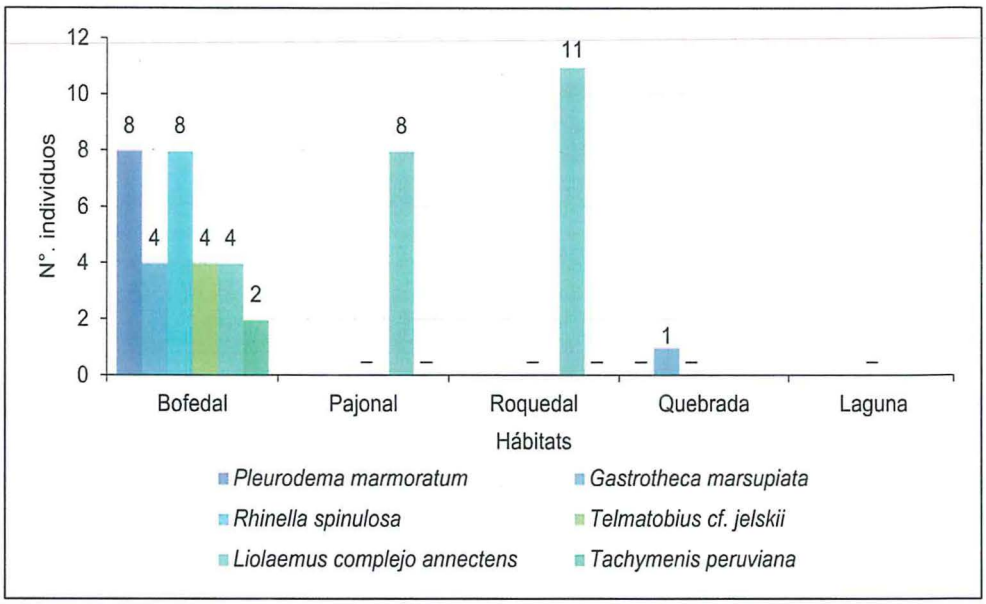


Figura 7-152. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por hábitats evaluados en el área de evaluación

La presencia de los renacuajos estuvo restringida al hábitat bofedal, presentándose una mayor abundancia de la especie *Pleurodema marmoratum* con 283 individuos, mientras que los renacuajos de las especies *Telmatobius* cf. *jelskii* y *Gastrotheca marsupiata fueron* de 66 y 40 individuos respectivamente; por otro lado, en el hábitat de Quebrada se registraron 29 renacuajos de la especie *Telmatobius* cf. *jelskii* (Tabla 7-40 y Figura 7-153). No se registraron renacuajos en el hábitat laguna.

Tabla 7-40. Abundancia renacuajos por hábitat en el área de evaluación

Familia	Renacuajos	Bofedal	Quebrada	Pajonal	Roquedal	Laguna
Telmatobiidae	*Telmatobius* cf. *jelskii*	66	29	0	0	0
Leptodactylidae	*Pleurodema marmoratum*	283	0	0	0	0
Hemiphractidae	Gastrotheca *marsupiata*	40	0	0	0	0

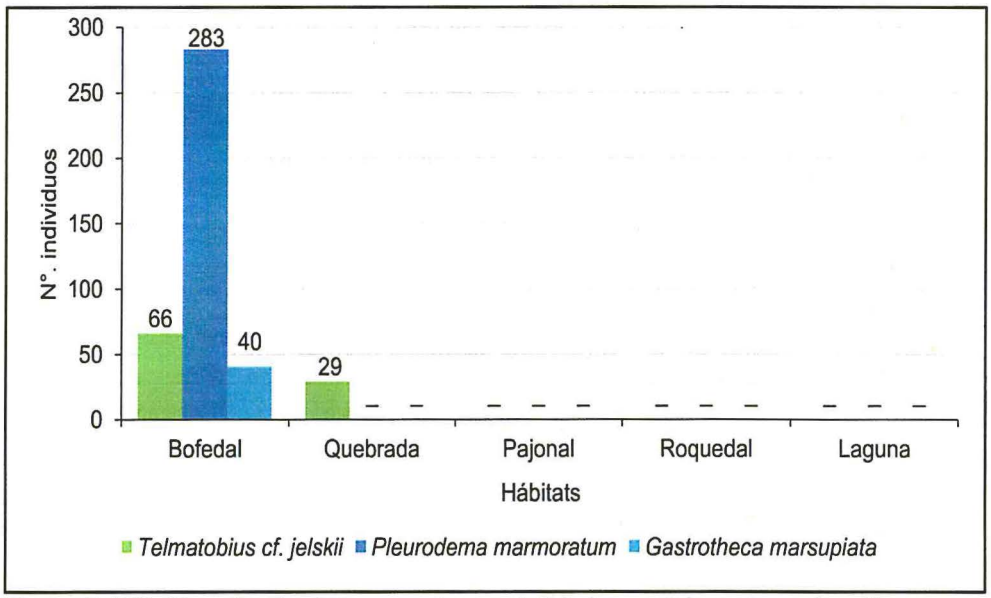


Figura 7-153. Abundancia de renacuajos por hábitats en el área de evaluación

A continuación, se presentan de forma detallada las riquezas y abundancias de las especies de anfibios y reptiles registrados en cada hábitat. Cabe señalar que la abundancia de los renacuajos fue analizada de forma separada por cada ambiente evaluado.

a. Bofedal

Este ambiente semiacuático presentó el mayor esfuerzo de muestreo mediante 35 evaluaciones (17 VES y 15 transectos), debido a que los objetivos del estudio se centraron en el análisis de la fauna presente en este ecosistema. Respecto a la composición herpetológica, se registraron 4 especies de anfibios (*Pleurodema marmoratum*, Gastrotheca marsupiata, *Rhinella spinulosa* y *Telmatobius* cf. *jelskii*) y 2 especies de reptiles: *Liolaemus* complejo *annectens* y *Tachymenis peruviana*. Por otro lado, la abundancia de individuos fue mayor en los anfibios con 25 individuos, mientras que el reptil más abundante fue la lagartija *Liolaemus* complejo *annectens* con 8 registros.

Los renacuajos fueron los representantes más abundantes en este ambiente, teniendo a *Pleurodema marmoratum* como la especie de mayor abundancia dentro del área de estudio (283 individuos) a comparación de los renacuajos de *Telmatobius* cf. *jelskii* (66 individuos) y *Gastrotheca marsupiata* (40 individuos). Todos fueron observados y contabilizados en los cuerpos de agua que se forman a lo largo de los bofedales.

b. Pajonal

El esfuerzo realizado en este hábitat fue de 14 evaluaciones VES, los cuales estuvieron distribuidos alrededor de los ecosistemas frágiles evaluados. El hábitat estuvo compuesto por pajonal de porte medio con parches de rocas de diferentes tamaños. La lagartija *Liolaemus* complejo *annectens* fue la única especie registrada en este hábitat con 8 individuos. No se registraron renacuajos en este hábitat.

c. Roquedal

Este hábitat presentó una combinación de arbustos y matorrales asociados a las rocas, los cuales estuvieron distribuidos a lo largo de los ecosistemas frágiles. Se realizó un esfuerzo de 9 evaluaciones VES; donde se pudo registrar la presencia únicamente de la lagartija *Liolaemus* complejo *annectens* con 11 individuos. No se registraron renacuajos en este hábitat.

d. Lagunas y Quebradas

Las lagunas Pistoro y Angascocha fueron las únicas evaluadas durante el estudio con un esfuerzo de 3 evaluaciones VES; sin embargo, no se registraron especies de anfibios o reptiles en sus inmediaciones. Por otro lado, el hábitat quebrada fue evaluado mediante 7 transectos, registrándose un individuo de la especie *Gastrotheca marsupiata*. Cabe resaltar que estos cuerpos de agua abastecen a los bofedales presentes en el área de estudio.

Respecto a los renacuajos, el hábitat quebrada presentó una mayor abundancia de la especie *Telmatobius* cf. *jelskii* con 29 individuos, los cuales se presentaron a lo largo de los cuerpos de agua, trasladándose y alimentándose de la vegetación circundante.

7.4.1.8 Diversidad por hábitats

El hábitat que presentó una mayor diversidad de anfibios fue el bofedal (H'=1,192 bits/ind), mientras que los demás hábitats evaluados (pajonal, roquedal, quebrada y laguna) obtuvieron índices bajos (H'=0) debido a la presencia de una sola especie de anfibio o ninguna durante las evaluaciones. El índice de diversidad de Simpson (1-D) muestra que las especies de anfibios se distribuyeron de forma equitativa en todo el hábitat de Bofedal (1-D=0,754) (Tabla 7-41).

Tabla 7-41. Abundancia, riqueza e índices de diversidad de los anfibios por hábitat en el área de evaluación

Índices de Diversidad	Bofedal	Pajonal	Roquedal	Quebrada	Laguna
Riqueza e especies	4	0	0	1	0
N° de Individuos	24	0	0	1	0
Indices de Shannon-Winner (H')	1,918	0	0	0	0
Índice de Simpson (1-D)	0,754	-	-	-	-

En el caso de los reptiles, la mayor diversidad, al igual que en los anfibios, fue el hábitat bofedal (H'=0,918 bits/ind) presentándose los dos únicos representantes registrados durante las evaluaciones (*Liolaemus* complejo *annectens* y *Tachymenis peruviana*). Por el contrario, el resto de hábitats solo presentaron una especie (pajonal y roquedal) o ninguna (quebrada y laguna), por lo que no se pudieron realizar los índices correspondientes. El índice de diversidad de Simpson (1-D) muestra que las especies de reptiles presentaron diferencias en la composición de las especies, presentándose una dominancia de la lagartija *Liolaemus* complejo *annectens* sobre *Tachymenis peruviana* (1-D=0,533) (Tabla 7-42).

Tabla 7-42. Abundancia, riqueza e índices de diversidad de los anfibios por hábitat en el área de evaluación

Índices de diversidad	Bofedal	Pajonal	Roquedal	Quebrada	Laguna
Riqueza e especies	2	1	1	0	0
N° de Individuos	6	8	11	0	0
Indices de Shannon-Winner (H')	0,918	0	0	0	0
Índice de Simpson (1-D)	0,533	0	0	-	-

7.4.1.9 Similitud por hábitats

La similitud de especies de anfibios y reptiles en los hábitats evaluados según el índice de Morisita, que expresa cuan semejantes son dos muestras en base a la abundancia proporcional de cada especie en dichas muestras, indica que los hábitats roquedal y pajonal presentan una alta similaridad (100 %) debido a que ambas comparten únicamente a la especie *Liolaemus* complejo *annectens* en abundancias similares. Por el contrario, los hábitats bofedal y quebrada presentan una baja similaridad (22,2 %) debido a que solo comparten al anfibio *Gastrotheca marsupiata* en abundancias diferentes (Figura 7-154).

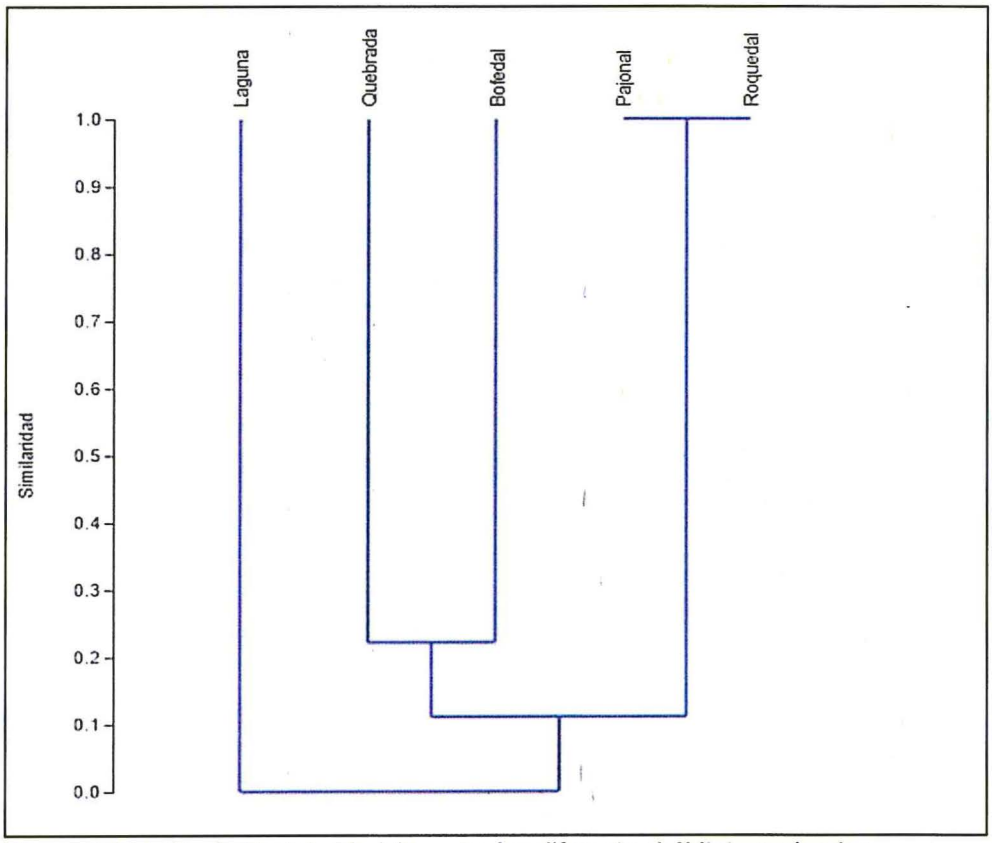


Figura 7-154. Similaridad de Morisita entre los diferentes hábitats evaluados

7.4.1.10 Descripción de la herpetofauna por ecosistemas frágiles

En esta sección se detallan los resultados de la riqueza y abundancia de las especies de anfibios y reptiles registrados en las diferentes zonas de ecosistemas frágiles evaluados (EF).

La riqueza de especies fue mayor en las zonas EF10 y EF7 presentando ambas 3 especies de anfibios y reptiles, siendo *Liolaemus* complejo *annectens* la especie más abundante. Por el contrario, las zonas EF1 y EF13 presentaron la menor riqueza de especies en el área de estudio, debido a que no se registró ninguna especie de anfibio o reptil durante las evaluaciones. Respecto a la abundancia, las zonas EF10 y EF4 presentaron la mayor abundancia de individuos de anfibios y reptiles (15 y 11 respectivamente).

En la Tabla 7-42 y Figura 7-155 se detallan los valores de riqueza y abundancia registrados para los anfibios y reptiles por zona de ecosistema frágil evaluado.

Tabla 7-43. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por cada zona de ecosistema frágil en el área de evaluación

Especies	Ecosistemas frágiles											
	EF1	EF2	EF3	EF4	EF5	EF6	EF7	EF8	EF9	EF10	EF12	EF13
Pleurodema marmoratum	0	0	0	2	2	0	0	0	0	4	0	0
Gastrotheca marsupiata	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
Rhinella spinulosa	0	0	0	0	0	0	1	0	0	7	0	0
Telmatobius cf. *jelskii*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
Liolaemus complejo *annectens*	0	1	1	9	1	3	2	2	2	0	2	0
Tachymenis peruviana	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Total	0	1	2	11	3	3	8	3	2	15	2	0

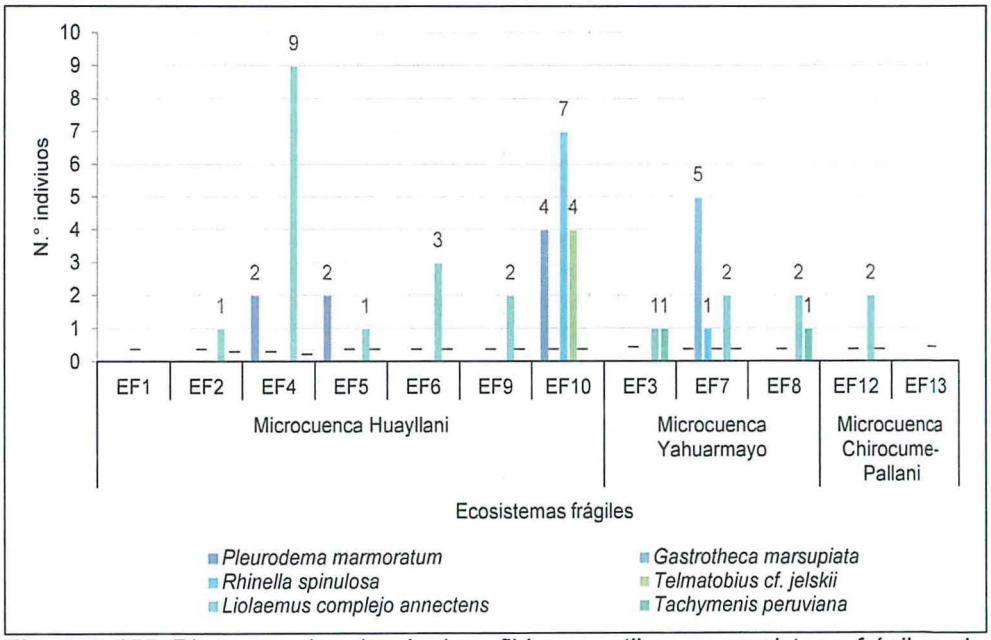


Figura 7-155. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por ecosistema frágil en el proyecto minero Utunsa

Los renacuajos estuvieron distribuidos en las diferentes zonas de ecosistemas frágiles evaluados, siendo las zonas EF3, EF7, EF10 y EF13 donde se presentaron los mayores valores de riqueza y abundancia de renacuajos en sus diferentes

estadios, resaltando la abundancia de la especie *Pleurodema marmoratum* (283 individuos) (Tabla 7-44 y Figura 7-156).

Tabla 7-44. Abundancia renacuajos por zona de ecosistema frágil evaluado

Renacuajos	EF1	EF2	EF3	EF4	EF5	EF6	EF7	EF8	EF9	EF10	EF12	EF13
Renacuajos *T.* cf. *jelskii*	0	0	0	10	0	8	0	5	0	51	0	21
Renacuajos *P. marmoratum*	35	0	87	0	25	0	36	0	22	43	0	35
Renacuajos *G. marsupiata*	0	0	25	0	0	0	15	0	0	0	0	0

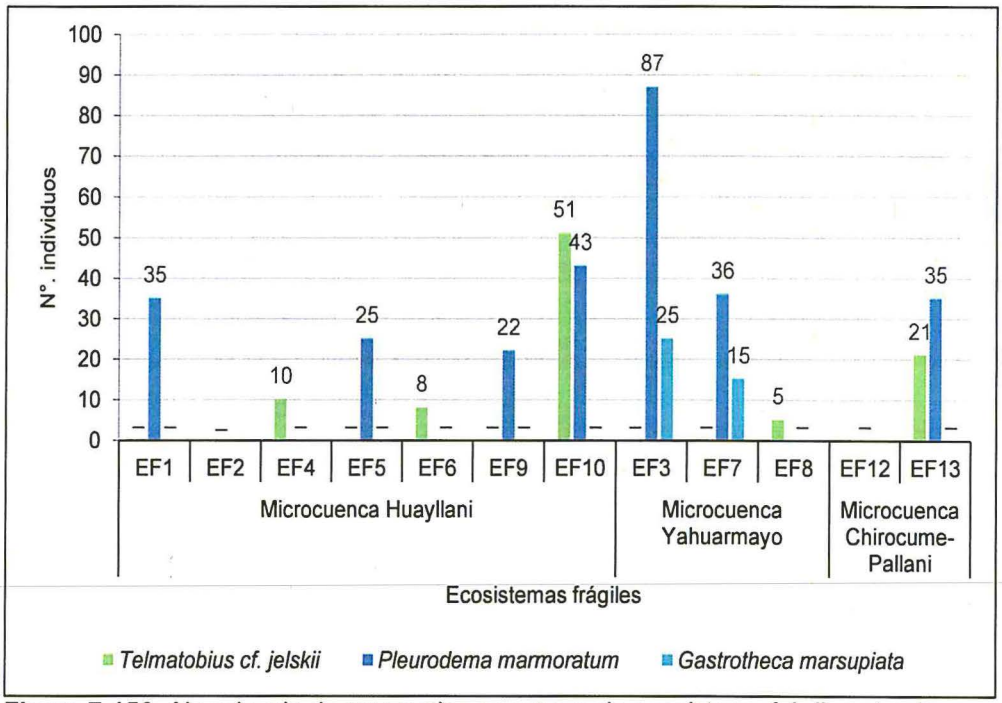


Figura 7-156. Abundancia de renacuajos por zonas de ecosistema frágil evaluado

A continuación, se presentan de forma detallada las riquezas y abundancias de las especies de anfibios y reptiles registrados en cada ecosistema frágil. Cabe señalar que la abundancia de los renacuajos fue analizada de forma separada por cada zona de ecosistema frágil.

7.4.1.11 Microcuencas

Las evaluaciones se desarrollaron a lo largo de las microcuencas presentes en el ámbito del proyecto minero Utunsa, las cuales presentaron diferentes ecosistemas frágiles que podrían verse afectadas directamente por los trabajos a realizarse a futuro.

A continuación, se describen las zonas de ecosistemas frágiles (EF) evaluados en cada microcuenca.

a. Microcuenca Huayllani

EF1

Este ecosistema está representado por un bofedal de gran tamaño en la parte alta de la quebrada Huayllani, perteneciente a la microcuenca Huayllani. Los hábitats que conforman esta zona de ecosistema frágil son bofedal, roquedal y quebrada. Se realizaron 3 evaluaciones VES y 2 transectos, registrándose renacuajos de la especie *Pleurodema marmoratum* (35 individuos) en las pozas de agua formadas en las inmediaciones del bofedal.

EF2

Este ecosistema está representado por un bofedal de tamaño mediano cuyas aguas discurren a la quebrada Huayllani ubicado en la microcuenca Huayllani. Los hábitats que conforman esta zona de ecosistema frágil son bofedal y roquedal. Se realizaron 2 evaluaciones VES y 1 transecto, registrándose la presencia de un individuo de la especie *Liolaemus* complejo *annectens* en las inmediaciones del hábitat roquedal. No se registraron renacuajos en esta zona de ecosistema frágil.

EF4

Este ecosistema está representado por un bofedal de tamaño mediano cuyas aguas discurren a la quebrada Huayllani ubicado en la microcuenca Huayllani. Los hábitats que conforman esta zona de ecosistema frágil son bofedal, roquedal y Pajonal. Se realizaron 5 evaluaciones VES y 2 transectos, registrándose a las especies *Pleurodema marmoratum* y *Liolaemus* complejo *annectens*, siendo esta última la que presentó mayores valores de abundancia (9 individuos) en el hábitat roquedal.

Respecto a los renacuajos, se registraron representantes de la especie *Telmatobius* cf. *jelskii* (10 individuos) en las pozas de agua formadas en las inmediaciones del bofedal.

EF5

Este ecosistema está representado por un bofedal en la parte baja de la quebrada Huayllani perteneciente a la microcuenca Huayllani. Los hábitats que conforman esta zona de ecosistema frágil son bofedal, pajonal y quebrada. Se realizaron 3 evaluaciones VES y 1 transecto, registrándose a las especies *Pleurodema marmoratum* y *Liolaemus* complejo *annectens*, en el hábitat bofedal y pajonal respectivamente.

Respecto a los renacuajos, se registraron representantes de la especie *Pleurodema marmoratum* (25 individuos) en las pozas de agua formadas en las inmediaciones del bofedal.

EF6

Este ecosistema está representado por un bofedal de tamaño mediano cuyas aguas discurren a la quebrada Huayllani ubicado en la microcuenca Huayllani.

Los hábitats que conforman esta zona de ecosistema frágil son bofedal, roquedal y pajonal. Se realizaron 4 evaluaciones VES y 1 transecto, registrándose 3 individuos de la especie *Liolaemus* complejo *annectens* en el hábitat roquedal.

Respecto a los renacuajos, se registraron representantes de la especie *Telmatobius* cf. *jelskii* (8 individuos) en las pozas de agua formadas en las inmediaciones del bofedal.

EF9

Este ecosistema está representado por un bofedal de tamaño mediano cuyas aguas discurren a la quebrada Huayllani ubicado en la microcuenca Huayllani. Los hábitats que conforman esta zona de ecosistema frágil son bofedal y roquedal. Se realizaron 2 evaluaciones VES y 1 transecto, registrándose la presencia de 2 individuos de la especie *Liolaemus* complejo *annectens* en las inmediaciones del hábitat roquedal.

Respecto a los renacuajos, se registraron representantes de la especie *Pleurodema marmoratum* (22 individuos) en las pozas de agua formadas en las inmediaciones del bofedal.

EF10

Este ecosistema se encuentra ubicado en la parte media del bofedal formado en las inmediaciones de la quebrada Huayllani, perteneciente a la microcuenca Huayllani. Los hábitats que conforman esta zona de ecosistema frágil son bofedal y quebrada. Se realizaron 3 evaluaciones VES y 2 transectos, registrándose a los anfibios *Pleurodema marmoratum*, *Rhinella spinulosa* y *Telmatobius* cf. *jelskii* en el hábitat bofedal, siendo *Pleurodema marmoratum* la más abundante con 7 individuos.

Respecto a los renacuajos, se registraron representantes de las especies *Telmatobius* cf. *jelskii* y *Pleurodema marmoratum* (51 y 43 individuos respectivamente) en las pozas de agua formadas en las inmediaciones del bofedal y riachuelos de las quebradas.

b. Microcuenca Chicorume-Pallani

EF12

Este ecosistema está representado por la laguna Angascocha, pertenecientes a la microcuenca Chicorume–Pallani. Los hábitats que conforman esta zona de ecosistema frágil son laguna, bofedal y pajonal. Se realizaron 5 evaluaciones VES y 2 transectos, registrándose la presencia de 2 individuos de la especie *Liolaemus* complejo *annectens* en las inmediaciones del hábitat pajonal. No se registraron renacuajos en esta zona de ecosistema frágil.

EF13

Este ecosistema está representado por el bofedal formado en las inmediaciones de la quebrada Collpa, pertenecientes a la microcuenca Chicorume–Pallani. El hábitat evaluado fue bofedal, realizándose 2 transectos. Se registraron

únicamente renacuajos de las especies *Telmatobius* cf. *jelskii* y *Pleurodema marmoratum* (21 y 35 individuos respectivamente) en las pozas de agua formadas en las inmediaciones del bofedal.

c. Microcuenca Yahuarmayo

EF3

Este ecosistema está representado por un bofedal de gran tamaño, formado por las aguas de la laguna pistoro y la quebrada Yahuarmayo, pertenecientes a la microcuenca Yahuarmayo. Los hábitats que conforman estazona de ecosistema frágil son bofedal y roquedal. Se realizaron 6 evaluaciones VES y 2 transectos, registrándose a las dos especies de reptiles *Liolaemus* complejo *annectens* y *Tachymenis peruviana* (1 individuo de cada especie) en el hábitat bofedal.

Respecto a los renacuajos, se registraron representantes de las especies *Pleurodema marmoratum* y *Gastrotheca marsupiata* (87 y 25 individuos respectivamente) en las pozas de agua formadas en las inmediaciones del bofedal.

EF7

Este ecosistema se encuentra ubicado en la parte baja del bofedal formado por las aguas de la laguna Pistoro y la quebrada Yahuarmayo, pertenecientes a la microcuenca Yahuarmayo. Los hábitats que conforman esta zona de ecosistema frágil son bofedal, pajonal y quebrada. Se realizaron 7 evaluaciones VES y 3 transectos, registrándose a los anfibios *Gastrotheca marsupiata y Rhinella spinulosa* en los hábitats bofedal y quebrada respectivamente; asimismo se registró la presencia de la lagartija *Liolaemus* complejo *annectens* en los hábitats bofedal y roquedal.

Respecto a los renacuajos, se registraron representantes de las especies *Pleurodema marmoratum* y *Gastrotheca marsupiata (*36 y 15 individuos respectivamente) en las pozas de agua formadas en las inmediaciones del bofedal.

EF8

Este ecosistema está representado por la laguna Pistoro y los bofedales adyacentes, pertenecientes a la microcuenca Yahuarmayo. Los hábitats que conforman esta zona de ecosistema frágil son laguna, quebrada y bofedal. Se realizaron 3 evaluaciones VES y 2 transectos, registrándose a los reptiles *Liolaemus complejo annectens* y *Tachymenis peruviana* ambas en el hábitat bofedal.

Respecto a los renacuajos, se registraron representantes de la especie *Telmatobius* cf. *jelskii* (5 individuos) en las pozas de agua formadas en las inmediaciones del bofedal.

7.4.1.12 Diversidad por zonas de ecosistemas frágiles

Las zonas de ecosistemas frágiles que presentaron mayores índices de diversidad de anfibios fueron EF10 (H'=1,53 bits/ind) y EF7 (H'=0,65 bits/ind), debido a la

presencia de 3 y 2 especies respectivamente. Los índices de diversidad no pudieron ser realizados en las zonas EF1, EF2, EF3, EF4, EF5, EF6, EF8, EF9, EF12 y EF13 debido a la presencia de una sola especie de anfibio o ninguna. El índice de diversidad de Simpson (1-D) muestra que en la zona EF10 se presentó una equidad en la composición de los anfibios registrados (1-D=0,686), mientras que en la zona EF7 se presentó una dominancia de la especie *Gastrotheca marsupiata* (1-D=0,333) (Tabla 7-45).

Tabla 7-45. Abundancia, riqueza e índices de diversidad de los anfibios registrados por zonas de ecosistemas frágiles

Índices de diversidad	EF1	EF2	EF3	EF4	EF5	EF6	EF7	EF8	EF9	EF10	EF12	EF13
Riqueza e especies	0	0	0	1	1	0	2	0	0	3	0	0
N° de Individuos	0	0	0	2	2	0	6	0	0	15	0	0
Indices de Shannon-Winner (H')	0	0	0	0	0	0	0,650	0	0	1,530	0	0
Índice de Simpson (1-D)	-	-	-	0	0	-	0,333	-	-	0,686	-	-

En el caso de los reptiles, las zonas de ecosistemas frágiles que presentaron mayores índices de diversidad fueron EF3 (H'=1 bits/ind) y EF8 (H'=0,918 bits/ind), debido a la presencia de las 2 únicas especies en sus inmediaciones (*Liolaemus* complejo *annectens* y *Tachymenis peruviana*). Por el contrario, los índices de diversidad no pudieron ser realizados en el resto de zonas debido a la presencia de una sola especie de reptil o ninguna. El índice de diversidad de Simpson (1-D) muestra que las especies de reptiles presentaron equidad en la composición de sus especies en la zona EF3 (1-D=1), mientras que en la zona EF8 se presentó una ligera dominancia de la especie *Liolaemus* complejo *annectens* (1-D=0,667) (Tabla 7-46).

Tabla 7-46. Abundancia, riqueza e índices de diversidad de los reptiles registrados por zonas de ecosistemas frágiles

Índices de diversidad	EF1	EF2	EF3	EF4	EF5	EF6	EF7	EF8	EF9	EF10	EF12	EF13
Riqueza e especies	0	1	2	1	1	1	1	2	1	0	1	0
N° de Individuos	0	1	2	9	1	3	2	3	2	0	2	0
Indices de Shannon-Winner (H')	0	0	1	0	0	0	0	0,918	0	0	0	0
Índice de Simpson (1-D)	-	-	1	0	-	0	0	0,667	0	-	0	-

7.4.1.13 Similaridad entre zonas de ecosistemas frágiles

El análisis de similaridad de Morisita, para las especies de anfibios y reptiles evaluados, indica que las zonas de ecosistemas frágiles EF9, EF2, EF6 y EF12 presentaron una alta similaridad (100%) debido a la presencia de la lagartija *Liolaemus* complejo *annectens* en abundancias similares. Del mismo modo, las zonas EF3 y EF8 presentaron valores de abundancias similares (94,7%) en los reptiles *Liolaemus* complejo *annectens* y *Tachymenis peruviana*. Las zonas EF13 y EF1 no presentaron especies de anfibios o reptiles, por lo que no fueron agrupados dentro del dendrograma (Figura 7-157).

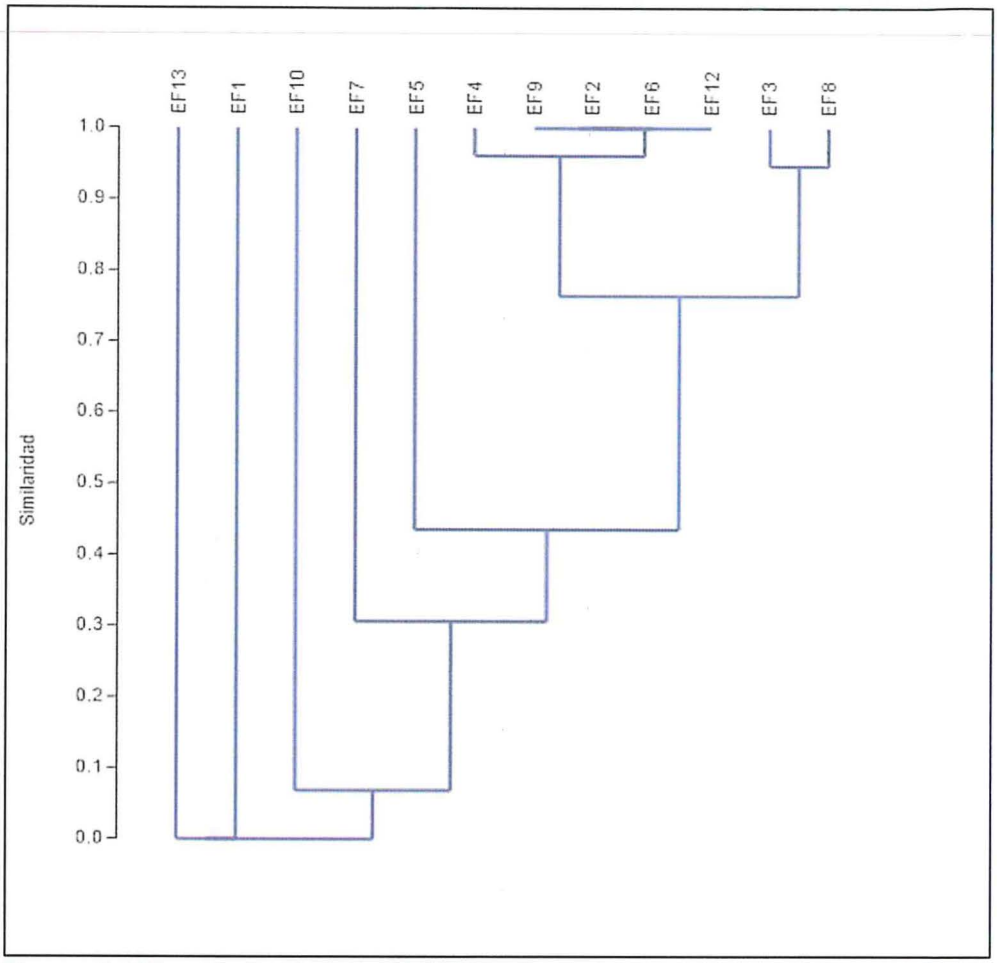


Figura 7-157. Similaridad de Morisita entre las zonas de ecosistemas frágiles evaluados

7.4.1.14 Especies incluidas en categorías de conservación y/o endémicas registradas en el área de estudio

Los resultados muestran que los 4 anfibios registrados durante las evaluaciones, se encuentran en alguna categoría de conservación por parte de la *International Union for the Conservation of Nature* (IUCN, 2018), siendo *Telmatobius* cf. *jelskii* la única con una categoría de amenaza mayor (Casi Amenazada, NT), mientras que el resto de especies registradas se encuentra en la categoría de Preocupación menor (LC). Respecto a las categorías de conservación por el Estado Peruano (D.S. N.° 004-2014- MINAGRI), *Telmatobius* cf. *jelskii* es la única especie categorizada como Vulnerable (VU). La mayoría de las especies registradas presentan una distribución geográfica amplia que abarca zonas andinas de Perú, Argentina, Bolivia y Chile; siendo las especies *Liolaemus* complejo *annectens* y *Telmatobius* cf. *jelskii*, las únicas endémicas del Perú. Ninguna de las especies registradas se encontró bajo alguna categoría por la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES, 2017). Los detalles se muestran en la Tabla 7-47.

Tabla 7-47. Lista de especies de anfibios y reptiles incluidos en categorías de conservación o endémicos registradas en el área de evaluación

Familia	Especie	Nombre común	CITES	UICN	D.S. 004-2014-MINAGRI	ESPECIES ENDEMICAS
Leptodactylidae	*Pleurodema marmoratum*	Rana marmoleada de cuatro ojos.	-	LC	-	-
Hemiphractidae	*Gastrotheca marsupiata*	Rana marsupial	-	LC	-	-
Bufonidae	*Rhinella spinulosa*	Sapo verrugoso	-	LC	-	-
Telmatobiidae	*Telmatobius* cf. *jelskii*	Rana acuática de Acancocha	-	NT	VU	Perú
Liolaemidae	*Liolaemus* complejo *annectens*	Lagartija	-	-	-	Perú
Dipsadidae	*Tachymenis peruviana*	Culebra cola corta del Perú	-	LC	-	-

NT: Casi Amenazado; LC: Preocupación Menor; VU: Vulnerable

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

7.4.1.15 Usos actuales y potenciales de los anfibios y reptiles

La rana acuática *Telmatobius* cf. *jelskii* es consumida por los pobladores de la zona. Debido a su tamaño y abundancia, ha sido tradicionalmente fuente de alimento para las personas que viven en los alrededores; sin embargo, en los últimos años las poblaciones de ranas se han reducido drásticamente, haciendo más difícil su búsqueda y captura.

7.4.2 Aves

7.4.2.1 Composición ornitológica

Se registró 41 especies pertenecientes a 21 familias y 13 órdenes. Del total, 31 especies correspondieron a especies de ambientes terrestres y 10 especies a ambientes acuáticos.

Los órdenes que poseen mayor número de especies fueron los Passeriformes (aves cantoras) con 22 especies (53,65 % del total de especies) incluidas en 8 familias, seguido de los Anseriformes (anatidos) con 4 especies en una sola familia. Los 11 órdenes restantes presentan entre 1 y 2 especies (Tabla 7-48). El detalle de cada una de las especies se presenta, así como la Riqueza y abundancia de especies por hábitat se presentan en el Anexo 8. Riqueza de especies por zona de ecosistema frágil, obtenida por la evaluación cuantitativa.

Tabla 7-48. Orden, familia y número de especies de aves registradas en el área de estudio

Orden	Familia	N°. especies
Tinamiformes	Tinamidae	2
Anseriformes	Anatidae	4
Columbiformes	Columbidae	1
Apodiformes	Trochilidae	2
Gruiformes	Rallidae	1
Charadriiformes	Laridae	1

Orden	Familia	N°. especies
	Scolopacidae	1
Pelecaniformes	Threskiornithidae	1
Cathartiformes	Cathartidae	1
Accipitriformes	Accipitridae	1
Strigiformes	Strigidae	1
Piciformes	Picidae	1
Falconiformes	Falconidae	2
Passeriformes	Furnariidae	5
	Tyrannidae	6
	Hirundinidae	1
	Troglodytidae	1
	Motacillidae	1
	Thraupidae	6
	Fringillidae	1
	Emberizidae	1
13	21	41

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

Las familias con mayor número de especies fueron Thraupidae (tangaras y semilleros) y Tyrannidae (insectívoros) con seis especies cada una, Furnaridae (canasteros y bandurita) con 5 especies y Anatidae (patos) 4 especies, respectivamente (Figura 7-158). Las demás familias presentan entre 2 y 1 especie. Los géneros con mayor número de especies fueron *Phrygilus* con 3 especies (ver Anexo 8. Riqueza de especies y abundancia).

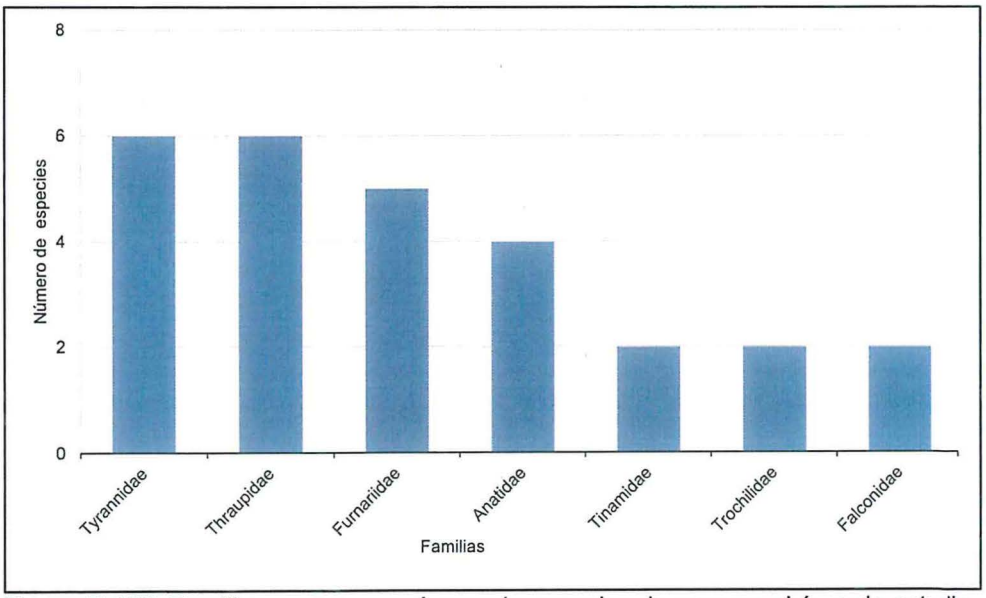


Figura 7-158. Familias con mayor número de especies de aves en el área de estudio

7.4.2.2 Descripción de la avifauna por hábitats

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

a. Riqueza de especies y abundancia por hábitat

Se evaluaron los cuatro hábitats identificados (laguna, bofedal, pajonal y roquedal), donde se registraron mediante los conteos totales y transectos lineales 41 especies con 571 individuos. En la Tabla 7-48 se presenta un resumen de los cuatro hábitats con su riqueza de especies y abundancia registrada mediante los conteos totales y transectos lineales. A continuación, se detalla información de los hábitats evaluados.

La riqueza de especies en los hábitats varió entre 13 y 25 especies, y la abundancia entre 41 y 233 individuos. Los hábitats que obtuvieron la mayor riqueza fueron el roquedal (25 especies), seguido del bofedal (24 especies) y pajonal (21 especies). La menor riqueza se registró en Laguna (13 especies). Por otro lado, los hábitats con mayor abundancia fueron el bofedal (233 individuos) y roquedal (150 individuos) (Tabla 7-49).

Tabla 7-49. Resumen de la riqueza y abundancia por hábitat

Hábitats	Esfuerzo de muestreo	Nº Familias	Nº Especies	Abundancia
Laguna (La)	2 CT	7	13	41
Bofedal (Bo)	17 TL	11	24	233
Pajonal (Pa)	11 TL	10	21	147
Roquedal (Ro)	10 TL	15	25	150
4 Hábitats	38 TL, 2 CT,	21	41	571

TL: transectos lineales, CT: Conteos Totales.

En la abundancia total destacaron 5 especies con mayor abundancia que tuvieron más de 30 individuos registrados en el área de estudio (Figura 7-159). Las especies más abundantes fueron especies de ambientes terrestres comunes de los ecosistemas altoandinos encontradas en los hábitats pajonal, bofedal y roquedal.

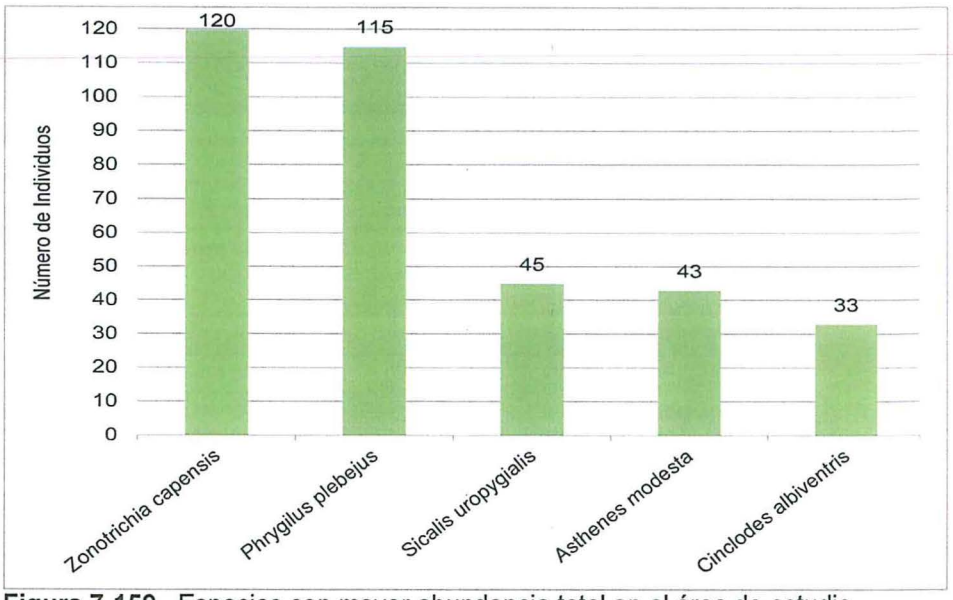


Figura 7-159. Especies con mayor abundancia total en el área de estudio

A continuación, se analizará primero la avifauna registrada en los ambientes acuáticos (lagunas y bofedales) y luego la avifauna registrada en los ambientes terrestres (Pajonal y Roquedal). La abundancia es la registrada mediante los métodos cuantitativos (transectos lineales y conteos totales) que se utilizó para los cálculos de los índices de diversidad alfa y beta y en el Anexo 8 se presenta la riqueza de especies y abundancia en cada hábitat.

- **Lagunas**

Se evaluaron 2 lagunas mediante conteos totales. Estas se ubicaron en las zonas de ecosistemas frágiles EF12 (microcuenca Chicorume-Pallani) y EF8 (microcuenca Yahuarmayo). En este hábitat se registraron 13 especies de aves y 41 individuos. Del total, 6 especies son acuáticas reportadas en el cuerpo de agua y en la orilla de las Lagunas, y 7 de ambientes terrestres observadas en el borde de las lagunas y en la vegetación aledaña. La laguna Pistoro (AV28) registró la mayor riqueza de especies y abundancia, y la menor riqueza de especies y abundancia se registró en la laguna Angascocha (AV24) (Tabla 7-50).

Las especies más abundante fueron 2 especies de ambientes terrestres *Phrygilus plebejus* (10 individuos) y *Zonotrichia capensis* (8 individuos).

Entre los registros destacaron 2 especies acuáticas consideradas como Casi Amenazada (NT): la Gallareta Gigante (*Fulica gigantea*) según legislación nacional, y la Bandurria Andina (*Theristicus branickii*) según IUCN. Asimismo, las 4 de las especies de la familia Anatidae están listadas en el Apéndice II de CMS.

Tabla 7-50. Riqueza de especies y abundancia registrada en las lagunas

Especie	Chicorume-Pallani	Yahuarmayo	Total
	EF12	EF8	
	AV24	AV28	
Anas flavirostris	---	2	2
Lophonetta specularioides	---	2	2
Oressochen melanopterus	---	2	2
Oxyura jamaicensis	---	1	1
Fulica gigantea	---	1	1
Theristicus branickii	---	4	4
Asthenes modesta	---	1	1
Cinclodes albiventris	2	1	3
Troglodytes aedon	2	2	4
Phrygilus plebejus	1	9	10
Phrygilus unicolor	---	1	1
Sicalis uropygialis	2	---	2
Zonotrichia capensis	---	8	8
Riqueza de Especies	4	12	13
Abundancia	7	34	41

1. Color azul: aves acuáticas según Wetlands International, EF: Ecosistema frágil,
2. AV: punto de evaluación.

- **Bofedal**

Se evaluaron los bofedales mediante 17 transectos lineales. Este hábitat se evaluó en tres microcuencas, en la microcuenca Huayllani en las zonas de ecosistemas frágiles identificados (EF1, EF2, EF10, EF9, EF5, EF4, EF6), en la microcuenca Chicorume-Pallani (EF12, EF13) y en la microcuenca Yahuarmayo (EF3, EF7).

En el bofedal mediante los transectos lineales se registraron 24 especies de aves y 233 individuos. La mayoría de las especies registradas son terrestres reportadas en el bofedal. El bofedal EF3 de la microcuenca Yahuarmayo registró la mayor riqueza de especies y abundancia, mientras la menor riqueza de especies y abundancia se registró en el bofedal EF9 de la microcuenca Huayllani (Tabla 7-50).

Entre las especies registradas se observaron 5 especies acuáticas típicas de bofedal, *Gallinago andina*, *Anas flavirostris*, *Lophonetta specularioides*, *Oressochen melanopterus*, *Chroicocephalus serranus*; pero la mayoría de especies registradas fueron especies típicas de pajonal.

Las especies más abundante fueron *Zonotrichia capensis* (48 individuos), *Phrygilus plebejus* (35 individuos), *Sicalis uropygialis* (30 individuos) y *Cinclodes albiventris* (21 individuos).

Destacó la presencia de 3 especies de la familia Anatidae que están incluidos en el Apéndice II de CMS y 6 especies restringidas al Bioma Andes Centrales.

Tabla 7-51. Riqueza de especies y abundancia registrada en los bofedales

Especie	Huayllani							Chicorume-Pallani		Yahuarmayo		Total
	EF1	EF2	EF10	EF9	EF5	EF4	EF6	EF12	EF13	EF3	EF7	
Anas flavirostris	---	---	---	---	---	6	10	---	---	1	---	17
Lophonetta specularioides	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	5	7
Oressochen melanopterus	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	---	2
Gallinago andina	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	2	4
Chroicocephalus serranus	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	1
Colaptes rupicola	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1
Asthenes modesta	3	---	3	1	2	---	---	---	---	3	---	12
Cinclodes albiventris	2	---	3	---	1	---	1	5	6	3	---	21
Geositta cunicularia	1	---	---	---	---	4	---	---	---	---	---	5
Geositta tenuirostris	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	1
Agriornis montanus	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1
Lessonia oreas	---	---	---	---	---	2	---	---	---	---	---	2
Muscisaxicola rufivertex	---	---	---	---	---	1	---	---	---	5	---	6
Ochthoeca oenanthoides	---	1	---	---	---	---	---	1	---	2	---	4
Orochelidon andecola	4	---	---	---	---	---	---	---	---	10	---	14
Troglodytes aedon	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1
Anthus furcatus	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	1
Catamenia inornata	---	---	---	---	---	---	---	2	---	5	---	7
Diuca speculifera	1	1	2	---	1	---	---	---	4	1	---	10
Phrygilus plebejus	5	2	5	---	---	---	---	1	4	5	13	35
Phrygilus punensis	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	---	2
Phrygilus unicolor	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	1
Sicalis uropygialis	13	7	3	---	6	---	---	---	---	1	---	30
Zonotrichia capensis	5	4	4	1	3	---	4	2	---	17	8	48
Riqueza de Especies	11	5	6	2	6	5	3	5	3	17	4	24
Abundancia	37	15	20	2	14	14	15	11	14	63	28	233

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

- **Pajonal**

Se evaluaron 8 pajonales mediante 11 transectos lineales. Estos se ubicaron en las zonas de ecosistemas frágiles EF10, EF9, EF5, EF4, EF6 en la microcuenca Huayllani, en el EF 12 en la microcuenca Chicorume-Pallani y el EF3 y EF 7 en la microcuenca Yahuarmayo.

En este hábitat se registraron 21 especies de aves y 147 individuos. Todas las especies son especies terrestres. El pajonal EF3 de la microcuenca Yahuarmayo registró la mayor riqueza de especies y abundancia, mientras que

el pajonal EF12 de la microcuenca Chicorume-Pallani registró la menor riqueza de especies y abundancia (Tabla 7-51).

Entre las especies registradas se observaron a especies terrestres típicas de pajonal como especies de las familias Tinamidae, Picidae, Furnariidae, Tyrannidae y Thraupidae; y otras especies asociadas a zonas intervenidas como *Zonotrichia capensis*.

Las especies más abundantes fueron *Phrygilus plebejus* (47 individuos), *Zonotrichia capensis* (36 individuos), *Asthenes modesta* (18 individuos) y *Oreotrochilus estella* (6 individuos).

Entre los registros destacó la presencia de especies, pertenecientes a la familia Trochilidae (dos picaflores) y 2 de la familia Falconidae (Cernícalo y Caracara) que se encuentran listadas en el Apéndice II de CITES.

Tabla 7-52. Riqueza de especies y abundancia registrada en los pajonales

Especie	Huayllani					Chicorume-Pallani	Yahuarmayo		Total
	EF10	EF9	EF5	EF4	EF6	EF12	EF3	EF7	
Nothoprocta ornata	---	---	---	1	3	---	---	---	4
Oreotrochilus estella	---	---	---	---	---	---	6	---	6
Patagona gigas	---	---	---	---	---	1	1	---	2
Colaptes rupicola	---	1	---	---	---	---	1	---	2
Falco sparverius	---	1	---	---	---	---	---	---	1
Phalcoboenus megalopterus	---	---	---	2	---	---	---	---	2
Asthenes modesta	---	3	2	---	4	2	2	5	18
Cinclodes albiventris	---	3	---	---	1	---	1	---	5
Geositta cunicularia	---	---	---	---	2	---	1	---	3
Upucerthia validirostris	---	---	---	---	---	---	1	---	1
Agriornis montanus	---	---	---	---	---	---	1	---	1
Muscisaxicola juninensis	1	---	---	---	---	---	---	---	1
Muscisaxicola rufivertex	2	---	---	---	---	---	---	---	2
Ochthoeca oenanthoides	---	---	---	---	---	---	1	---	1
Troglodytes aedon	2	---	---	---	---	---	1	---	3
Anthus furcatus	---	---	---	---	---	---	---	3	3
Catamenia inornata	---	---	---	---	---	---	2	---	2
Phrygilus plebejus	1	------	1	2	4	1	37	1	47
Phrygilus punensis	---	---	---	---	---	---	4	---	4
Sicalis uropygialis	---	---	---	---	---	---	3	---	3
Zonotrichia capensis	1	1	3	---	2	---	26	3	36
Riqueza de Especies	5	5	3	3	6	3	12	4	21
Abundancia	7	9	6	5	16	4	88	12	147

EF: Ecosistema frágil

- **Roquedal**

Se evaluaron 9 zonas mediante 10 transectos lineales. Estas se ubicaron en las zonas de ecosistemas frágiles EF1, EF2, EF10, EF9, EF5, EF4, EF6 en la microcuenca Huayllani, en el EF 12 en la microcuenca Chicorume-Pallani y el EF 7 en la microcuenca Yahuarmayo.

En este hábitat se registraron 25 especies de aves y 150 individuos. Todas las especies registradas fueron terrestres. Las zonas EF1 (microcuenca Huayllani) registró la mayor riqueza de especies y abundancia, seguida de la zona EF7 (microcuenca Yahuarmayo), y la menor riqueza de especies y abundancia se registró en EF10 (microcuenca Huayllani) (Tabla 7-53).

Entre las especies registradas se observaron a especies terrestres típicas de zonas asociadas con matorral o presencia de estrato arbustivo como especies de las familias Trochilidae; especies asociadas a pajonal y áreas rocosas de las familias Tinamidae, Picidae, Furnariidae, Tyrannidae y Thraupidae; y otras especies asociadas a zonas intervenidas como *Zonotrichia capensis*.

Las especies más abundante fueron *Zonotrichia capensis* (28 individuos), *Phrygilus plebejus* (23 individuos), *Metriopelia melanoptera* (15 individuos), *Asthenes modesta* (12 individuos) y *Oreotrochilus estella* (11 individuos).

Entre los registros destacó 1 especie el Condor Andino (*Vultur gryphus*) categorizada como En Peligro (EN) según legislación nacional y como Casi Amenazada (NT) según la IUCN. Asimismo, las familias Trochilidae, Accipitridae, Strigidae y Falconidae, se encuentras listadas en el Apéndice II de CITES.

Tabla 7-53. Riqueza de especies y abundancia registrada en los roquedales

Especie	Huayllani							Chicorume-Pallani	Yahuar-mayo	Total
	EF1	EF2	EF10	EF9	EF5	EF4	EF6	EF12	EF7	
Tinamotis pentlandii	---	---	---	---	---	---	---	2	---	2
Metriopelia melanoptera	15	---	---	---	---	---	---	---	---	15
Oreotrochilus estella	1	---	---	---	---	---	---	---	10	11
Patagona gigas	---	---	---	---	---	---	---	2	1	3
Vultur gryphus	1	---	---	---	---	---	---	---	---	1
Geranoaetus polyosoma	---	---	---	---	1	---	---	2	2	5
Bubo virginianus	---	---	---	---	---	---	---	---	1	1
Colaptes rupicola	---	---	---	4	---	---	---	---	---	4
Phalcoboenus megalopterus	---	---	---	---	---	---	---	---	4	4
Asthenes modesta	2	---	---	1	1	2	6	---	---	12
Cinclodes albiventris	---	---	---	---	---	---	2	---	2	4
Geositta cunicularia	---	---	---	---	---	4	1	---	---	5
Agriornis montanus	1	---	---	---	---	---	---	---	---	1
Muscisaxicola juninensis	---	---	---	1	---	---	---	---	---	1
Muscisaxicola maculirostris	3	---	---	---	---	---	---	---	---	3
Orochelidon andecola	2	---	---	---	---	---	---	---	---	2
Troglodytes aedon	2	---	---	---	---	---	1	3	---	6
Catamenia inornata	---	---	---	---	---	---	---	1	---	1
Diuca speculifera	2	---	---	---	---	---	1	---	---	3
Phrygilus plebejus	9	2	1	---	---	---	2	1	8	23
Phrygilus punensis	---	---	---	---	---	---	---	---	1	1
Phrygilus unicolor	2	---	---	---	---	---	---	---	---	2
Sicalis uropygialis	1	---	---	---	---	---	6	3	---	10

Especie	Huayllani							Chicorume-Pallani	Yahuar-mayo	Total
	EF1	EF2	EF10	EF9	EF5	EF4	EF6	EF12	EF7	
Zonotrichia capensis	7	4	2	1	2	1	5	---	6	28
Spinus atratus	---	---	---	---	---	---	---	2	---	2
Riqueza de Especies	13	2	2	4	3	3	8	8	9	25
Abundancia	48	6	3	7	4	7	24	16	35	150

1. EF: Ecosistema frágil.

- **Diversidad por hábitats**

Los hábitats evaluados por transectos lineales con mayor riqueza de especies y abundancia, y los mayores valores de los índices de diversidad fueron el Roquedal y Bofedal (Tabla 7-54). En ambos casos los valores altos de diversidad corresponden con los valores altos de riqueza y abundancia, y además en el hábitat Bofedal corresponde con el mayor esfuerzo de muestreo. El hábitat Pajonal obtuvo los menores valores de los índices de diversidad (H: 2,19 nits/ind, 1-D: 0,82 nits/ind), debido a la abundancia de *Phrygilus plebejus* y *Zonotrichia capensis* que fue significativa, respecto a las demás especies registradas en este hábitat (Tabla. 7-54).

El hábitat laguna obtuvo un índice de diversidad de H: 2,26 nits/ind y 1-D: 0,87, los valores de los índices indican que no hay dominancia de abundancia de especies.

Tabla 7-54. Abundancia, riqueza e índices de diversidad por hábitat

Parámetro	Laguna	Bofedal	Pajonal	Roquedal
Abundancia (Total de individuos)	41	233	147	150
Riqueza (Número total de especies)	13	24	21	25
Índice de Shannon (H')	2,26	2,55	2,19	2,72
Índice de Simpson (1-D)	0,87	0,89	0,82	0,91
Esfuerzo de muestreo	2 CT	17 TL	11 TL	10 TL

- **Similitud por hábitat**

Según el índice cuantitativo de Morisita, se observa un solo agrupamiento con una similaridad superior al 80 %, el conformado por el hábitat laguna y pajonal. A este agrupamiento principal se unen el hábitat bofedal y el hábitat roquedal con una similaridad superior al 70% respectivamente (Tabla 7-55 y Figura 7-160). La disimilitud se observa al comparar el hábitat laguna con el hábitat roquedal. Este índice muestra que hay especies compartidas entre algunos hábitats y entre otros no, mostrando que las especies terrestres se comparten en los en los hábitats bofedal, pajonal, roquedal, y muestra la singularidad de las especies acuáticas encontradas en las lagunas.

Tabla 7-55. Valores del índice de similitud de morisita entre los hábitats en el área de estudio

	Laguna	Bofedal	Pajonal	Roquedal
Laguna	1	0,80	0,84	0,75
Bofedal	0,80	1	0,77	0,80
Pajonal	0,84	0,77	1	0,81
Roquedal	0,75	0,80	0,81	1

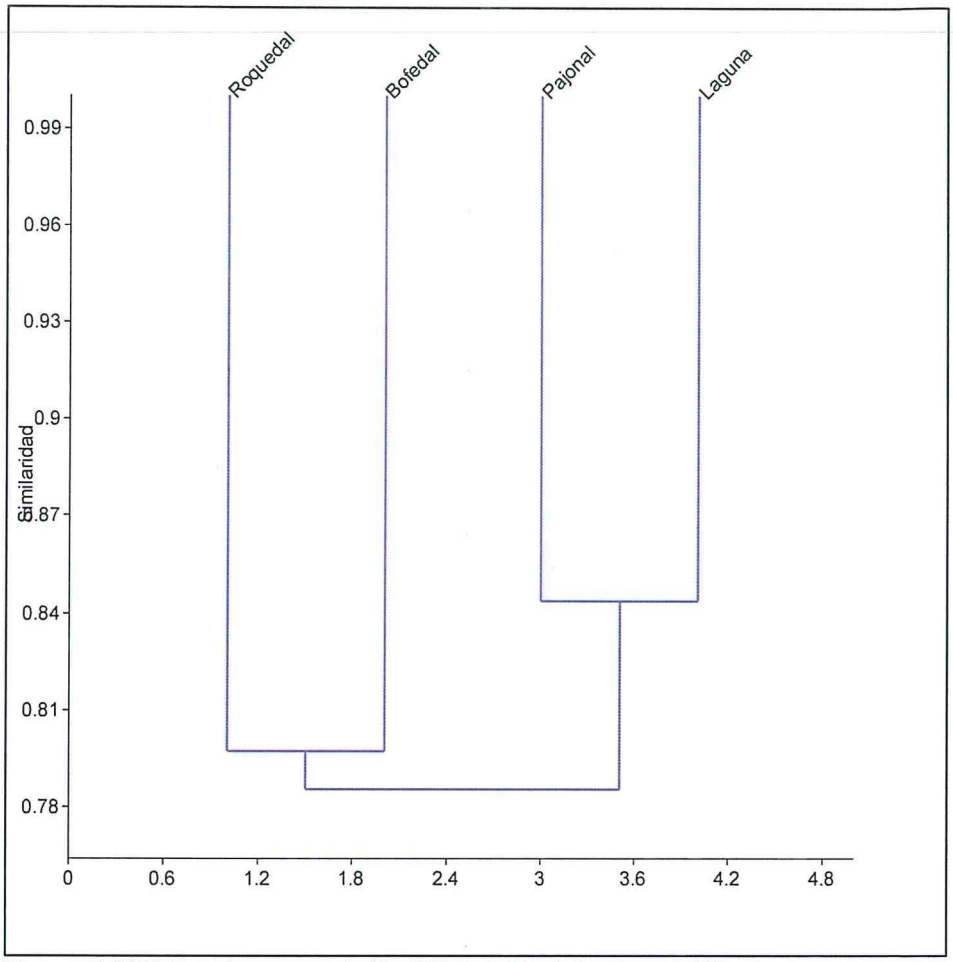


Figura 7-160. Dendrograma de Similitud de Morisita entre hábitats

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

La riqueza de especies por zona de ecosistema frágil varió entre 3 y 24 especies, y la abundancia entre 14 y 151 individuos. La zona EF3 (microcuenca Yahuarmayo) registró la mayor riqueza de especies y abundancia, y la zona EF13 (microcuenca Chicorume-Pallani) registró la menor riqueza de especies y abundancia. A continuación, se presentan los análisis por zonas de ecosistemas frágiles, se agruparán por proximidad correspondiente a las microcuencas Huayllani, Chicorume-Pallani y Yahuarmayo. En el Anexo 8, se presenta la riqueza de especies y abundancia por zona de ecosistema frágil.

- Microcuenca Huayllani

EF1

Esta zona está representada por los hábitats de roquedal y bofedal; con un esfuerzo de muestreo de cuatro transectos lineales. En esta zona se registraron 16 especies de aves y 85 individuos. La abundancia de las especies varió entre 1 y 15 individuos.

Las especies más abundante fueron *Metriopelia melanoptera* (15 individuos), *Phrygilus plebejus* (14 individuos), *Sicalis uropygialis* (14 individuos) y *Zonotrichia capensis* (12 individuos).

Durante los registros destacó 1una especie el Condor Andino (*Vultur gryphus*) categorizada como En Peligro (EN) según legislación nacional y como Casi Amenazada (NT) según la IUCN.

EF2

Esta zona está representada por los hábitats de roquedal y bofedal; con un esfuerzo de muestreo de 2 transectos lineales. En esta zona se registraron 5 especies de aves y 21 individuos. La abundancia de las especies varió entre 1 y 8 individuos, *Zonotrichia capensis* registró ocho individuos.

No se registraron especies categorizadas según legislación nacional o internacional.

EF10

Esta zona está representada por los hábitats de roquedal, bofedal y pajonal; con un esfuerzo de muestreo de 2 transectos lineales. En esta zona se registraron 9 especies de aves y 30 individuos. La abundancia de las especies varió entre 1 y 7 individuos. Las especies *Zonotrichia capensis* y *Phrygilus plebejus* registraron 7 individuos.

No se registraron especies categorizadas según legislación nacional o internacional.

EF9

Esta zona está representada por los hábitats de roquedal, bofedal y pajonal; con un esfuerzo de muestreo de 3 transectos lineales. En esta zona se registraron 6 especies de aves y 18 individuos. La abundancia de las especies varió entre 1 y 5 individuos. Las especies *Colaptes rupicola* y *Asthenes modesta* registraron 5 individuos.

Entre los registros destacó el Cernicalo Americano (*Falco sparverius*), de la familia Falconidae que se encuentra listada en el Apéndice II de CITES.

EF5

Esta zona está representada por los hábitats de bofedal, pajonal y roquedal; con un esfuerzo de muestreo de 4 transectos lineales. En esta zona se registraron 8 especies de aves y 24 individuos. La abundancia de las especies varió entre 1 y 8individuos. Las especies más abundantes fueron *Zonotrichia capensis* (8 individuos) y *Sicalis uropygialis* (6 individuos).

Entre los registros destacó el Aguilucho Variable (*Geranoaetus polyosoma*), de la familia Accipitridae que se encuentra listada en el Apéndice II de CITES.

EF4

Esta zona está representada por los hábitats de bofedal, pajonal y roquedal; con un esfuerzo de muestreo de 3 transectos lineales. En esta zona se

registraron 10 especies de aves y 26 individuos. La abundancia de las especies varió entre 1 y 8 individuos. Las especies más abundantes fueron *Geositta cunicularia* (8 individuos) y *Anas flavirostris* (6 individuos).

Entre los registros destacaron dos especies acuáticas el Pato Barcino (*Anas flavirostris*) y la Gaviota Andina (*Chroicocephalus serranus*), y el Negrito Andino (*Lessonia oreas*), dichas especies asociadas a cuerpos de agua y bofedales. Además, destacó el Caracara Cordillerano (*Phalcoboenus megalopterus*), de la familia Falconidae que se encuentra listada en el Apéndice II de CITES.

EF6

Esta zona está representada por los hábitats de bofedal, pajonal y roquedal; con un esfuerzo de muestreo de 3 transectos lineales. En esta zona se registraron 10 especies de aves y 55 individuos. La abundancia de las especies varió entre 1 y 11 individuos. Las especies más abundantes fueron *Zonotrichia capensis* (11 individuos), *Asthenes modesta* (10 individuos) y *Anas flavirostris* (10 individuos).

Entre los registros destacó, 1 especie acuática el Pato Barcino (*Anas flavirostris*), de la familia Anatidae listada en el Apéndice II de CMS.

- Microcuenca Chicorume-Pallani

EF12

Esta zona está representada por laguna (laguna Angascocha) evaluada mediante conteo total; bofedal, pajonal y roquedal evaluados mediante 3 transectos en total. En esta zona se registraron 12 especies de aves y 38 individuos. En la laguna Angascocha no se registraron especies acuáticas.

La abundancia de las especies varió entre 1 y 7 individuos. Las especies más abundantes fueron *Cinclodes albiventris* (7 individuos), *Troglodytes aedon* (5 individuos) y *Sicalis uropygialis* (5 individuos).

Entre los registros destacaron el Colibrí Gigante (*Patagona gigas*) de la Familia Trochilidae y el Aguilucho Variable (*Geranoaetus polyosoma*) de la familia Accipitridae, que están listadas en el Apéndice II de CITES.

EF13

Esta zona está representada por bofedal evaluado mediante 1 transecto lineal. En esta zona se registraron 3 especies de aves y 14 individuos. La especie más abundante fue *Cinclodes albiventris* (6 individuos). Esta zona registró la menor riqueza de especies y abundancia en el área de estudio.

No se registraron especies categorizadas según legislación nacional o internacional.

- Microcuenca Yahuarmayo

EF8

Esta zona está representada por laguna (laguna Pistoro) y fue evaluada mediante conteo total. En esta zona se registraron 12 especies de aves y 34 individuos. Del total de especies, 6 especies son de ambientes acuáticos y 6 de ambientes terrestres.

Las especies más abundante fueron *Phrygilus plebejus* (9 individuos) y *Zonotrichia capensis* (8 individuos).

Entre los registros destacaron 2 especies acuáticas consideradas como Casi Amenazada (NT): la Gallareta Gigante (*Fulica gigantea*) según legislación nacional, y la Bandurria Andina (*Theristicus branickii*) según la IUCN. Asimismo, cuatro de las especies de la familia Anatidae están listadas en el Apéndice II de CMS.

EF3

Esta zona está representada por hábitat bofedal y pajonal, evaluados mediante un total de 8 transectos lineales. En esta zona se registraron 24 especies de aves y 151 individuos. Del total de especies, 4 especies son de ambientes acuáticos y 20 especies de ambientes terrestres. Esta zona presentó la mayor riqueza de especies y la mayor abundancia en el área de estudio y el mayor esfuerzo de muestreo.

Las especies más abundante fueron *Zonotrichia capensis* (43 individuos), *Phrygilus plebejus* (42 individuos) y *Orochelidon andecola* (10 individuos).

Entre los registros destacaron 2 especies de picaflores de la familia Trochilidade listada en el Apéndice II de CITES y 3 especies de patos de la familia Anatidae listada en el Apéndice II de CMS. Asimismo, la Becasina de la Puna (*Gallinago andina*) especie acuática característica de bofedal, registrada en esta zona.

EF7

Esta zona está representada por hábitats de bofedal, pajonal y roquedal, evaluados mediante un total de 4 transectos lineales. En esta zona se registraron 13 especies de aves y 75 individuos. Del total de especies, 2 especies son de ambientes acuáticos y 11 especies de ambientes terrestres.

Las especies más abundante fueron *Phrygilus plebejus* (22 individuos), *Zonotrichia capensis* (17 individuos) y *Oreotrochilus estella* (10 individuos).

Entre los registros destacaron 5 especies en total incluidas en el Apéndice II de CITES de las familias Trochilidade, Accipitridae, Strigidae y Falconidade. Asimismo, la Becasina de la Puna (*Gallinago andina*) y el Pato Crestón (*Lophonetta specularioides*) especies acuáticas características de bofedales.

c. Diversidad por zona de ecosistemas frágiles

Las zonas de ecosistemas frágiles con mayor valor de riqueza y abundancia fueron las EF3 (microcuenca Yahuarmayo) y EF1 (microcuenca Huayllani). Los mayores valores de los índices de diversidad lo presentaron las zonas EF1 (H: 2,36 nits/ind, 1-D: 0,88) seguido de la zona EF12 (H: 2,35 nits/ind, 1-D: 0,89).

Las zonas EF13 (microcuenca Chicorume-Pallani), EF2 y EF9 (microcuenca Huayllani) registraron la menor riqueza de especies y abundancia, y a la vez los menores valores de los índices de diversidad. Siendo el EF13 que obtuvo el menor valor de los índices de diversidad (H: 1,08 nits/ind, 1-D: 0,65), debido a que en esta zona de ecosistema frágil se evaluó soló un bofedal, registrando 3 especies (Tabla 7-56).

Tabla 7-56. Abundancia, riqueza e índices de diversidad por zona ecosistemas frágiles

Parámetro	Huayllani							Chicorume-Pallani			Yahuarmayo	
	EF1	EF2	EF10	EF9	EF5	EF4	EF6	EF12	EF13	EF3	EF7	EF8
Abundancia (Total de individuos)	85	21	30	18	24	26	55	38	14	151	75	34
Riqueza (Número total de especies)	16	5	9	6	8	10	10	12	3	24	13	12
Índice de Shannon (H')	2,36	1,34	2,03	1,63	1,70	1,99	2,08	2,35	1,08	2,29	2,07	2,13
Índice de Simpson (1-D)	0,88	0,70	0,85	0,78	0,77	0,82	0,86	0,89	0,65	0,83	0,83	0,84
Esfuerzo de muestreo	4 TL	2 TL	3 TL	3 TL	4 TL	3 TL	3 TL	3 TL, 1 CT	1 TL	8 TL	4 TL	1 CT

d. Similaridad entre zona de ecosistemas frágiles

En el análisis de similitud de especies en las zonas de ecosistemas frágiles según el índice cuantitativo de Morisita se observa un solo agrupamiento con una similaridad superior al 90 %, el conformado por las zonas de ecosistemas frágiles EF7 y EF3, las que comparten 10 especies. A este agrupamiento se une las zonas de ecosistemas frágiles EF8 y EF10, con una similaridad superior al 80 % (Tabla 7-57 y Figura 7-161). Se observó que en este agrupamiento las 3 zonas de ecosistemas frágiles de la microcuenca Yahuarmayo (EF7, EF3 y EF8), presentan la mayor similitud en el área de estudio. Las similitudes en las zonas de ecosistemas frágiles se deben a los hábitats que comparten entre estos, encontrando especies que son características de pajonal, roquedal y bofedal.

Un segundo agrupamiento se observa en las zonas EF2 y EF5 con una similitud de 84 %, pertenecientes a la microcuenca Huayllani. Las zonas de ecosistemas frágiles que presentan los menores valores de similitud son los pares EF4-EF1, EF12-EF4 y EF4-EF13.

Tabla 7-57. Valores del Índice de Similitud de Morisita entre las zonas ecosistemas frágiles en el área de estudio

	Huayllani							Chicorume-Pallani		Yahuarmayo		
	EF1	EF2	EF10	EF9	EF5	EF4	EF6	EF12	EF13	EF3	EF7	EF8
EF1	1	0,68	0,74	0,28	0,64	0,18	0,60	0,52	0,29	0,68	0,59	0,59
EF2	0,68	1	0,75	0,25	0,84	0,12	0,61	0,42	0,21	0,73	0,61	0,62
EF10	0,74	0,75	1	0,46	0,74	0,22	0,75	0,63	0,51	0,88	0,81	0,81
EF9	0,28	0,25	0,46	1	0,54	0,14	0,54	0,34	0,25	0,32	0,31	0,28
EF5	0,64	0,84	0,74	0,54	1	0,159	0,76	0,46	0,15	0,61	0,52	0,51
EF4	0,18	0,12	0,22	0,14	0,16	1	0,57	0,10	0,08	0,23	0,23	0,27
EF6	0,60	0,61	0,75	0,54	0,76	0,57	1	0,50	0,28	0,63	0,58	0,64
EF12	0,52	0,42	0,63	0,34	0,46	0,10	0,50	1	0,48	0,43	0,39	0,42
EF13	0,29	0,21	0,51	0,25	0,15	0,08	0,28	0,48	1	0,36	0,37	0,35
EF3	0,68	0,73	0,88	0,32	0,61	0,23	0,63	0,43	0,36	1	0,91	0,88
EF7	0,59	0,61	0,81	0,31	0,52	0,23	0,58	0,39	0,37	0,91	1	0,84
EF8	0,59	0,62	0,81	0,28	0,51	0,27	0,64	0,42	0,35	0,88	0,84	1

EF: Ecosistema Fragil

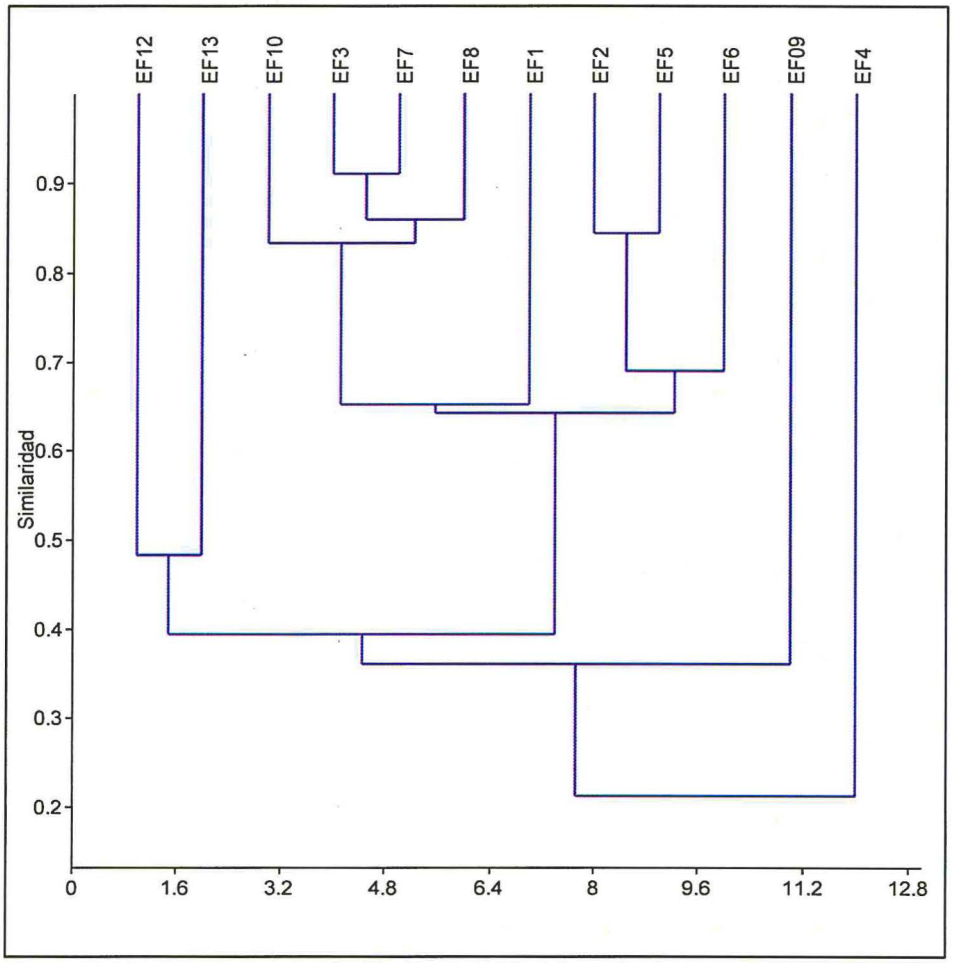


Figura 7-161. Dendrograma de Similitud de Morisita entre las zonas de ecosistemas frágiles.

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

De total de especies registradas, 21 especies se encuentran incluidas en alguna categoría de conservación y nivel de endemismo (Tabla 7-58). Estas 21 especies representan el 51,21 % de la riqueza de especies total.

Tabla 7-58. Lista de especies incluidas en categorías de conservación y endémicas registradas en el área de estudio

Especie	Categorías de conservación				Endemismo			Hábitats			
	DS 004-2014-MINAGRI	IUCN	CITES	CMS	Perú	EBA	Bioma	Bo	La	Pa	Ro
Tinamotis pentlandii	NT	LC	-	-	-	-	CAN				x
Anas flavirostris	-	LC	-	II	-	-	-	x	x		
Lophonetta specularioides	-	LC	-	II	-	-	-	x	x		
Oressochen melanopterus	-	LC	-	II	-	-	-	x	x		
Oxyura jamaicensis	-	LC	-	II	-	-	-		x		
Vultur gryphus	EN	NT	-	-	-	-	-				x
Fulica gigantea	NT	LC	-	-	-	-	CAN		x		
Oreotrochilus estella	-	LC	II	-	-	-	CAN			x	x
Patagona gigas	-	LC	II	-	-	-	-			x	x
Geranoaetus polyosoma	-	LC	II	-	-	-	-				x
Bubo virginianus	-	LC	II	-	-	-	-				x
Falco sparverius	-	LC	II	-	-	-	-			x	
Phalcoboenus megalopterus	-	LC	II	-	-	-	-			x	x
Theristicus branickii	-	NT	-	-	-	-	-		x		
Colaptes rupicola	-	LC	-	-	-	-	CAN	x		x	x
Upucerthia validirostris	-	LC	-	-	-	-	CAN			x	
Lessonia oreas	-	LC	-	-	-	-	CAN	x			
Ochthoeca oenanthoides	-	LC	-	-	-	-	CAN	x		x	
Diuca speculifera	-	LC	-	-	-	-	CAN	x			x
Phrygilus punensis	-	LC	-	-	-	-	CAN	x		x	x
Sicalis uropygialis	-	LC	-	-	-	-	CAN	x	x	x	x

Leyenda: Bo: Bofedal, La: Laguna, Pa: Pajonal, Ro: Roquedal, EN: En Peligro, NT: Casi Amenazado, LC: Preocupación menor, II: Apéndice II de la CITES o CMS, EBA: Área de endemismo de aves, CAN: Bioma de los Andes Centrales, color azul: aves acuáticas.

Según la legislación nacional (D.S. N.° 004-2014-MINAGRI), sólo se registró 1 especie En Peligro (EN), el Condor Andino (*Vultur gryphus*), y 2 especies Casi Amenazada (NT) la Gallareta Gigante (*Fulica gigantea*) y la Perdiz de la Puna (*Tinamotis pentlandii)*. Asimismo, según la *International Union for the Conservation of Nature* (IUCN, 2018) se encuentran 2 especies Casi Amenazadas, el Condor Andino (*Vultur gryphus*) y la Bandurria Andina (*Theristicus branickii*).

Por otro lado, según la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) se encontraron 1 especie incluida en el Apéndice I, que contempla aquellas especies que están amenazadas, y 6 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 contrale estrictamente su comercio (CITES, 2017). Estas especies pertenecen a las familias taxonómicas Accipitridae (Gavilanes), Falconidae (Halcones), Strigidae (Buhos) y Trochilidae (Picaflores). Así mismo las especies de la familia Anatidae (Patos) están incluidas en apéndice II de la Convención de Especies Migratorias (CMS 2015).

Finalmente, respecto al nivel de endemismo, no se registró ninguna especie endémica de Perú; sin embargo, se registraron 10 especies restringidas al Bioma Andes Centrales (CAN) (Tabla 7-58).

f. Actividad reproductiva de las aves

Se obtuvo 2 registros directos de reproducción. El Aguilucho Variable (Geranoetus polyosoma) se le observó llevando material para su nido (ramitas), llegando a una parte alta rocosa en el transecto AV27, de la zona EF12 y sobre el Pato Barcino (Anas flavirostris), se observó un polluelo en la laguna Pistoro (AV28) (Tabla 7-59)

Tabla 7-59. Actividad reproductiva de las aves registradas en los puntos de evaluación

Especie	Nombre en Español	Tipo de Registro	Actividad Reproductiva	Puntos de evaluación
Geranoaetus polyosoma	Aguilucho Variable	Directo	llevando material para su nido	AV27
Anas flavirostris	Pato Barcino	Directo	1 polluelo	AV28

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

Los apoyos locales mencionan que la población local hace uso de las aves ocasionalmente, teniendo 5 especies de aves de las que hacen uso, que en ocasiones son cazadas para consumo de carne o consumo de huevos en este grupo se encuentran las perdices y los patos (Tabla 7-60).

Tabla 7-60. Usos de las aves por la población local

Familia	Especie	Nombre local	Usos
			Alimento
Tinamidae	*Nothoprocta ornata*	Perdiz	
Anatidae	*Tinamotis pentlandii*	Perdiz	
	Anas flavirostris	Pato	x
	Lophonetta specularioides	Pato	x
	Oxyura jamaicensis	Pato colorado	x

7.4.3 Mamíferos

Producto de las metodologías empleadas para documentar la diversidad de mamíferos el área de influencia del proyecto minero Utunsa, se lograron registrar 8 especies, pertenecientes a 3 órdenes y 6 familias (Tabla 7-61).

Tabla 7-61. Especies de mamíferos silvestres registrados en el área de evaluación

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Especie	Tipo de registro*
Mammalia	Cetartiodactyla	Camelidae	Vicuña	*Vicugna vicugna*	C, CT
	Carnívora	Mephitidae	Zorrino	*Conepatus chinga*	C
		Canidae	Zorro andino	*Lycalopex culpaeus*	C, CT
		Felidae	Puma	*Puma concolor*	E
		Felidae	Gato de los pajonales	*Leopardus colocolo*	C, CT
		Felidae	Gato andino	*Leopardus jacobita*	E
	Rodentia	Cricetidae	Santiaguito	*Abrothrix jelskii*	C
		Chinchillidae	Vizcacha	*Lagidium viscacia*	C, CT

*Censos (C), Camaras Trampa (CT), Encuestas (E)

A continuación, se presenta el análisis de los resultados de la evaluación de mamíferos, realizada con la metodología explicada previamente.

7.4.3.1 Censos de mamíferos

El esfuerzo total de muestreo, fue de nueve días distribuidos en un día por transecto sumando 07:48 horas-censo y una cobertura de 4350 m (Tabla 7-62).

Tabla 7-62. Esfuerzo de muestreo en la evaluación por censos de mamíferos grandes en el área de influencia del proyecto minero Utunsa

Localidad	Transectos	N° de días invertidos	N° de censos	Fecha	Horas censadas			Cobertura (m)
					Inicio	Final	Total horas censadas	
EF1	1	1	1	22/03/2018	10:20:00	12:00:00	1:40:00	1000
EF8	2	1	1	23/03/2018	9:49:00	12:07:00	2:18:00	1600
EF7	3	1	1	24/03/2018	11:55:00	15:45:00	3:50:00	1750
Total		3	3				7:48:00	4350

Producto de este esfuerzo se lograron 8 registros de mamíferos silvestres pertenecientes a 3 órdenes, 4 familias y 4 especies, los mayores registros ocurrieron en los transectos N° 1 y N° 2, ubicados en los alrededores del bofedal Aparayo y laguna Pistoro. (Tabla 7-63 y Figura 7-174).

Tabla 7-63. Diversidad de mamíferos silvestres registrados por censos en el área de evaluación

Microcuenca	Estación de muestreo	Método de registro	Coordenadas UTM WGS84– zona 18L		Fecha	Hora	Orden	Familia	Especie	Observaciones
			Este (m)	Norte (m)						
Huayllani	Transecto 1	Censo	791350	8405424	22/03/2018	13:00	Cetartiodactyla	Cervidae	*Vicugna vicugna*	Huella
Huayllani	Transecto 1	Censo	791292	8405338	22/03/2018	13:11	Carnivora	Mephitidae	*Conepatus chinga*	Rastros de alimentación
Huayllani	Transecto 1	Censo	791271	8405250	22/03/2018	14:00	Cetartiodactyla	Cervidae	*Vicugna vicugna*	Heces
Yahuarmayo	Transecto 2	Censo	791039	8404324	23/03/2018	09:21	Rodentia	Chinchillidae	*Lagidium viscacia*	Observación directa, 8 ind
Yahuarmayo	Transecto 2	Censo	791188	8404138	23/03/2018	14:15	Cetartiodactyla	Camelidae	*Vicugna vicugna*	Observación directa, 5 ind
Yahuarmayo	Transecto 2	Censo	790548	8403147	23/03/2018	14:10	Carnivora	Canidae	*Lycalopex culpaeus*	Restos de alimentación
Yahuarmayo	Transecto 3	Censo	791169	8402848	24/03/2018	12:20	Cetartiodactyla	Camelidae	*Vicugna vicugna*	Observación directa, 1 ind
Yahuarmayo	Transecto 3	Censo	791340	8402888	24/03/2018	12:20	Rodentia	Chinchillidae	*Lagidium viscacia*	Observación directa, 8 ind
Yahuarmayo	Transecto 3	Censo	791340	8402888	24/03/2018	12:20	Rodentia	Cricetidae	*Abrothrix jelskii*	Observación directa, 1 ind

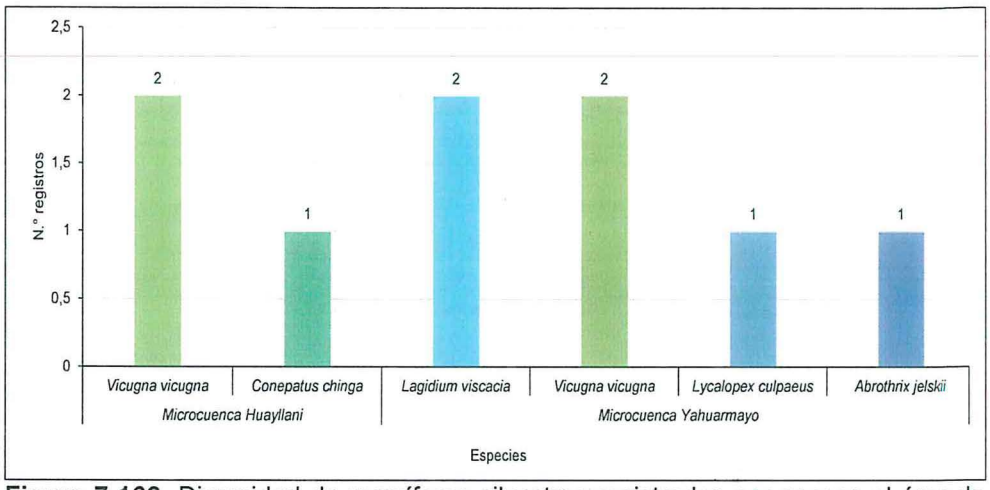


Figura 7-162. Diversidad de mamíferos silvestres registrados por censos el área de evaluación

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

Los índices de ocurrencia (IO) y de abundancia (IA) para cada especie están contenidos en las Tablas 7-64 y 7-65 respectivamente. Es oportuno reiterar que la identificación por los pobladores locales (entrevistas) es una evidencia considerada para el IO más no para el IA. Basados en este criterio para el área de evaluación se confirman cinco especies de mamíferos terrestres, de ellos, tres no fueron confirmadas y entre ellas se encuentran el puma (*Puma concolor*), el gato de los pajonales (*Leopardus colocolo*) y el gato andino (*Leopardus jacobita*) todos con 5 puntos.

En cuanto al índice de abundancia (IA), los resultados nos indican que para el área de evaluación dos especies se presentan como las más abundantes; entre ellas, vizcacha (*Lagidium viscacia*) con 30 puntos y vicuña (*Vicugna vicugna*), con 19 puntos (Tabla 7-65).

Tabla 7-64. Índice de ocurrencia de mamiferos

Orden	Familia	Especie	Transectos			Total
			1	2	3	
Cetartiodactyla	Camélidae	*Vicugna vicugna*	Hu, He, E	Od		24
Carnívora	Mephitidae	*Conepatus chinga*	Ra, E			9
	Cánidae	*Lycalopex culpaeus*		Ra		4
	Felidae	*Puma concolor*	E			5
		Leopardus colocolo	E			5
		Leopardus jacobita	E			5
Rodentia	Cricetidae	*Abrothrix jelskii*			Od	10
	Chinchillidae	*Lagidium viscacia*	E	Od	Od, Od	35

OD: Observación directa, Hu: Huella, He: Heces, E: Entrevista, Ra: Restos alimenticios

Tabla 7-65. Índice de abundancia de mamíferos

Orden	Familia	Especie	Transectos			Total
			1	2	3	
Cetartiodactyla	Camélidae	*Vicugna vicugna*	Hu, He	Od		19
Carnívora	Mephitidae	*Conepatus chinga*	Ra			4
	Cánidae	*Lycalopex culpaeus*		Ra		4
Rodentia	Cricetidae	*Abrothrix jelskii*			Od	1
	Chinchillidae	*Lagidium viscacia*		Od	Od, Od	30

OD: Observación directa, Hu: Huella, He: Heces, Ra: Restos alimenticios

De acuerdo con la tabla anterior, las especies con mayor presencia en el área de influencia del proyecto minero Utunsa fue la vicuña (*Vicugna vicugna*), del cual se tuvieron 3 registros, dos de ellos ocurrieron en el transecto 1, donde se evidenciaron heces frescas del animal. La siguiente observación ocurrió en el transecto 2, donde se registró de manera directa una manada de 5 individuos, cuatro de ellos adultos y un juvenil.

La segunda especie con mayor presencia en el área de estudio fue la vizcacha (*Lagidium viscacia*), del cual se registraron de manera directa a dos grupos de ocho individuos cada uno, el primer registro ocurrió en el transecto 2, al momento del registro los individuos se alimentaban de brotes frescos de ichu, (*Stipa ichu*). El siguiente registro ocurrió en transecto 3 el 24 de marzo de 2018, donde se observaron 8 individuos adultos alimentándose y desplazándose en el área.

7.4.3.3 Especies potenciales en base a estudios previos y encuestas

Fueron entrevistados dos personas que normalmente realizan sus actividades de pastoreo en el área de evaluación (Tabla 7-66).

Tabla 7-66. Comuneros entrevistados durante las actividades de campo en el área de evaluación

Nombre y Apellidos	Comunidad	Actividad principal
Cecilio Sivincha	Huanca Umuyto	Agricultor/Pastoreo
Edwin Sivincha Chaua	Huanca Umuyto	Agricultor/Pastoreo

7.4.3.4 Evaluación mediante las cámaras-trampa

El esfuerzo total de muestreo en el área de influencia del proyecto fue de 252 días-cámara, producto de este esfuerzo se obtuvieron 79 registros independientes de mamíferos silvestre entre fotos y videos (Figura 7-163).

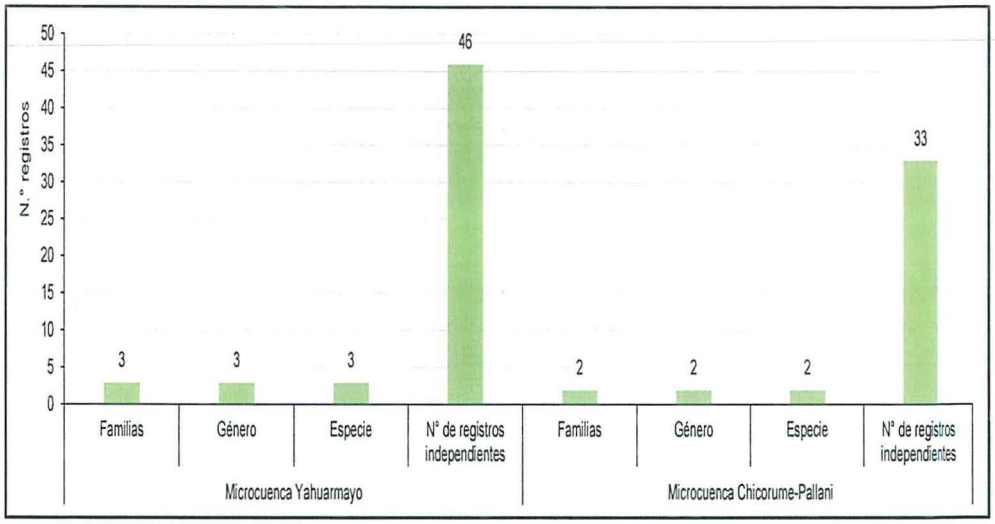


Figura 7-163. Número de registros independientes de mamíferos silvestres registrados por las cámaras trampa en el área de evaluación

7.4.3.5 Riqueza y composición de especies para el área de estudio

Como resultado de las evaluaciones con cámaras ubicadas en el área de interés, se lograron registrar cuatro especies de mamíferos (grandes y medianos), ver Tabla 7-67 y Figura 7-164.

Tabla 7-67. Diversidad de mamíferos silvestres registrados por las cámaras trampa en el área de evaluación

Especies	Cámaras trampa													
	Utunsa-01	Utunsa-02	Utunsa-03	Utunsa-04	Utunsa-05	Utunsa-06	Utunsa-07	Utunsa-08	Utunsa-09	Utunsa-10	Utunsa-11	Utunsa-12	Utunsa-13	Total
Vizcacha (Lagidium viscacia)	0	0	24	0	0	0	0	12	8	0	0	5	27	76
Gato de los pajonales (Leopardus colocolo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Zorro andino (Lycalopex culpaeus)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Vicuña (Vicugna vicugna)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Total														79

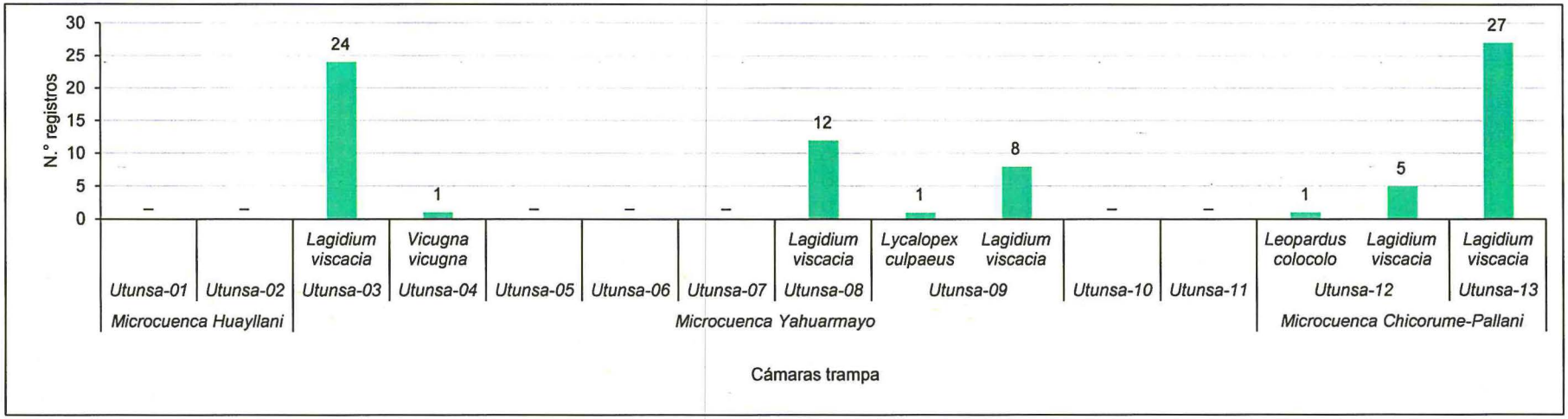


Figura 7-164. Diversidad de mamíferos silvestres registrados por las cámaras trampa en el área de evaluación

7.4.3.6 Riqueza y composición de especies por tipo de Hábitat

Al realizar la comparación de la diversidad de mamíferos silvestres entre los diferentes hábitats muestreados encontramos que los mayores registros independientes ocurrieron en el hábitat tipo roquedal, con 44 registros independientes, donde resalta el registro de la vizcacha (*Lagidium viscacia*), con 44 registros (Tabla 7-68 y Figura 7-165).

Tabla 7-68. Riqueza y composición de mamíferos registrados en las cámaras trampas por tipo de hábitat

Especies	Bofedal	Pajonal	Roquedal
Vizcacha (*Lagidium viscacia*)	24	8	44
Gato de los pajonales (*Leopardus colocolo*)	0	0	1
Zorro andino (*Lycalopex culpaeus*)	0	1	0
Vicuña (*Vicugna vicugna*)	0	0	1

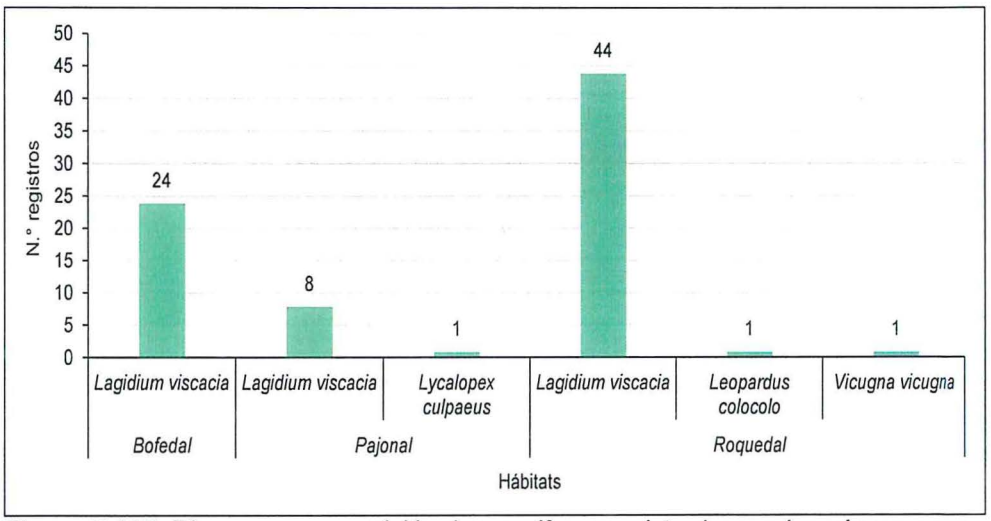


Figura 7-165. Riqueza y composición de mamíferos registrados por las cámaras por tipo de hábitat

7.4.3.7 Comparación de índices de diversidad entre las cámaras trampas

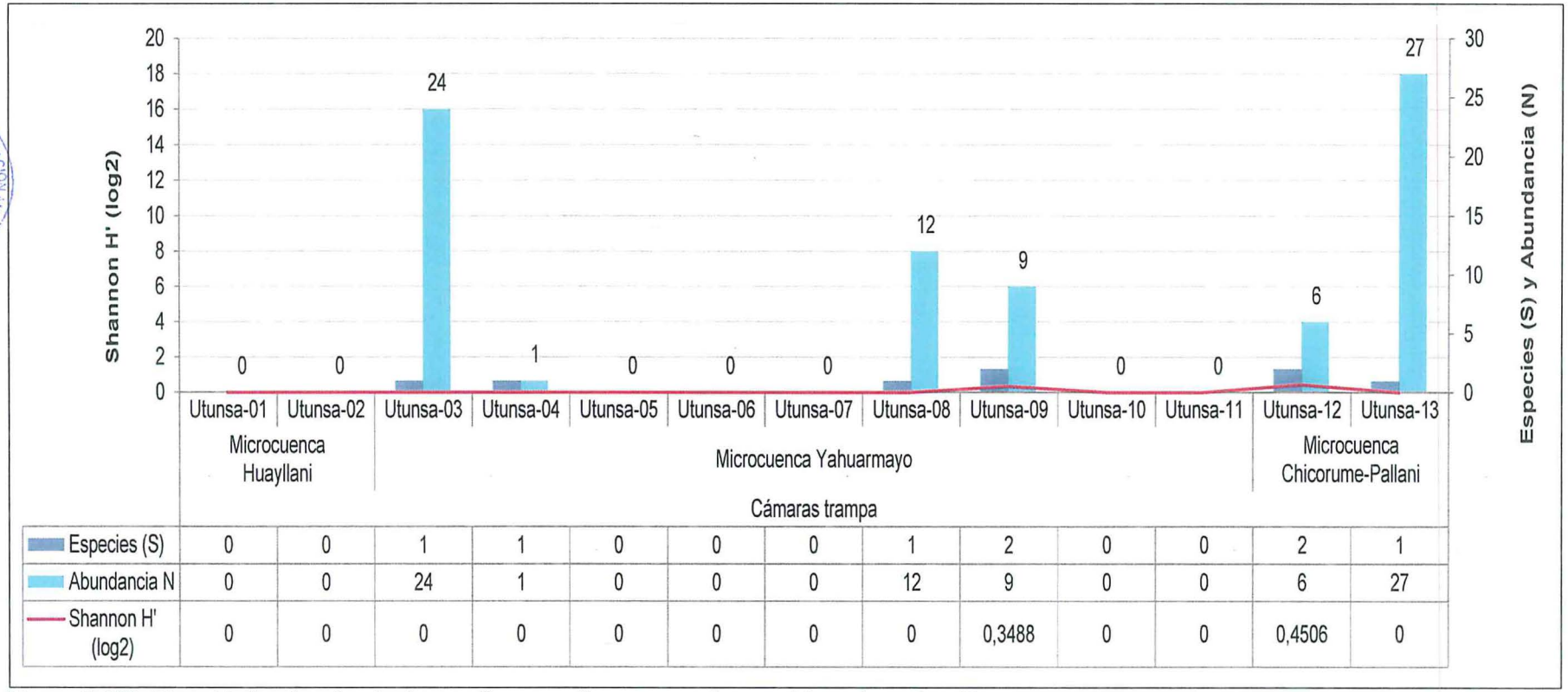
Para realizar la comparación de la diversidad registrada por las cámaras trampa se utilizó el Índice de diversidad de Shannon, según el cual los valores más altos corresponden a una mayor riqueza de especies (número de especies). Figura 7-166.

Los resultados para calcular la diversidad de mamíferos silvestres en el área de influencia del proyecto, nos muestra una baja diversidad de mamíferos silvestres, de las 13 cámaras instaladas en el lugar de estudio en siete de ellos no se registraron eventos independientes de mamíferos, sin embargo, se registraron pequeñas aves que no son incluidos en los cálculos y resultados

La cámara donde se registró el mayor valor en términos de diversidad fue UTUNSA-12, con un valor de 0,4506, en esta cámara se registraron dos especies

de mamíferos silvestres, seis eventos independientes de vizcacha (*Lagidium viscacia*) y un registro del gato de los pajonales (*Leopardus colocolo*).

En las cuatro cámaras restantes donde se registraron eventos independientes de mamíferos silvestres, los mayores registros ocurrieron en la cámara UTUNSA-13, donde se registraron 27 eventos independientes de vizcacha (*Lagidium viscacia*), seguido de la cámara UTUNSA-03, donde se registró 24 eventos de vizcacha (*Lagidium viscacia*). Figura 7-166.



	Utunsa-01	Utunsa-02	Utunsa-03	Utunsa-04	Utunsa-05	Utunsa-06	Utunsa-07	Utunsa-08	Utunsa-09	Utunsa-10	Utunsa-11	Utunsa-12	Utunsa-13
Especies (S)	0	0	1	1	0	0	0	1	2	0	0	2	1
Abundancia N	0	0	24	1	0	0	0	12	9	0	0	6	27
Shannon H' (log2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3488	0	0	0,4506	0

Figura 7-166. Diversidad y abundancia de mamíferos medianos y grandes en el área de evaluación

7.4.3.8 Curva de acumulación de especies

De acuerdo a los resultados de los cálculos para determinar el total de mamíferos silvestres que habitan en el área de influencia del proyecto minero Utunsa, observamos que la curva de especies máximas esperadas tiene una tendencia ascendente y de acuerdo a los resultados, para el área se espera un total de siete especies de mamíferos grandes y medianos.

Las cuatro especies de mamíferos registrados en el presente estudio representan el 57,14 % de mamíferos grandes y medianos que habitan los diferentes hábitats de la zona de influencia directa del proyecto minero Utunsa (Figura 7-167).

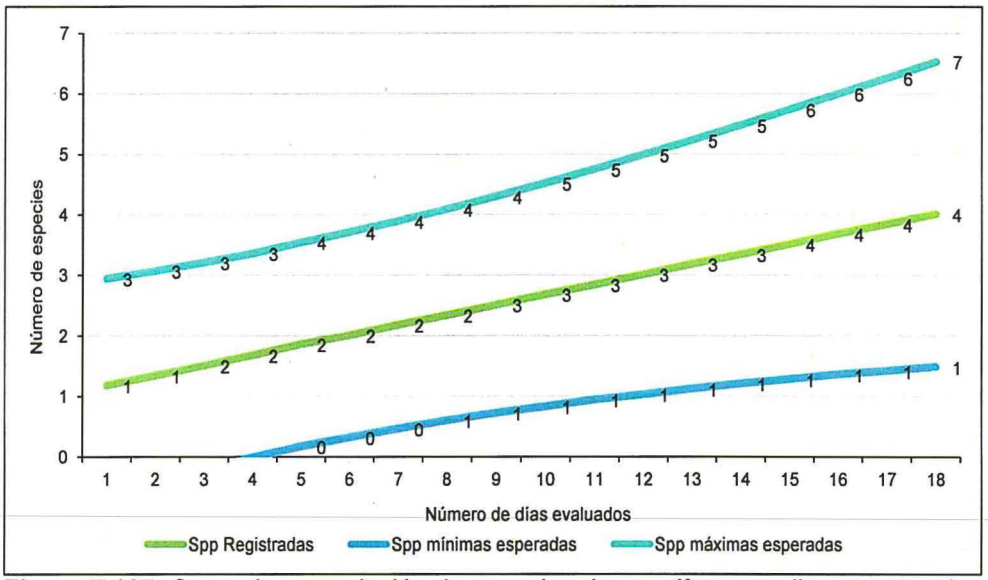


Figura 7-167. Curva de acumulación de especies de mamíferos medianos y grandes en el área de influencia del proyecto minero Utunsa

7.4.3.9 Especies amenazadas y categorías de conservación

De acuerdo al D.S. N.º 004-2014-MINAGRI, en el Perú existen 124 especies de mamíferos incluidas en las diferentes categorías de conservación de las cuales, cuatro de ellos fueron registrados en la presente investigación, el primero de ellos, el gato de los pajonales (*Leopardus colocolo*), el cual se encuentra comprendido en la categoría de los Datos Insuficientes (DD), en cuya categoría se encuentran las especies de fauna silvestre sobre las cuales no se tiene información suficiente como para determinar la categoría de amenaza.

El gato andino (*Leopardus jacobita*), se encuentra en la categoría amenazada (EN), en la evaluación fue reportada por los pobladores locales que fue observada en el bofedal Yahuarmayo.

Puma (*Puma concolor*), se encuentra en la categoría casi amenazada (NT), en la evaluación fue reportada por los pobladores locales y es observado de manera esporádica en las partes altas de los cerros.

La siguiente especie comprendida en una categoría de conservación es la vicuña (*Vicugna vicugna*), especie ubicada en la categoría de Casi amenazado (NT), que fue registrada tanto en los censos por transectos y en las cámaras trampa. En el

transecto 2 se observó una manada de cinco individuos, cuatro de ellos adultos y un juvenil.

De acuerdo a la lista de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2018), los félidos, el gato de los pajonales (*Leopardus colocolo*), se encuentra comprendida en la categoría de Casi amenazado (NT), durante el estudio se tuvo un único registro de la especie en el interior de una cueva cerca de la laguna Angascocha, el gato andino (*Leopardus jacobita*) se encuentra en la categoría casi amenazada (NT),

En la lista de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Silvestres (CITES) de fauna y flora de 2017, tres de las cuatro especies se encuentran comprendidos en el apéndice II, el gato de los pajonales (*Leopardus colocolo*), la vicuña (*Vicugna vicugna*) y el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), en este apéndice figuran las especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio (Tabla 7-69).

Finalmente, en el libro rojo de la fauna silvestre amenazada del Perú, el gato de los pajonales (*Leopardus colocolo*), se encuentra comprendido en la categoría de los Datos Insuficientes (DD), El gato andino (*Leopardus jacobita*), se encuentra en la categoría amenazada (EN), el puma (*Puma concolor*), se encuentra en la categoría casi amenazada (NT) y la vicuña (*Vicugna vicugna*), especie ubicada en la categoría de Casi amenazado (NT).

Tabla 7-69. Especies de fauna silvestre comprendida en alguna categoría de conservación

Familia	Nombre común	Especie	Categorización			
			(D.S. 004-2014-MINAGRI)	IUCN	CITES	Libro rojo
Felidae	Gato de los pajonales	*Leopardus colocolo*	DD	NT	Apéndice II	DD
Felidae	Gato Andino	*Leopardus jacobita*	EN	EN	No aplica	EN
Felidae	Puma	*Puma concolor*	NT	LC	Apéndice II	NT
Mephitidae	Zorrino	*Conepatus chinga*	No aplica	LC	No aplica	No aplica
Camélidae	Vicuña	*Vicugna vicugna*	NT	LC	Apéndice II	NT
Chinchillidae	Vizcacha	*Lagidium viscacia*	No aplica	LC	No aplica	No aplica
Cánidae	Zorro andino	*Lycalopex culpaeus*	No aplica	LC	Apéndice II	No aplica
Cricetidae	Santiaguito	*Abrothrix jelskii*	No aplica	LC	No aplica	No aplica

DD: Datos Insuficientes, NT: Casi Amenazado, LC: Preocupación Menor

7.4.3.10 Especies endémicas

En el área de estudio no se han encontrado especies de mamíferos grandes o medianos de carácter endémico, ni especies con distribución geográfica restringida.

8. DISCUSIÓN

8.1 Agua superficial, sedimentos y comunidades hidrobiologicas

8.1.1 Microcuenca Yahuarmayo

La microcuenca Yahuarmayo se ubica al suroeste del proyecto minero Utunsa como se muestra en el mapa de ubicación del Anexo 3, en esta microcuenca se evaluaron a la laguna Pistoro (incluyendo a sus tributarios), la laguna Puccacocha y la quebrada Yahuarmayo, incluyendo sus tributarios.

Zona I: Lagunas Pistoro (incluyendo a sus tributarios) y Puccacocha

Laguna Pistoro (incluyendo a sus tributarios)

En la laguna Pistoro y sus tributarios, en la epoca seca presentaron un potencial de hidrógeno (pH) promedio de 7,14 unidades de pH y en la época húmeda disminuyó ligeramente a 7,07 unidades de pH (acercándose más a un pH neutro), esto debido al factor de dilución de las aguas de lluvia. El mismo comportamiento podría esperarse para la conductividad eléctrica; sin embargo, se observó que los valores en promedio aumentaron ligeramente de 23,6 µS/cm en época seca a 27,15 µS/cm en época húmeda, esto podría deberse a que el agua de lluvia diluye los iones de los suelos, adyacentes a las riberas y los deposita a los cuerpos de agua.

Durante la época húmeda, las variaciones poco significativas de bicarbonatos (6,8 a 12,8 mg HCO_3^-/L) en la zona de la laguna Pistoro guardan correlación positiva con la concentración de los metales mayoritarios (magnesio, calcio y sodio), mientras que con el metal minoritario (manganeso[33]) la correlación fue negativa (Figura 7-14). Asimismo, los iones bicarbonatos tienen correlación con el pH, como se puede observar en la Figura 8-10.

Los valores obtenidos de los parámetros evaluados en la laguna Pistoro y tributarios durante ambas épocas no superaron los ECA para agua 2015 y 2017 Cat.3[34] a excepción de pH en punto LPist3 (laguna Pistoro) durante la época seca. Asimismo, al comparar los resultados obtenidos durante la evaluación (2017–2018) con la línea de base (2010)[35], a pesar de la diferencia de años, se observó un comportamiento similar en las aguas superficiales de laguna Pistoro y tributarios (Figura 8-1 y 8-2).

---

33 El término metal pesado se refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones incluso muy bajas. Los ejemplos de metales pesados o algunos metaloides incluyen el mercurio, cadmio, arsénico, cromo, talio, manganeso y plomo, entre otros (Lucho *et al.*, 2005a). Los metales pesados son peligrosos porque tienden a bioacumularse en organismos vivos.

34 Decreto Supremo N.° 015-2015-MINAM, ECA para agua. Categoría 3 «Riego de vegetales y bebida de animales D1: riego de vegetales y D2: Bedida de animales»
Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM, ECA para agua. Categoría 3 «Riego de vegetales y bebida de animales D1: riego de vegetalesy D2: Bedida de animales».

35 Primer Informe Técnico Sustentatorio para el Redimensionamiento del Proyecto Minero Utunsa aprobado mediante Resolución Directoral N.° 024-2017-SENACE/DCA.

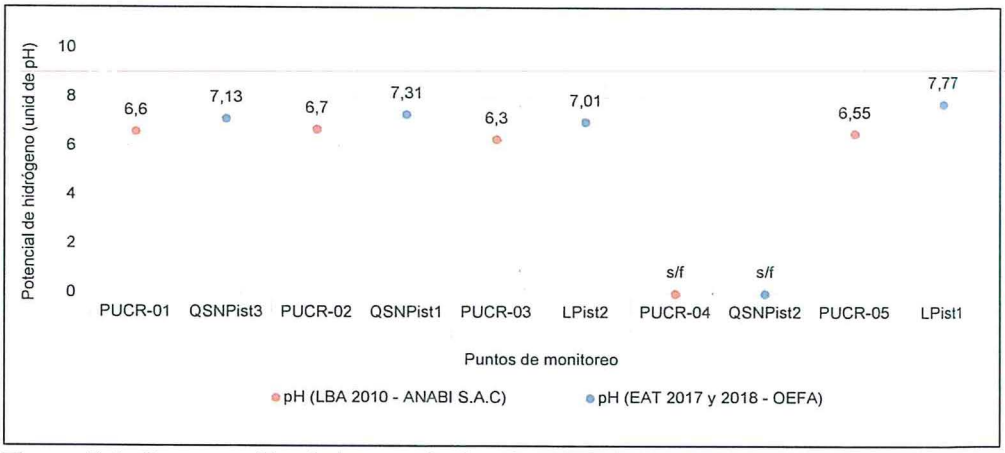


Figura 8-1. Comparación de los resultados de pH de LBA con la evalaución en la laguna Pistoro y tributarios (época seca)

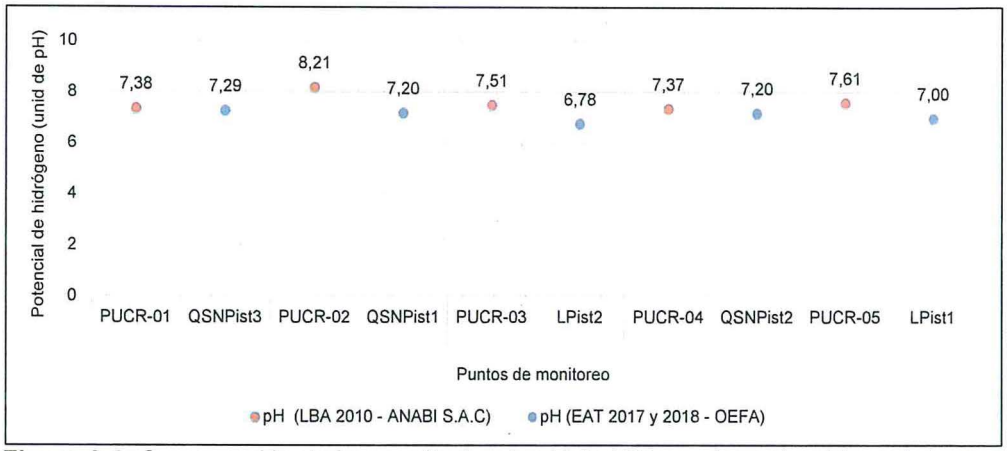


Figura 8-2. Comparación de los resultados de pH de LBA con la evalaución en la laguna Pistoro y tributarios (época húmeda)

Sobre el comportamiento hidroquímico, las aguas de la laguna Pistoro (incluyendo a sus tributarios) durante la época húmeda se clasificaron como aguas bicarbonatadas cálcicas magnésicas y de muy débil mineralización, debido a la predominancia de los iones bicarbonatos (concentración promedio de 0,144 meq/L), calcio y magnesio, que concuerda con la conductividad eléctrica (menor a 55 µS/cm) y concentración de metales que presentaron estas aguas, según se observa en los diagramas de Piper, Stiff, Schöeller-Berkaloff (Figuras 7-9, 7-10 y 7-11).

La muy débil mineralización y poca diferencia de sólidos totales suspendidos y disueltos de las aguas superficiales de la laguna Pistoro y sus tributarios, en ambas épocas evaluadas, puede atribuirse a la ausencia de actividades externas que puedan afectar su composición química.

Con respecto a los sedimentos, la concentración de arsénico en los puntos ubicados al lado norte de la laguna Pistoro (SED-LPist3 y SED-LPist4), superó el valor referencial PEL, a diferencia de los puntos ubicados al lado sur de la laguna (SED-LPist2, SED-LPist1) incluyendo su tributario (SED-QSNLPist2), que no superó el valor referencial PEL de la CEQG. La presencia de ársenico estaría relacionado a la zona mineralizada del yacimiento Utunsa, identificado en el estudio geoquímico de metales en rocas de la línea base (2010), el cual registró concentraciones de

arsenico hasta de 128,20 mg/kg. El arsenico se estaría sedimentando en la parte norte de la laguna por mecanismos de erosión y transporte de la fuente de origen (zona mineralizada).

En lo que corresponde a la laguna Pistoro y sus tributarios, las comunidades hidrobiológicas del fitoplancton y de las microalgas (perifiton) tuvieron una mayor representación del phylum Bacillariophyta (diatomeas), las cuales se distribuyen bastante bien en diversos ecosistemas acuáticos (Pinilla, 2000). Las características fisicoquímicas del agua y sedimento descritas anteriormente (pH cercano al valor neutro y baja concentración de metales), no generarían limitantes para su desarrollo. Cabe mencionar que las diatomeas tienen preferencia por ambientes ricos en sílice, mineral presente en la laguna Pistoro como en sus tributarios.

Las diatomeas del género *Tabellaria* (phylum Bacillariophyta) fueron las más representativas en los diversos puntos evaluados de la laguna Pistoro durante ambas épocas. Donato *et al.* (1987), así como Duque & Donato (1992), indican que especies del género *Tabellaria* tienen la capacidad de ser consideradas indicadoras de eutrofización[36] de los cuerpos de agua (mesotrofia a eutrofia). Por otro lado, los géneros *Euglypha* (phylum Protozoa) y *Keratella* (phylum Rotifera) fueron los más abundantes del zooplancton en la laguna Pistoro durante la época seca y húmeda respectivamente. El género *Euglypha* (ameba testácea con una teca compuesta de silice) se caracteriza por abundar en ambientes donde se están llevando a cabo procesos de nitrificación (Madoni *et al.*, 1993; Madoni, 1994), mientras que el género *Keratella* es un buen indicador de materia orgánica en sistemas inmaduros (*Pinilla et al.*, 1993). Por lo que, la presencia de estos organismos estaría relacionado con un posible proceso de eutrofización de la laguna.

Las especies más abundantes de microalgas (perifiton) en los tributarios de la laguna Pistoro durante ambas épocas evaluadas, fueron *Hannaea arcus* y *Tabellaria floculosa* (presentes en todos los puntos evaluados), ambos pertenecientes al phylum Bacillariophyta. Estas especies se caracterizan por encontrarse en ambientes ricos en nutrientes (Duque & Donato, 1992), además de establecerse en ambientes de aguas ácidas a ligeramente alcalinas (Bellinger & Sigee, 2010).

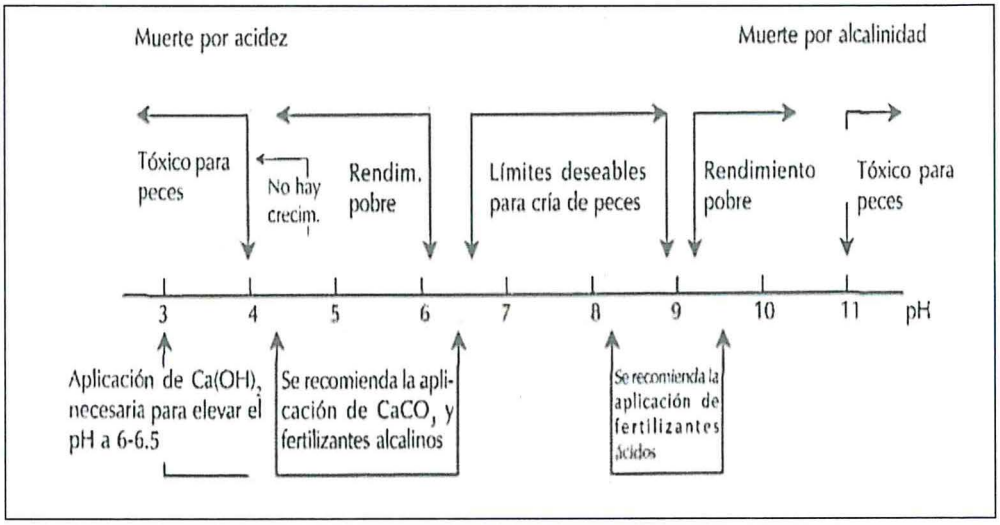
La comunidad de microorganismos (perifiton) en la laguna Pistoro se encontró representada por las especies *Corythion* sp. y *Trinema lineare* (ambos pertenecientes al phylum Cercozoa) durante la época seca y húmeda respectivamente. Estas especies se caracterizan por ser indicadoras de eutrofización, así como ser tolerantes a aguas ácidas (Burges & Raw, 1967); además de tener preferencia por aguas con de sílice (mineral característico en la constitución de sus placas).

Por otro lado, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en los tributarios de la laguna Pistoro, tuvieron como especie más abundante a *Cricotopus* sp. (familia Chironomidae, orden Diptera) durante ambas épocas evaluadas. Esta especie se caracteriza por ser bioindicadora, tolerante a un amplio rango de variables ambientales (Fittkau, 1986). Es necesario indicar, que el tributario que presentó mejor calidad biológica durante ambas épocas fue HID-QSNPist1, presentando una

[36] Como indica la FAO (1997): «Eutrofización» es el enriquecimiento de las aguas superficiales con nutrientes para las plantas. Si bien la eutrofización se produce en forma natural, normalmente está asociada a fuentes antropogénicas de nutrientes. El «estado trófico» de los lagos es un concepto fundamental en la ordenación de los mismos. Significa la relación entre el estado de nutrientes en un lago y el crecimiento de la materia orgánica en el mismo. Eutrofización es el proceso de cambio de un estado trófico a otro de nivel superior por adición de nutrientes.

buena calidad biológica en la época seca, así como una moderada calidad biológica en la época húmeda. Esto debido a un mayor número de especies tolerantes y sensibles en la época seca. El punto HID-QSNPist3 presentó una moderada calidad biológica durante la época seca, mientras que durante la época húmeda presentó una pésima calidad biológica debido a la ausencia en esta última época de especies tolerantes. El punto HID-QSNPist2 presentó una pésima calidad biológica durante la época húmeda debido a la ausencia de organismos. Es posible que durante la época húmeda, la calidad biológica se vea afectada por la crecida del caudal de los tributarios.

Sobre la evaluación de peces, podemos indicar que ninguna de las muestras de tejidos de peces colectados durante ambas épocas de evaluación excedió los contenidos máximos de metales para consumo de acuerdo con SANIPES (2016). Asimismo, los parámetros fisicoquímicos de la laguna Pistoro, durante ambas épocas evaluadas, fueron de condiciones favorables para el desarrollo de *O. mykiss* «truchas» (Swingle, 1969). Figura 8-3



Fuente: Mazzeo *et al.* (2002)
Figura 8-3. Efecto del pH sobre los peces

De acuerdo con las especies más representativas descritas, no se evidencia afectación a laguna Pistoro y sus tributarios. Sin embargo, es necesario señalar que de generarse alguna actividad antrópica en las inmediaciones de la laguna que incremente los nutrientes, podría acelerar su proceso de eutrofización natural (Mazzeo *et al.*, 2002).

Sobre los tributarios de la laguna Pistoro es necesario indicar que las características fisicoquímicas encontradas en la época seca favorecieron mejor a las comunidades hidrobiológicas en lo que respecta a la biodiversidad y a la calidad biológica (ABI), en comparación a las características encontradas en la época húmeda. Esto se debería a que en la época húmeda hay un incremento del caudal (en estos tributarios) que en consecuencia lavarían el sustrato sobre el cual se desarrollan las comunidades hidrobiológicas.

Laguna Puccacocha

El carácter poco ácido (4,91 y 4,79 unidades de pH) de la laguna Puccacocha (LPucc1) se mantuvo durante ambas épocas (seca y húmedad) y la baja conductividad disminuyó (25,7 a 18,27 µS/cm) durante la época húmeda,

concordante con la reducción de iones como sulfatos (de 5,9 a 5,1 mg/L) y los sólidos totales disueltos (de 18 a 10 mg/L). La baja concentración de iones (conductividad menor a 30 µS/cm) en ambas épocas clasificó a las aguas de la laguna de muy débil mineralización como se observa en los diagramas de Stiff (Figura 7-10) y Schöeller-Berkaloff (Figura 7-11). Asimismo, el carácter ácido puede atribuirse a la predominacia de los aniones sulfatos, que tipificaron a la laguna como aguas de facies sulfatadas cálcicas magnésicas (Figura 7-9). Cabe señalar que en la parte alta de esta laguna se ubica el futuro tajo 2 y los valores obtenidos de los parámetros evaluados en la laguna, durante ambas épocas no superaron los ECA para agua 2015 y 2017 Cat.3, a excepción de los valores de pH.

Con respecto al sedimento en la laguna (SED-LPucc1) la concentración de arsénico superó el valor referencial PEL de la CEQG, que guardaría relación con los valores obtenidos de arsénico registrados en suelos[37] aledaños a la laguna (Figura 8-12), evaluados en la línea base (2010). Además, la presencia de ársenico estaría relacionado a la zona mineralizada del yacimiento Utunsa, identificado en el estudio geoquímico de metales en rocas de la línea base (2010). El ársenico se estaría sedimentando en la laguna por mecanismos de erosión y transporte de la fuente de origen (zona mineralizada).

En la laguna Puccacocha el género *Peridinium* (phylum Miozoa) fue el más abundante del fitoplancton en ambas épocas. Ramirez (1987) indica que *Peridinium* es un género indicador de eutrofia, así como capaz de formar florecimientos algales nocivos (crecimiento acelerado de su población) alcanzando en la mayoría de las ocasiones agotamiento de oxígeno en la columna de agua creando condiciones de hipoxia y anoxia, reducción de la irradiancia solar y daño físico en peces por obstrucción de branquias (Anderson *et al.*, 2002). Por otro lado, Nematoda ND (especie no determinada del phylum Nematoda) y Centropagidae ND (especie no determinada de la familia Centropagidae) fueron los más abundantes del zooplancton durante la época seca y húmeda respectivamente. El primero de ellos se caracteriza en general por ser indicador de contaminación por materia orgánica (Mora & Soler, 1993), mientras que el segundo de ellos está relacionado a ambientes mesotróficos (aguas con poca transparencia y escasa profundidad) (Márquez & Guillot, 1998).

Sobre la comunidad de microalgas podemos indicar que *Brachysira brebissonii* fue la especie más abundante durante la época húmeda mientras que *Eunotia* cf. *bilunaris* y *Lepocinclis fusca* fueron la más abundantes durante la época seca. *Brachysira brebissonii* y *Eunotia* cf. *bilunaris*, pertenecientes al phylum Bacillariophyta (diatomeas) tuvieron un alto desarrollo en ambas épocas, posiblemente relacionado a la precensia de sílice en la laguna (incluso mayor que Pistoro). Además, estas dos especies junto al género *Lepocinclis*, se caracterizan por ser tolerantes a aguas con características ácidas como las que presenta esta laguna (menor a 5 unidades de pH) (Stevenson *et al.*, 1991; Douglas *et al.*, 1998; Siver & Hamilton, 2011; Lessman, 2000). Estas aguas de características ácidas, limitarían el desarrollo de otros grupos de microalgas. Asimismo, la comunidad de microorganismos (perifiton) tuvo como géneros más abundantes a *Proales* (phylum Rotifera) y *Vorticella* (phylum Ciliophora) durante las épocas seca y húmeda respectivamente. Por lo general los phyla Rotifera y Ciliophora son indicadores de aguas en condiciones de eutrofia (Pinilla, 2000; Vilaseca, 2001).

[37] Primer Informe Técnico Sustentatorio para el Redimensionamiento del Proyecto Minero Utunsa aprobado mediante Resolución Directoral N.° 024-2017-SENACE/DCA.

Los parámetros fisicoquímicos en la laguna durante ambas épocas, presentaron condiciones no adecuadas para el desarrollo de truchas (*O. mykiss)*, considerando un pH menor a 5,0 unidades de pH que brindaría un pobre rendimiento para el desarrollo de esta especie (Swingle, 1969). Figura 8-3.

Las características antes mencionadas podrían relacionarse a posibles actividades antrópicas, como por ejemplo el pastoreo en las proximidades o uso de las aguas como bebederos para animales (los cuales se observaron en campo), podrían estar generando un incremento de nutrientes en la laguna, que aceleraría su proceso de eutrofización natural (Mazzeo *et al.*, 2002).

Zona II: Quebrada Yahuarmayo y sus tributarios

Quebrada Local

Durante la época seca (agosto de 2017) en la parte alta de la quebrada Local (QLoca2), las aguas superficiales presentaron potencial de hidrógeno ácido de 5,31 unidades de pH y conductividad eléctrica de 21,2 µS/cm. Aguas abajo (QLoca3) la acidez (4,46 unidades de pH) y la conductividad eléctrica (50,3 µS/cm) se incrementaron. Estas características posiblemente se deban al aporte de las aguas de los manantiales Yanaocco (4,52 unidades de pH y C.E. de 10,11 µS/cm) y Millopata (4,12 unidades de pH y C.E. 55,8 µS/cm). Figura 8-6.

Mientras que en la época húmeda (marzo 2018), la parte alta de la quebrada (QLoca1) se activó por las lluvias y sus aguas presentaron 3,29 unidades de pH y una conductividad eléctrica de 1069 µS/cm, y conforme las aguas discurrieron hacia la parte baja (QLoca3) el pH aumentó ligeramente (4,19 unidades de pH) y la conductividad eléctrica disminuyó (146 µS/cm), posiblemente por el aporte de los manantiales Yanaocco (5,03 unidades de pH y C.E. de 10,11 µS/cm) y Millopata (4,26 unidades de pH y C.E. de 48,9 µS/cm) y, de las aguas de la quebrada Qellohuayco (QQello1: 4,11 unidades de pH y C.E. de 9,5 µS/cm). Figura 8-6.

Las concentraciones de sulfatos, hierro, aluminio, manganeso, estroncio y zinc en las aguas de la quebrada durante la época seca se incrementaron en la parte baja (QLoca3) con respecto a la parte media (QLoca2), sin embargo, en la época húmeda las concentraciones de sulfatos y metales disminuyeron significativamente desde la parte alta (QLoca1) hacia la parte baja (QLoca3). Cabe mencionar que, las concentraciones de metales fueron mayores en la época húmeda con respecto a la época seca (Figuras 8-7, 8-8 y 8-9).

Estos comportamientos de pH ácido y de metales asociados a las concentraciones de sulfatos en los puntos evaluados de la quebrada Local, podrían deberse a la presencia de drenajes ácidos próximos a la parte alta de la quebrada, lo que es concordante con lo mencionado por Salomons (1995) y Webster *et al.* (1998) quienes manifestan que las altas concentraciones de metales en las aguas de corrientes fluviales asociados a sulfuros tales como el arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc, y pH ácidos, pueden atribuirse a los drenajes ácidos y son causantes de fuertes impactos en el medio ambiente. Además, se debe considerar que en la línea base se identificó, según la geología local, brechas freáticas e hidrotermales, las cuales presentaron una alteración tipo sílice vuggy, que podrían estar asociados a sulfuros y óxidos generadores de drenaje ácido de roca.

Durante la época húmeda, en la parte alta de la quebrada Local (QLoca1) las concentraciones de aluminio, cobre, hierro, manganeso y niquel; en la parte media

(QLoca2) el aluminio, cobre y manganeso, y; en la parte baja (QLoca3) el aluminio, superaron los ECA para agua Cat.3, 2015 y 2017, mientras que en la época seca las concentraciones de los parámetros evaluados cumplieron con los estándares mencionados, excepto el pH.

Sobre el comportamiento hidroquímico, durante la época húmeda el aumento de pH guardó relación con las concentraciones de sulfatos (QLoca1 =12,7 meq/L y QLoca3 = 1,13 meq/L), a diferencia de la concentración de bicarbonatos que fueron ausentes[38] (Figura 8-10). La concentración predominante de los iones sulfatos y calcio se relaciona con el tipo de aguas de facies sulfatadas cálcicas de acuerdo al diagrama de Piper (Figura 7-9). Al disminuir los sulfatos, disminuyeron los metales como manganeso, estroncio y otros (Figura 7-12).

Los valores de conductividad eléctrica y la concentración de sulfatos relacionado a las concentraciones de metales se relacionó con la mineralización de las aguas de la quebrada Local en la época húmeda, como puede apreciarse en las relaciones binarias (Figura 7-13) y en los diagramas de Stiff (Figuras 7-10) y Schöeller-Berkaloff (Figura 7-11), donde las aguas de la quebrada Local conforme discurren presentan características desde desde excesiva a débil mineralización.

En cuanto a los sedimentos la concentración de arsénico en la parte media de la quebrada Local (SED-QLoca2) superó el valor referencial PEL de la CEQG. La presencia de ársenico estaría relacionado a la zona mineralizada del yacimiento Utunsa, identificado en el estudio geoquímico de metales en rocas de la línea base (2010). El ársenico se estaría sedimentando en la quebrada Local por mecanismos de erosión y transporte de la fuente de origen (zona mineralizada).

En lo que corresponde a la evaluación de las comunidades hidrobiológicas, en toda la quebrada se observaron alteraciones del cauce por la presencia de material (roca picada), arrastrada desde la parte alta de la quebrada (talud) (Figura 8-4). Estas características limitarían el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas en el cauce de la quebrada (Figura 8-3).

En la época humeda, en la parte alta de la quebrada (HID-QLoca1) la composición de especies de microalgas (perifiton) fue menor a la composión aguas abajo (HID-QLoca2 y HID-Loca3). La especie más abundante de las microalgas fue *Chroococcus dispersus* (phylum Cyanobacteria), la cual se caracteriza por ser tolerante a aguas ácidas (Steinberg *et al.*, 1998; Vincent, 2010).

Asimismo, con respecto a la comunidad de microalgas (perifiton) en el punto HID-QLoca2, existió alta dominancia de especies como *Eunotia* sp. 2 (phylum Bacillariophyta) y *Leptolyngbya* sp. 1 (phylum Cyanobacteria). El género *Eunotia* se caracteriza por ser tolerante a aguas de características ácidas (Douglas *et al.*, 1998) y asociadas a drenaje ácido (Douglas *et al.*, 1998; Lessmann *et al.*, 2000). Mientras que el género *Leptolyngbya*, además de presentar tolerancia a aguas ácidas, presenta una amplia distribución en distintos tipos de ambientes, incluso extremos (Singh & Elster, 2007).

En la parte alta y media de la quebrada (HID-QLoca1 y HID-QLoca2) no se registraron macroinvertebrados bentónicos. Esta ausencia de organismos se relaciona a una pésima calidad biológica (ABI) y consecuentemente a una pésima calidad ecológica. Es posible, además que, en la parte alta también existan niveles

[38] Los bicarbonatos se degradan totalmente a pH menores de 4,3.

de arsénico, así como se encontraron en la parte media, que generen efectos biológicos adversos e impidan la presencia macroinvertebrados bentónicos.

Mediante el análisis de correspondencia canónica (ACC) se identificaron organismos de microalgas asociados a concentraciones altas de metales, cloruros, sulfatos y alta conductividad eléctrica en la parte media de la quebrada (HID-QLoca2). Entre los géneros identificados tenemos a: *Pinnularia* (phylum Bacillariophyta) (Czarnecki & Cawley, 1997; Verb & Vis, 2000; Sabater *et al.*, 2003) y *Microspora* (phylum Chlorophyta) (*Winterbourn et al.*, 2000), los cuales se encuentran asociados al drenaje ácido; además de *Netrium* (phylum Charophyta), el cual sería indicador de ambientes en procesos de eutrofización (Duque & Donato, 1992).

En la parte baja de la quebrada (HID-QLoca3) la comunidad de microalgas (perifiton) tuvo como especies más abundantes a *Eunotia arcus* junto a *Frustulia* aff. *chilensis* (ambas pertenecientes al phylum Bacillariophyta) durante la época seca, y a *Chroococcus dispersus* (phylum Cyanobacteria) durante la época húmeda. Las especies *Eunotia*, *Frustulia* y *Chroococcus* son tolerantes a aguas de características ácidas. Además, se han identificado especies de estos géneros asociados a aguas de drenaje ácido (Douglas *et al.*, 1998; Steinberg *et al.*, 1998; Vincent, 2010). Sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos se registró durante ambas épocas a la especie *Podonomus* sp. (familia Chironomidae, orden Diptera). Esta especie, al igual que otras especies pertenecientes a la familia Chironomidae, son indicadoras de un proceso de eutrofización en ecosistemas acuáticos (Pinilla *et al.*, 1993), además de adaptarse a un amplio rango de variables ambientales (Fittkau, 1986).

De acuerdo con estos resultados en la parte alta y media de la quebrada Local (HID-QLoca1 y HID-QLoca2) durante la época húmeda (marzo 2018), existieron condiciones adversas para el desarrollo de microalgas y macroinvertebrados bentónicos incapaces de tolerar aguas de características ácidas y altas concentraciones de metales.

Figura 8-4. Vista panorámica del cauce de la parte alta de la quebrada Local

Quebrada Yahuarmayo (incluyendo tributario)

La quebrada Yahuarmayo solo recibe aguas de la quebrada Local durante la época seca, en la cual presentó valores de pH entre 3,39 a 3,92 y conductividad eléctrica entre 231 µS/cm a 247 µS/cm, mientras que durante la época húmeda el pH se mantuvo entre 5,88 a 6,88 y la conductividad eléctrica entre 17,48 µS/cm a 27,6 µS/cm (Figura 8-11). Asimismo, durante la época seca la concentración de metales como cobre, estroncio, manganeso y zinc, fueron ligeramente mayores a los registrados durante la época húmeda (Figuras 8-8 y 8-9). El aumento de pH, la disminución de la conductividad eléctrica y de las concentraciones de metales, durante la época húmeda con respecto a la época seca se debería al aporte de las aguas provenientes de la laguna Pistoro (7,0 unidades de pH y 33,4 µS/cm de C.E.) que se activan durante esta época (Figuras 8-6 a 8-9 y Figura 8-11). Por lo que se deduce que durante la época húmeda, aparte de las aguas de lluvia, en la trayectoria de la quebrada Yahuarmayo no habría algún factor externo que altere las características fisicoquímicas de las aguas.

Durante la época seca, la concentración de hierro en las aguas de la quebrada Yahuarmayo, fueron mayores en la parte alta con respecto a la parte baja (Figura 8-7); la disolución de hierro se vió favorecido por el pH más ácido en la parte alta de la quebrada (QYahu1 y QYahu2), mientras que en la parte baja (QYahu3) aumentó ligeramente el pH por lo que disminuyó la concentración de hierro (Figuras 8-6 y 8-7). Al respecto es importante mencionar que el óxido ferroso soluble, puede oxidarse a ion férrico insoluble, cuando el pH tienda a ser mas cercano a neutro (pH=7)[39]. Otros metales, como manganeso y zinc, también se ven ligeramente favorecidos por el pH ácido, que aumentan ligeramente conforme las aguas discurren aguas abajo (Figura 8-8 y 8-9).

Es importante mencionar que en las dos épocas evaluadas las caracteristicas fisicoquímicas de las aguas de la quebrada Yahuarmayo tienen poca variabilidad en su trayecto, y las concentraciones de los metales no superaron los ECA para agua Cat.3, 2015 y 2017; sin embargo, los registros de pH no cumplieron con los estándares mencionados, a excepción del punto QYahu1A, durante la época húmeda. Asimismo, al comparar los resultados obtenidos con la línea de base (2010)[40], en la época húmeda, se observó el punto más cercano al punto QYahu1-AB, que fue el punto PUCR-06, registró 5,11 unidades de pH en comparación con lo registrado en el punto QYahu1-AB que registro 6,11 unidades de pH, asi también la concentración de aluminio fue mayor (Figura 8-5).

39 A pH neutro y en presencia de oxígeno, el hierro soluble (Fe^{2+}) es oxidado a hierro férrico (Fe^{+3}) y este último a hidróxido férrico [$Fe(OH)_3$], el cual es insoluble. A pH menores a 6, la formación de hierro férrico es lento, asimismo, las condiciones anaeróbicas son necesarias para que exista una apreciable concentración de hierro soluble.

40 Primer Informe Técnico Sustentatorio para el Redimensionamiento del Proyecto Minero Utunsa aprobado mediante Resolución Directoral N.° 024-2017-SENACE/DCA.

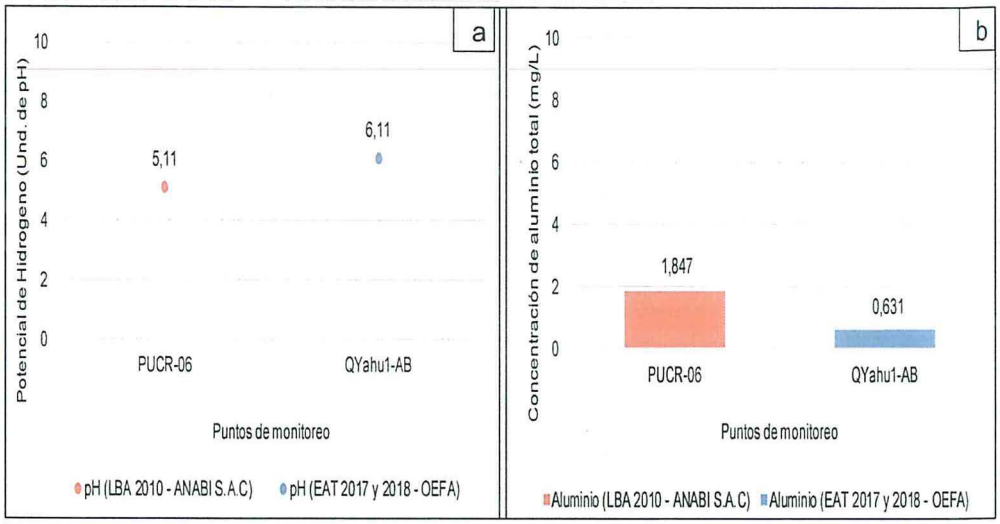


Figura 8-5. Comparación los resultados de a) pH y b) aluminio con LBA (época humeda)

Sobre el comportamiento hidroquímico durante la época húmeda, las aguas que discurren por la quebrada Yahuarmayo, desde la parte alta (QYahu1A) hasta la parte baja (QYahu3) cambiando sus facies de sulfatadas cálcicas a sulfatadas sódicas-magnésicas debido al aporte de la quebrada QSNYahu1A que presentó facies sulfatadas sódicas-magnésicas, como se muestra en el diagrama de Piper (Figura 7-9). Además, de acuerdo a los valores de conductividad (menores a 40 µS/cm) concordante con los diagramas Stiff y Schöeller-Berkaloff las aguas de la quebrada Yahuarmayo fueron de muy débil mineralización (Figura 7-10b y Figura 7-11b).

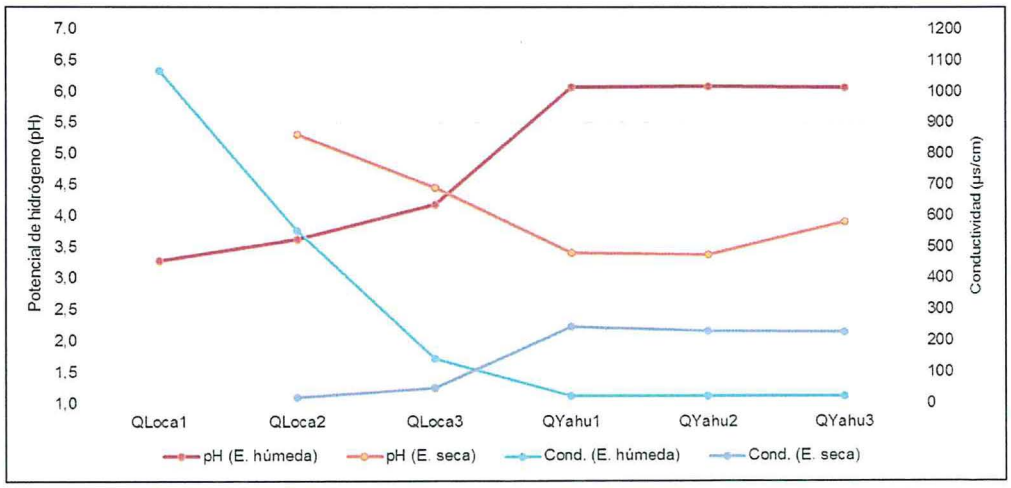


Figura 8-6. Comportamiento de pH y conductividad eléctrica en las quebradas Local y Yahuarmayo, durante la época seca (agosto 2017) y época húmeda (marzo 2018)

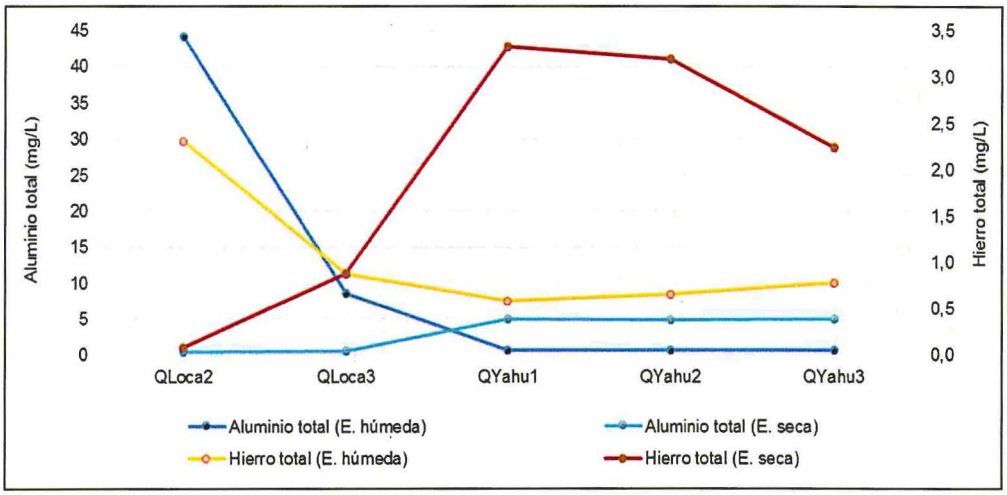


Figura 8-7. Comportamiento de hierro y aluminio en las quebradas Local y Yahuarmayo, durante la época seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

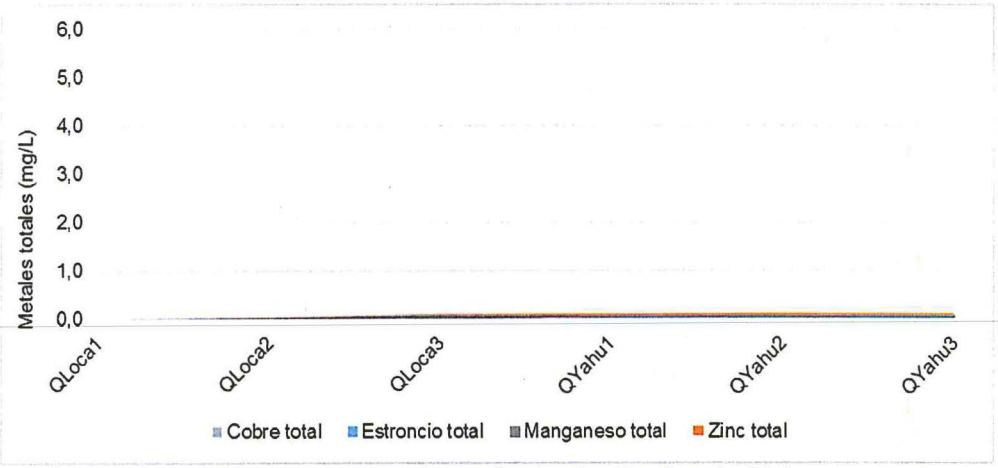


Figura 8-8. Comportamiento de metales en las quebradas Local y Yahuarmayo, durante la época seca (agosto 2017)

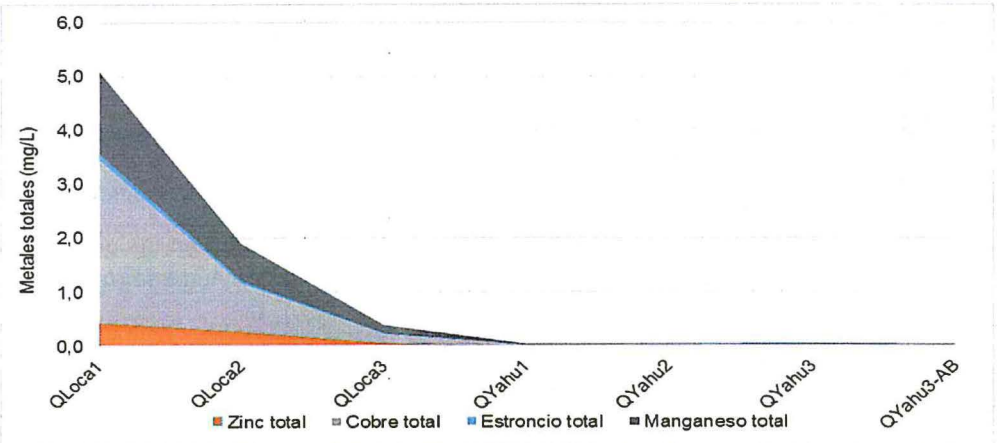


Figura 8-9. Comportamiento de metales en las quebradas Local y Yahuarmayo, durante la época húmeda

Con relación a los sedimentos en la quebrada Yahuarmayo (SED-Yahu1 y SED-Yahu3) y su tributario sin nombre (SED-QSNYahu1) se registraron concentraciones

de arsénico superiores al valor referencial PEL de la CEQG, que guardarían relación con las concentraciónes de arsénico registrados en los suelos aledaños (linea de base ambiental del 2010)[41] a la quebrada Yahuarmayo (Figura 8-12). Ademas, la presencia de ársenico estaría relacionado a la zona mineralizada del yacimiento Utunsa, identificado en el estudio geoquímico de metales en rocas de la línea base (2010). El ársenico se estaría sedimentando en la quebrada por mecanismos de erosión y transporte de la fuente de origen.

En base a las características fisicoquímicas, la comunidad de microalgas (perifiton) presentó una mayor abundancia del phylum Bacillariophyta (diatomeas) en todos los puntos de la quebrada Yahuarmayo, los cuales presentaron aguas ácidas durante ambas épocas evaluadas (de mayor acidez en la época seca). Cabe señalar que en la época húmeda, los puntos ubicados antes de la confluencia (HID-QYahu1A y HID-QYahu-1AB) con la quebrada sin nombre (HID-QSNYahu1) presentaron una alta composición de especies de diatomeas, en comparación con los puntos que se encuentran aguas abajo de la confluencia (HID-QYahu1, HID-QYahu2 y HID-QYahu3). Además, la quebrada sin nombre (HID-QSNYahu1) presentó características de aguas neutras (7,11 de pH) en la época húmeda, siendo el phylum Cyanobacteria el más abundante, representado por la especie *Leptolyngbya* sp. 1, la cual presenta una amplia distribución en distintos tipos de ambientes (Singh & Elster, 2007).

Durante la época húmeda, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la parte alta de la quebrada (antes del aporte de HID-QSNYahu1) presentó a *Pentaneura* sp. (familia Chironomidae, orden Diptera) como la más abundante en el punto HID-QYahu-1AB. En el punto HID-QYahu1A no se colectaron organismos debido al aumento del caudal. La especie *Pentaneura* sp. es considerada bioindicadora, tolerante a cambios en el medio ambiente, además de ser indicadora de eutrofización en ecosistemas acuáticos (Pinilla *et al.*, 1993) y capaz de adaptarse a un amplio rango de variables ambientales (Fittkau, 1986). Durante esta misma época de evaluación, en los puntos HID-QYahu1 y HID-QYahu2 (aguas abajo del aporte de HID-QSNYahu1) no se colectaron organismos debido al aumento del caudal, el cual afectaría al establecimiento de esta comunidad en la quebrada.

Durante la época seca, aguas abajo del aporte de HID-QSNYahu1, en los puntos HID-QYahu1, HID-QYahu2 y HID-QYahu3, las especies más representativas fueron: *Podonomus* sp. (familia Chironomidae, orden Diptera) considerada una especie bioindicadora, tolerante a cambios en el medio ambiente; así como *Claudioperla tigrina* (familia Gripopterygidae, orden Plecoptera) considerada una especie bioindicadora, sensible a cambios en el medio ambiente.

La diversidad de microalgas tuvo un mejor establecimiento hacia aguas abajo durante ambas épocas de evaluación. Sin embargo, las mejores condiciones para el establecimiento de la comunidad de macroinvertebrados ocurrieron durante la época seca. Durante la época húmeda no se cuantificaron organismos en el punto HID-QYahu1 y se identificó un solo organismo en el punto HID-QYahu3, debido al incremento del caudal que perjudicaría el establecimiento de esta comunidad en la quebrada. Estos resultados se reflejaron en los valores de calidad biológica (ABI), que indicaron una moderada calidad durante la época seca y una pésima calidad durante la época húmeda.

[41] Primer Informe Técnico Sustentatorio para el Redimensionamiento del Proyecto Minero Utunsa aprobado mediante Resolución Directoral N.° 024-2017-SENACE/DCA.

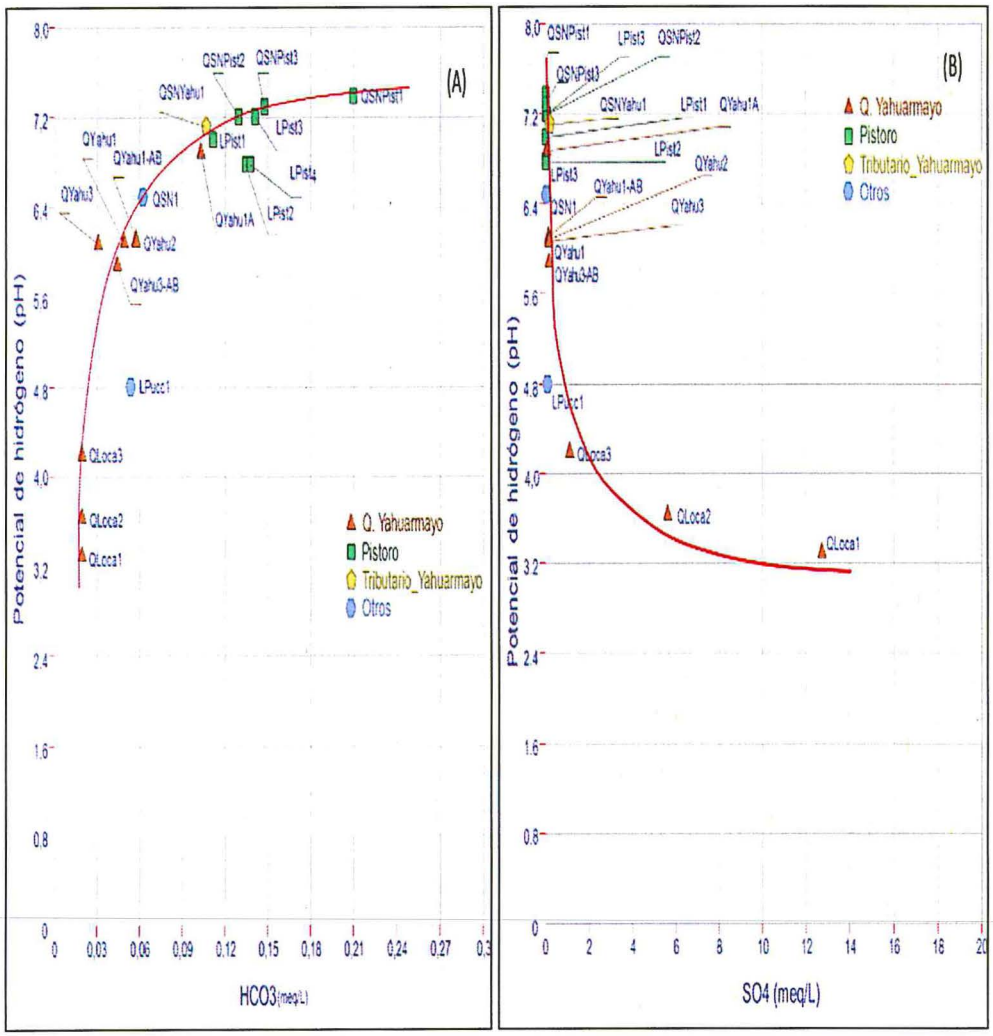


Figura 8-10. a: Relación pH - bicarbonatos (HCO_3) y **b:** Relación pH – sulfatos (SO_4), en la microcuenca Yahuarmayo

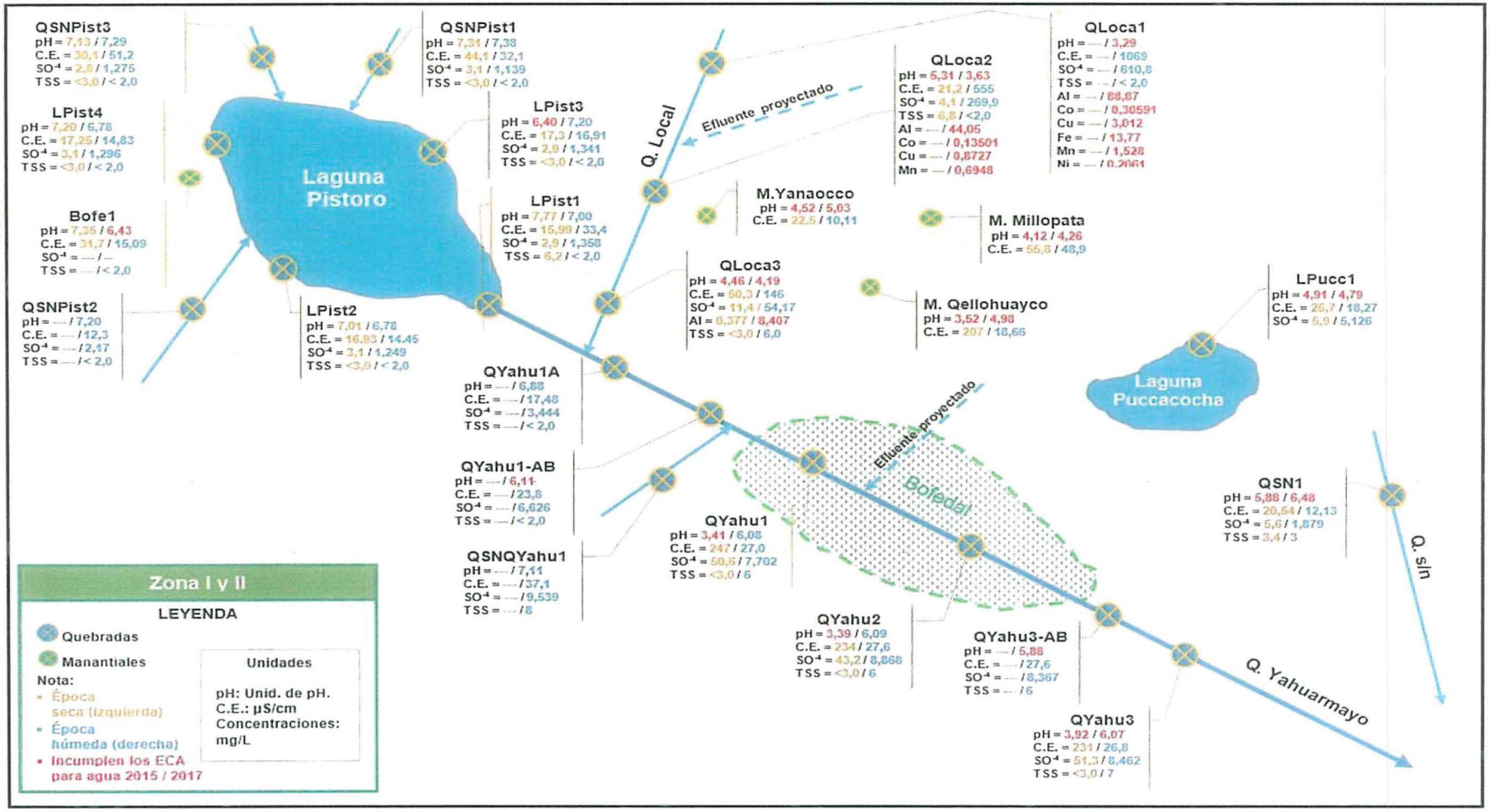
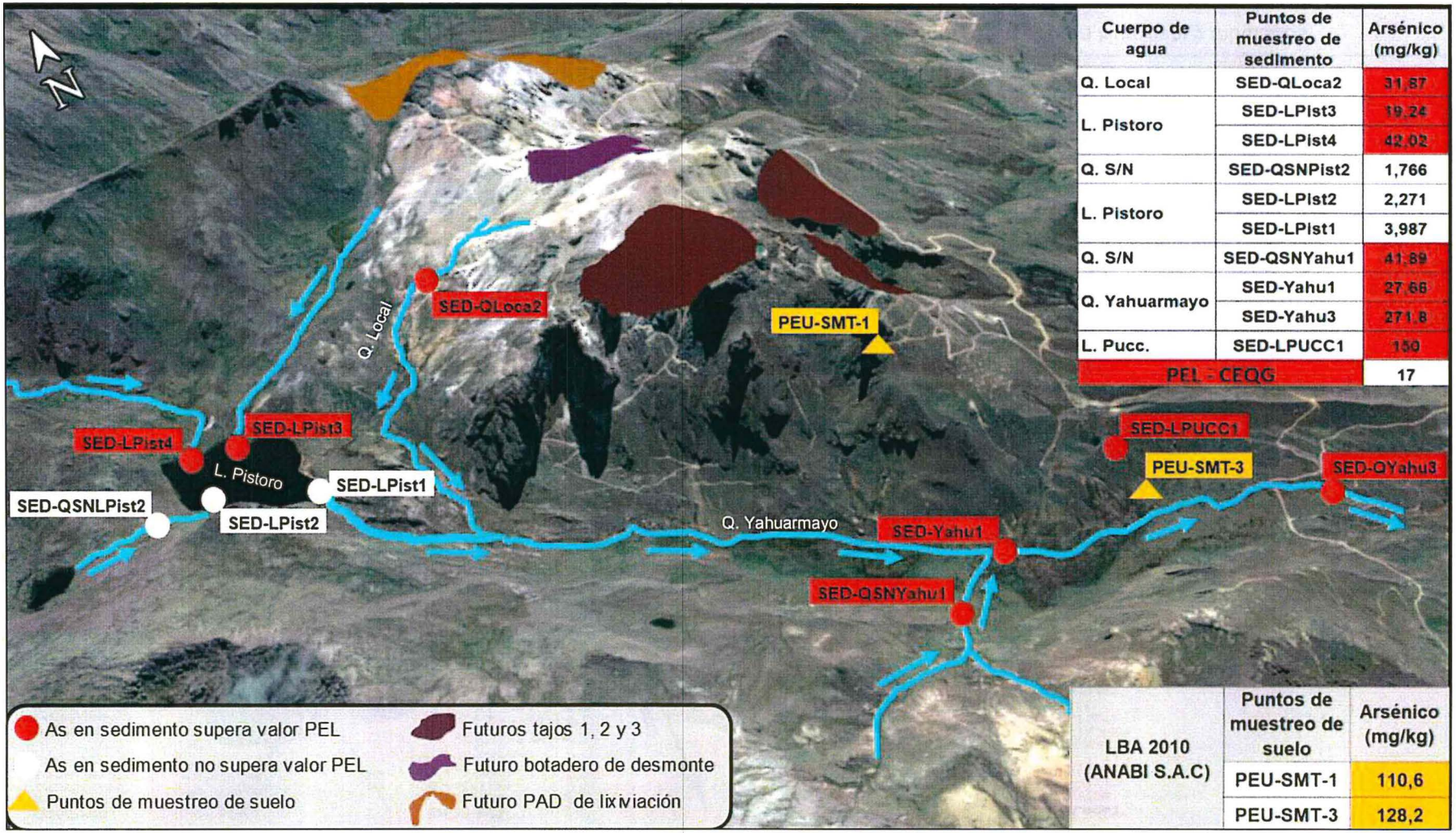


Figura 8-11. Esquema de la zona I: Laguna Pistoro (incluyendo sus tributarios) y Puccacocha y zona II: Quebrada Huayllani y tributarios

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA



Cuerpo de agua	Puntos de muestreo de sedimento	Arsénico (mg/kg)
Q. Local	SED-QLoca2	31,87
L. Pistoro	SED-LPist3	19,24
	SED-LPist4	42,02
Q. S/N	SED-QSNPist2	1,766
L. Pistoro	SED-LPist2	2,271
	SED-LPist1	3,987
Q. S/N	SED-QSNYahu1	41,89
Q. Yahuarmayo	SED-Yahu1	27,66
	SED-Yahu3	271,8
L. Pucc.	SED-LPUCC1	150
PEL - CEQG		17

LBA 2010 (ANABI S.A.C)	Puntos de muestreo de suelo	Arsénico (mg/kg)
	PEU-SMT-1	110,6
	PEU-SMT-3	128,2

Figura 8-12. Concentraciones de arsénico en los sedimentos de los cuerpos de agua de la microcuenca Yahuarmayo y suelos aledaños

8.1.2 Microcuenca Chicorume–Pallani

La microcuenca Chicorume–Pallani comprende la laguna Angascocha y las quebradas Angascocha–Pallani y sus tributarios Umasa (zona III) y, las quebradas Collpa-Pallalla Punco (incluyendo sus tributarios Chicorume, Ocolloclla y quebrada sin nombre) que nace de la unión de las quebradas Utunsa y Parca Orjo (zona IV). Las quebradas Utunsa, Collpa y Parca Orjo se ubican al este del futuro botadero y, la laguna Angascocha se ubica al sureste y en la parte baja del futuro tajo 3 del proyecto minero Utunsa (Anexo 3: mapa de ubicación)

Zona III: laguna Angascocha y quebradas Angascocha–Pallani y tributarios

La laguna Angascocha que da origen a la quebrada Angascocha–Pallani (QAnga1, QPall1 y QPall2) en la época seca y húmeda presentó aguas con pH ácido; incumpliendo los ECA para agua Cat.3, 2015 y 2017 (Figura 7-50), sin embargo, las concentraciones de metales cumplieron con los estándares mencionados. Además, el oxígeno disuelto en el tributario Umasa (QUmas1) y en la quebrada Angascocha–Pallani (QPall1), aguas abajo del bofedal, incumplieron solo la subcategoría D2 (agua para bebida de animales) del estándar, en la época seca (Figura 7-51). Asimismo, al comparar los resultados obtenidos durante la evaluación (2017–2018) con la línea de base (2010)[42], a pesar de la diferencia de años, se observó un comportamiento similar en las aguas superficiales en los puntos cercanos a QAnga1 y QUmas1 tanto en epoca húmeda (Figura 8-13) y seca (Figura 8-14).

En las dos épocas evaluadas (seca y húmeda) en las aguas superficiales de la laguna Angascocha (LAnga1) y, quebradas Angascocha–Pallani (QAnga1, QPall1-QPall2) el pH, conductividad eléctrica y las concentraciones de metales tuvieron un comportamiento similar; el pH se incrementó en la parte baja (QPall1 y QPall2) con respecto a la parte alta (LAnga1 y QAnga1), caso contrario ocurrió con la conductividad eléctrica y con los metales (aluminio, bario, estroncio, hierro, manganeso y zinc) que disminuyeron en su trayectoria, posiblemente debido a la influencia del tributario Umasa (QUmas1: 4,84 unidades de pH y 23,1 µS/cm de C.E.) y del bofedal (Figuras 8-15 a 8-17). Cabe señalar que, la concentración de hierro se incrementa cuando el pH disminuye (menor a 4 unidades de pH), ya que el óxido ferroso soluble puede oxidarse a ion férrico insoluble lentamente a pH cercanos al valor neutro.

Según Gamonal (2002), los bofedales tienen la capacidad de filtrar los metales presentes en sus aguas a través de la acción de las plantas y de los microorganismos. Diversos autores destacan las capacidades de las plantas de contribuir a la disminución de la concentración de metales. Asimismo, Kadlec *et al.* (2000) menciona que las plantas del humedal pueden potencialmente estimular el crecimiento de bacterias que oxidan los metales por transferencia del oxígeno en la rizosfera.

Sobre el comportamiento hidroquímico los valores de pH en los puntos evaluados tienen correspondencia con los sulfatos (Figura 8-26a), la predominancia de este anión también puede observarse en el diagrama de Piper (Figura 7-56), donde los puntos ubicados en la laguna Angascocha (LAnga1), la naciente de la quebrada Angascocha (QAnga1), la quebrada Pallani (QPall1) y el tributario Umasa

42 Primer Informe Técnico Sustentatorio para el Redimensionamiento del Proyecto Minero Utunsa aprobado mediante Resolución Directoral N.° 024-2017-SENACE/DCA.

presentaron facies sulfatadas cálcicas magnésicas, mientras que el punto QPall2 (aguas abajo del aporte de la quebrada Umasa) cambio su facie a sulfatadas cálcicas.

Estas diferencias marcadas entre los puntos LAnga1 y QAnga1 y, los puntos QPall1, QPall2, y el tributario QUmas1, fue concordante con lo que se observa en el diagrama de Stiff (Figura 7-57a), ya que las aguas de los puntos LAnga1 y QAnga1 presentaron mayor mineralización que las aguas de los puntos QPall1, QPall2 (localizados aguas abajo del bofedal) y del tributario QUmas1: desde débil mineralización (QAnga1) a muy débil mineralización (QPall1 y QPall2).

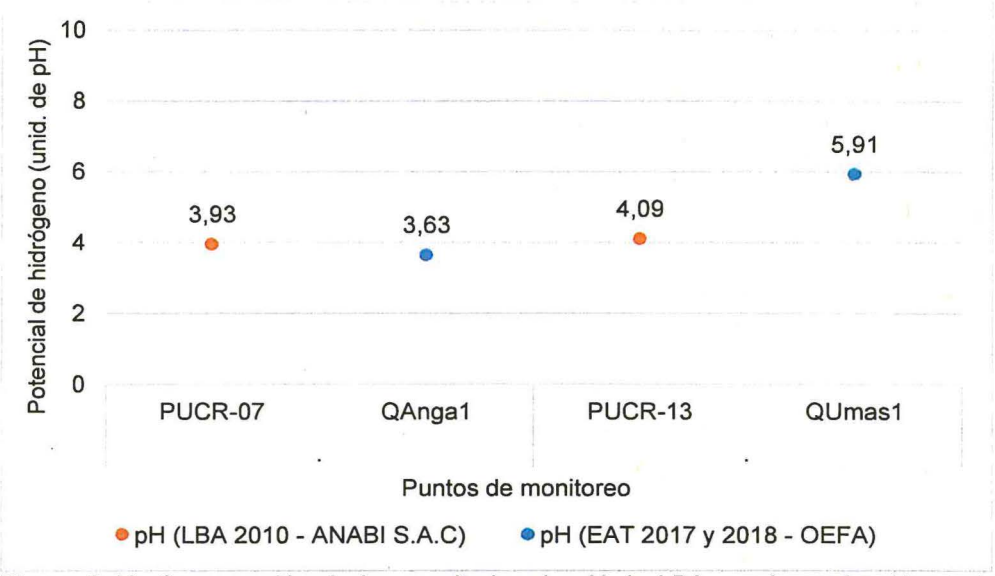


Figura 8-13. Comparación de los resultados de pH de LBA con la evalaución en la quebrada Angascocha y Umasa, epoca seca.

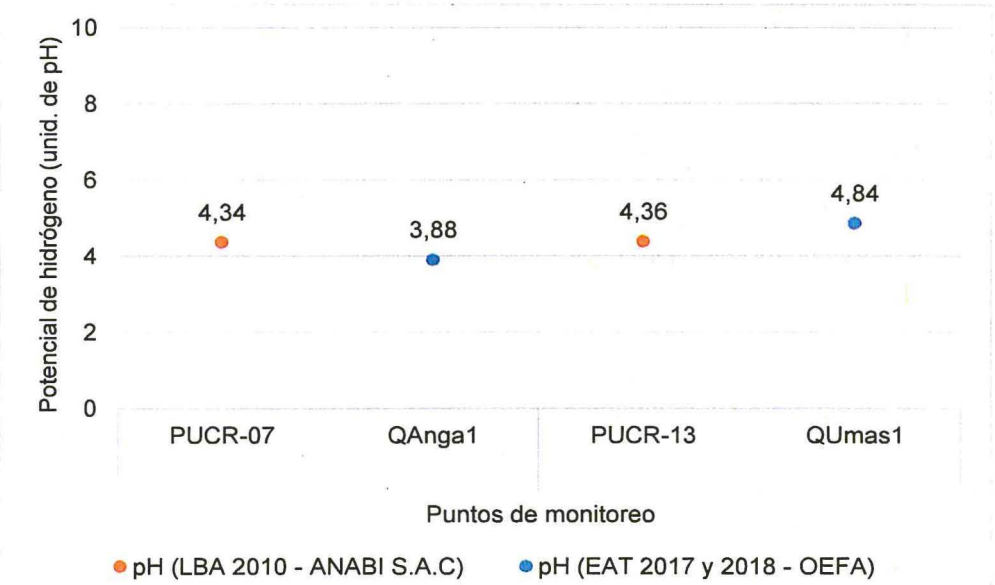


Figura 8-14. Comparación de los resultados de pH de LBA con la evalaución en la quebrada Angascocha y Umasa, epoca húmeda.

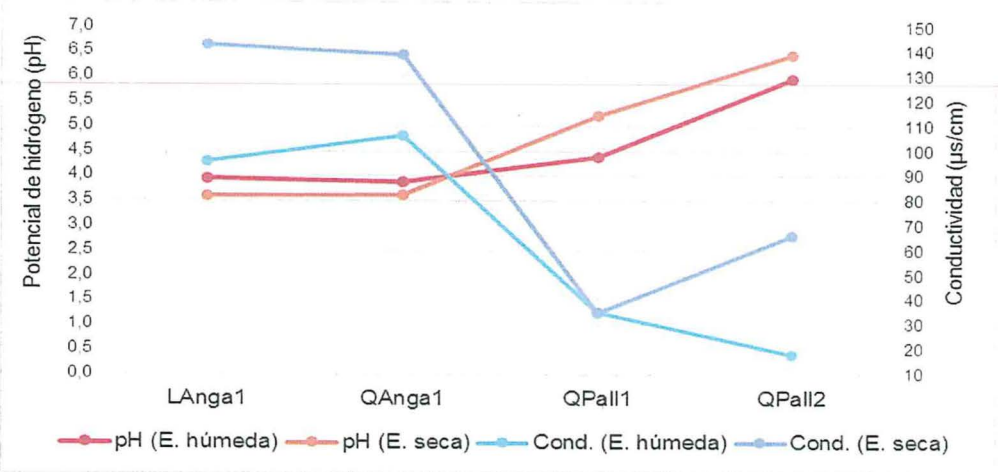


Figura 8-15. Comportamiento de pH y conductividad eléctrica en la laguna Angascocha y quebrada Angascocha-Pallani, en la época seca (agosto 2017) y época húmeda (marzo 2018)

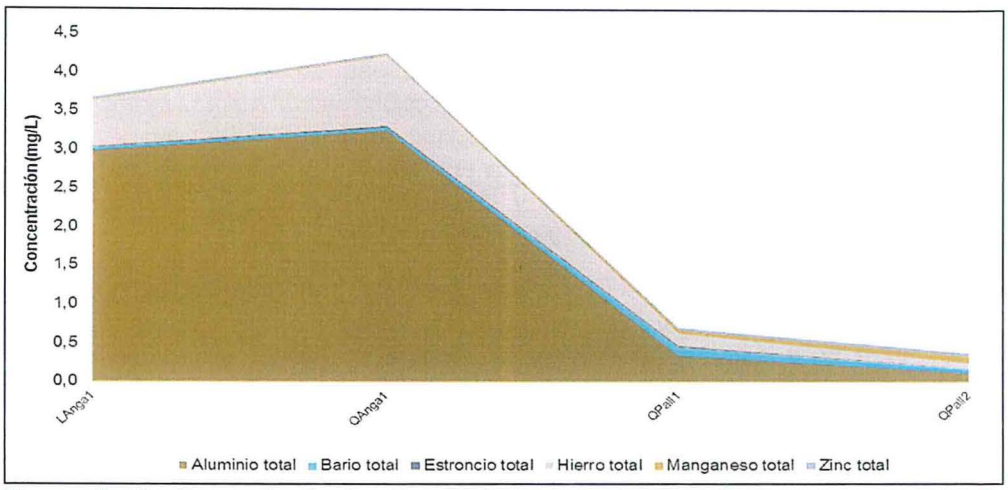


Figura 8-16. Comportamiento de metales en la laguna Angascocha y quebrada Angascocha-Pallani, durante la época seca (agosto 2017)

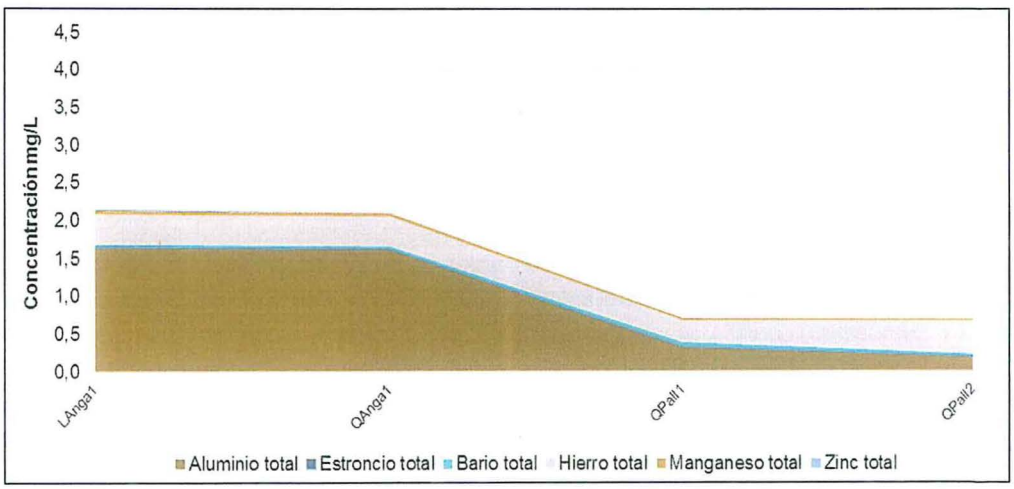


Figura 8-17. Comportamiento de metales en la laguna Angascocha y quebradas Angascocha-Pallani, durante la época húmeda (marzo 2018)

El sedimento de la laguna Angascocha (SED-LAnga1), evaluado solo en época húmeda, registró concentraciones de arsénico, cadmio y cobre que superaron los valores referenciales PEL de la CEQG; cabe mencionar que, en los suelos aledaños a este punto reportaron en la línea de base concentraciones de arsénico y cadmio (Figura 8-28). Ademas, la presencia de ársenico estaría relacionado a la zona mineralizada del yacimiento Utunsa, identificado en el estudio geoquímico de metales en rocas de la línea base (2010). El ársenico se estaría sedimentando en la laguna por mecanismos de erosión y transporte de la fuente de origen (zona mineralizada).

En la laguna Angascocha (HID-LAnga1), el género *Peridinium* (phylum Miozoa) fue el más abundante del fitoplancton durante la época seca y el género *Fragilaria* (phylum Bacillariophyta) fue el más abundante durante la época húmeda. Como se mencionó anteriormente, *Peridinium* es un género indicador de eutrofia y formadora de florecimientos algales nocivos, mientras que *Fragilaria* es una diatomea que se encuentra relacionada a la presencia de sílice en la laguna, además de ser tolerante a aguas con características ácidas como las de la laguna.

Asimismo, la comunidad del zooplancton tuvo como géneros más abundantes a Bdelloidea ND (especie no determinada de la clase Bdelloidea, phylum Rotifera) y *Arcella* (phylum Protozoa) durante las épocas seca y húmeda respectivamente. Como ya se indicó, los rotíferos como los cilióforos son buenos indicadores de aguas en condiciones de eutrofia, mientras que *Arcella* (ameba testácea con una teca compuesta de sílice) se caracteriza por abundar en ambientes con características ácidas (Burges & Raw, 1967) y donde se están llevando a cabo procesos de eutrofización (Madoni *et al.*, 1993; Madoni, 1994).

Sobre la comunidad de microalgas (perifiton) podemos indicar que las especies *Tabellaria floculosa* y *Frustulia saxonica* fueron las más abundantes en la época húmeda y seca respectivamente. Ambas especies pertenecientes al phylum Bacillariophyta (diatomeas) presentaron un alto desarrollo relacionado a la precensia de sílice en la laguna (incluso mayor que Pistoro).

Además, *Tabellaria flocculosa* tiene la capacidad de ser considerada una especie indicadora de eutrofización en ambientes de termperatura fría (Donato *et al.*, 1987; Duque & Donato, 1992), mientras que diversas especies del género *Frustulia* tienden a ser tolerantes a aguas con características ácidas como los de la laguna (Douglas *et al.*, 1998). Estas características de aguas ácidas limitarían el desarrollo de otros grupos de microalgas. Por otro lado, *Assulina* sp. (phylum Cercozoa) fue la única especie registrada de los microorgansimos, únicamente durante la época húmeda. *Assulina* sp. (ameba testácea con una teca compuesta de sílice) se caracteriza por abundar en ambientes con características ácidas (Burges & Raw, 1967).

Los parámetros fisicoquímicos en la laguna Angascocha durante ambas épocas, presentaron condiciones no favorables para el desarrollo de trucha (*O. mykiss*), teniendo en consideración que un pH de características ácidas (menor a 4,0 unidades) brindaría un rendimiento pobre para el desarrollo de esta especie (Swingle, 1969). Figura 8-3.

Todas las características antes mencionadas podrían relacionarse a que posibles actividades antrópicas evidenciadas a la salida de la laguna, como el pastoreo en las proximidades o uso de las aguas como bebederos para animales, podrían generar un incremento de nutrientes en la laguna lo cual aceleraría el proceso de eutrofización natural de la laguna (Mazzeo *et al.*, 2002).

La quebrada Angascocha–Pallani (HID-QAnga1), formada a la salida de las aguas de la laguna Angascocha (naciente de la quebrada Angascocha–Pallani), presentó características fisicoquímicas similares a las de la laguna (HID-LAnga1). Estas características estuvieron relacionadas a una alta dominancia de especies del phylum Bacillariophyta (diatomeas) como son *Frustulia* aff. *chilensis* (durante la época seca) y *Eunotia arcus* (época húmeda), capaces de tolerar aguas ácidas (Douglas *et al.*, 1998).

Asimismo, se presentó una alta dominancia de la familia Chironomidae (orden Diptera), representado por las especies *Cricotopus* sp. (época seca) y *Pentaneura* sp. (época húmeda), las cuales son indicadoras de eutrofización (de oligo a mesotrofia) (Pinilla *et al.*, 1993), además de adaptarse (tolerante) a un amplio rango de variables (Fittkau, 1986) acorde a las aguas ácidas de la quebrada (< 4,0 unidades de pH). Cabe señalar, que la quebrada presentó una moderada calidad biológica en la época seca y una mala calidad ecológica durante la época húmeda, presentando mayormente organismos facultativos y tolerantes en su mayoría. Esta calidad tiene relación a las características ácidas de las aguas, la cual posiblemente sea un limitante para el desarrollo de especies sencibles.

Aguas abajo de la quebrada Angascocha–Pallani (HID-QAnga1) se ubicaron las quebradas Umasa (HID-QUmas1) y quebrada Angascocha–Pallani (HID-QPall1), las cuales atraviesan un bofedal. Las concentraciones de sílice fueron mayores en estos dos puntos en comparación al punto HID-QAnga1, durante la época húmeda. Cabe señalar que, no se consideró la evaluación de las comunidades hidrobiológicas en estos dos puntos durante la época seca.

Estas características de la quebrada Pallani estuvieron relacionadas a mayores valores de diversidad verdadera de la comunidad de microalgas, durante la época húmeda en los puntos HID-QUmas1 y HID-QPall1, dado por un alto número de especies y abundancia del phylum Bacillariophyta (diatomeas), especialmente por especies del género Eunotia, como son Eunotia sp. 2. (la más abundante de HID-QUmas1) y Eunotia arcus (la más abundante de HID-QPall1), relacionadas a una alta tolerancia a aguas ácidas (Douglas *et al.*, 1998). Como se mencionó anteriormente, las características ácidas del agua pueden limitar el desarrollo de otros grupos de microalgas. Cabe indicar que, no se registraron macroinvertebrados bentónicos en estos dos puntos durante la época húmeda, debido posiblemente a una moderada calidad hidromorfológica del cauce ya que la quebrada atraviesa parte de lo que es un bofedal y grama terrestre, las características ácidas del agua (< 6,0 unidades de pH) y al aumento del caudal, indicando una pésima calidad biológica durante la época.

En el punto HID-QPall2, ubicado aguas abajo de la confluencia de ambas quebradas, se evidenció una reducción de la acidez (incremento del pH) en comparación a los puntos aguas arriba, evidenciándose un cambio en la composición de especies, dado por la reducción del phylum Bacillariophyta y un aumento de los phyla Cyanobacteria y Chlorophyta. Especies como *Raphidiopsis* sp., *Calothrix fusca* y *Pseudanabaena* sp. 2 (todas ellas pertenecientes al phylum Cyanobacteria) fueron las más abundantes durante la época seca, mientras que *Adlafia* aff. *brockmannii* (phylum Bacillariophyta) fue la más abundante durante la época húmeda. El conjunto de especies de Cyanobacterias anteriormente descritas tienen la capacidad de soportar aguas con características ácidas (Pomfret, 1974; Nedbalova *et al.*, 2006; Bray, 2007; Vincent, 2010), así también, la especie *Adlafia* aff. *brockmannii* (phylum Bacillariophyta) soporta estas caracterisitcas acidas, además de aprovechar la sílice del medio acuoso.

Asimismo, en el punto HID-QPall2 en lo que corresponde a macroinvertebrados bentónicos, se presentó una alta dominancia de la familia Chironomidae (orden Diptera), representado por las especies Alotanypus sp. (durante la época seca) y Pentaneura sp. (durante la época húmeda), las cuales son especies bioindicadoras, tolerantes a cambios fisicoquímicos en los ecosistemas acuáticos, además de ser indicadoras de eutrofización (Pinilla *et al.*, 1993), capaces de adaptarse a un amplio rango de variables ambientales (Fittkau, 1986). Cabe señalar, que la quebrada presentó una moderada calidad biológica en la época seca y una mala calidad ecológica durante la época húmeda, presentando mayormente organismos facultativos y tolerantes en su mayoría, e incluso organismos sensibles para ambas épocas. Esta calidad tiene relación al aumento de caudal durante la época húmeda, que a las características fisicoquímicas de las aguas (sobretodo pH). Este aumento de caudal generaría arrastre de organismos, así como el lavado del sustrato osbre el que se asocian.

De acuerdo con lo mencionado, el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas en la parte media de la quebrada Angascocha–Pallani (HID-QPall1 y HID-QUmas1) estaría limitado al pH del agua (mayor acidez, mayor desarrollo de especies tolerantes) como a una moderada calidad hidromorfológica. En estos puntos solo se registraron únicamente microalgas, en comparación al punto HID-QPall2, ubicado aguas abajo de estos dos puntos (en el cual se registraron microalgas y macroinvertebrados bentónicos). Es posible que en HID-QPall2 el incremento del caudal producto de las lluvias durante la época húmeda presente limitantes que permitan el desarrollo de los macroinvertebrados bentónicos, producto del arrastre de organismos y al lavado del sustrato en la que habitan. Así también, es posible que las aguas con características ácidas limiten este desarrollo, aunque aguas arriba (HID-QAnga1), con características aún más ácidas, se encontraron organismos de esta comunidad.

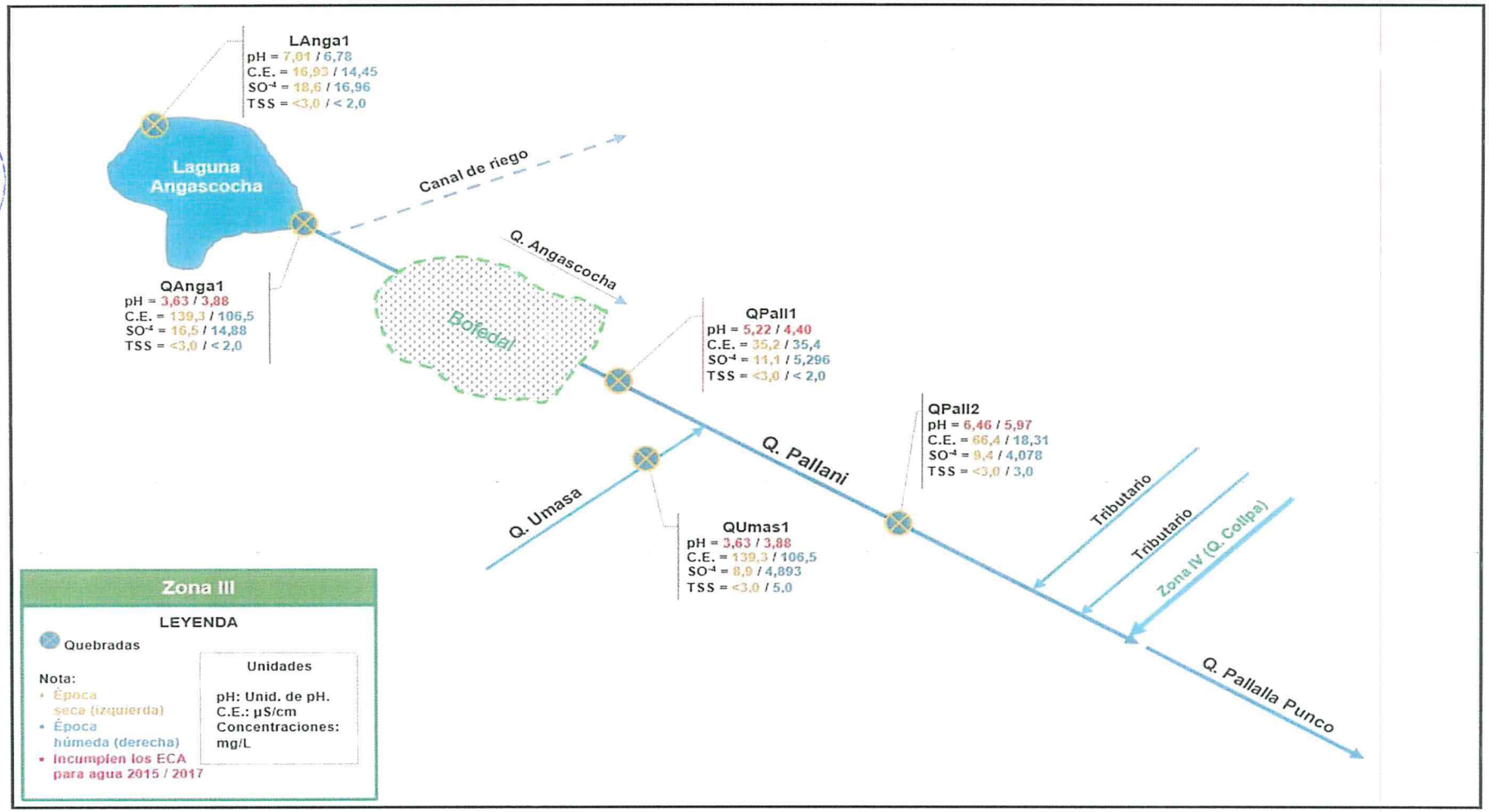


Figura 8-18. Esquema de la zona III: Laguna Angascocha y quebrada Angascocha-Pallaniy su tributario

Zona IV: Quebradas Parca Orjo, Utunsa, Collpa–Pallalla Punco y tributarios Ocolloclla y Chicorume

Debido a las diferencias observadas entre las quebradas Collpa–Pallalla Punco y el tributario Chicorume, el análisis de cada de una de ella se realizó de manera separada.
La quebrada Chicorume confluye con la quebrada Collpa-Pallalla Punco aguas abajo del punto QColl2.

- **Quebradas Parca Orjo, Utunsa, Collpa–Pallalla Punco y tributario quebrada Ocollocila**

  En la época seca en la naciente de la quebrada Collpa–Pallalla Punco, la cual solo recibe las aguas de la quebrada Utunsa en esta época, el pH se incrementó conforme el agua discurrió desde la parte alta hacia la parte baja (Q Utun1: 3,01 a 6,33 unidades de pH) e inversamente la conductividad eléctrica (QUtun1: 356 µS/cm a 100,7 µS/cm), y la concentración de metales disminuyeron. Asimismo, en la época húmeda en la quebrada Collpa–Pallalla Punco la tendencia fue la misma, cabe señalar que, en esta época esta quebrada recibe aguas de las quebras Utunsa y Parca Orjo (Figuras 8-20 y 8-27).

  En la época seca el pH en las quebradas Utunsa (QUtun1), Collpa–Pallalla Punco (QColl1, QColl2 y QPPunc1) y, en la época húmeda en las quebradas Parca Orjo (QPOrjo1), Utunsa (QUtun1) y Collpa–Pallalla Punco (QColl1, QColl2) incumplió los ECA para agua Cat.3 (2015 y 2017). Asimismo, en ámbas épocas la concentración de aluminio y, solo en la época seca la concentración de hierro en la quebrada Utunsa (QUtun1) y la concentración de aluminio en la quebrada Collpa (QColl1) superaron los estándares mencionados.

  Al comparar los resultados obtenidos con la línea de base (2010) se observó en las quebradas Utunsa y Collpa, que el pH fue menor (más ácido) y, las concentraciones de aluminio y hierro fueron similares. Mientras que la quebrada Parca Orjo, que solo se activa en la época húmeda, fue menos ácidas (Figuras 8-19).

Estos comportamientos de pH ácido y de metales asociados a las concentraciones de sulfatos en los puntos evaluados de la quebrada Utunsa y Collpa, podrían atribuirse a la presencia de drenajes ácidos próximos a la parte alta de las quebradas, lo que es concordante con lo mencionado por Salomons (1995) y Webster *et al.* (1998). Además, se debe considerar que en la línea base se identificó, según la geología local, brechas freáticas e hidrotermales, las cuales presentaron una alteración tipo sílice *vuggy*, que podrían estar asociados a sulfuros y óxidos generadores de drenaje ácido de roca.

Sobre el comportamiento hidroquímico, en la época húmeda en las aguas superficiales de las quebradas Utunsa (QUtun1), Collpa–Pallalla Punco (QColl1, QColl2) y Parca Orjo (QPOrjo1) predomina los iones sulfato y se clasificaron como aguas de facies sulfatadas cálcicas magnésicas, mientras que la quebrada Collpa–Pallalla Punco (QPPunc1) se ubicó en la zona intermedia entre sulfatada y bicarbonatada cálcica magnésica De los diagramas de Stiff y Schöeller-Berkaloff se observa que la mineralización disminuyó desde media mineralización a muy débil mineralización conforme las aguas discurrieron hacia la parte baja (Figura 7-56, 7-57b y 7-58 b).

Con respecto a la quebrada Ocollocllla, mostró pH neutro y muy baja conductividad (41 µS/cm) lo que es concordante con la muy débil mineralización mostrada en el diagrama de Stiff (Figura 7-57b). Además por la ligera predominancia de aniones bicarbonatos (0.202 meq/L) en comparación con los sulfatos (0,186 meq/L), y predominancia de cationes calcio, sus aguas fueron de facies bicarbonatadas cálcicas como se muestra en el diagrama Piper (Figura 7-56).

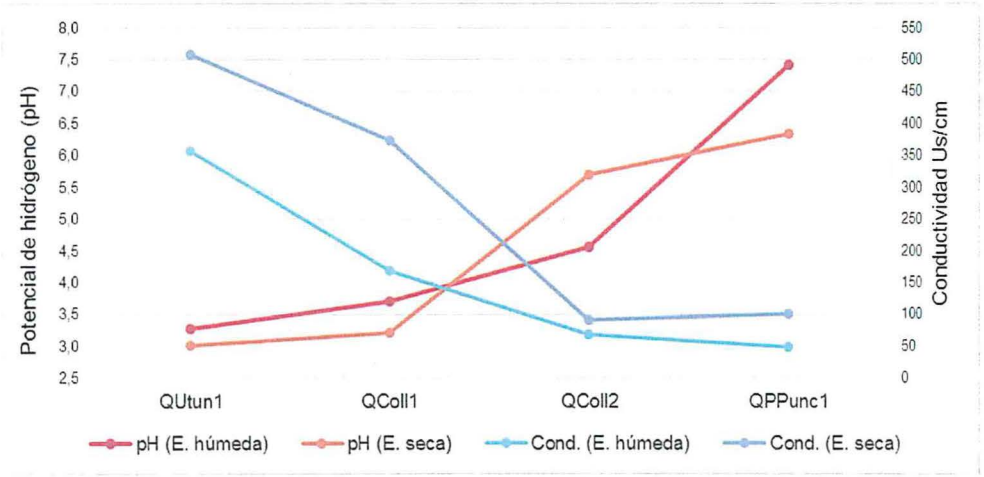


Figura 8-20. Comportamiento de pH y conductividad eléctrica en las quebradas Utunsa, y Collpa-Pallalla Punco, durante las épocas seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

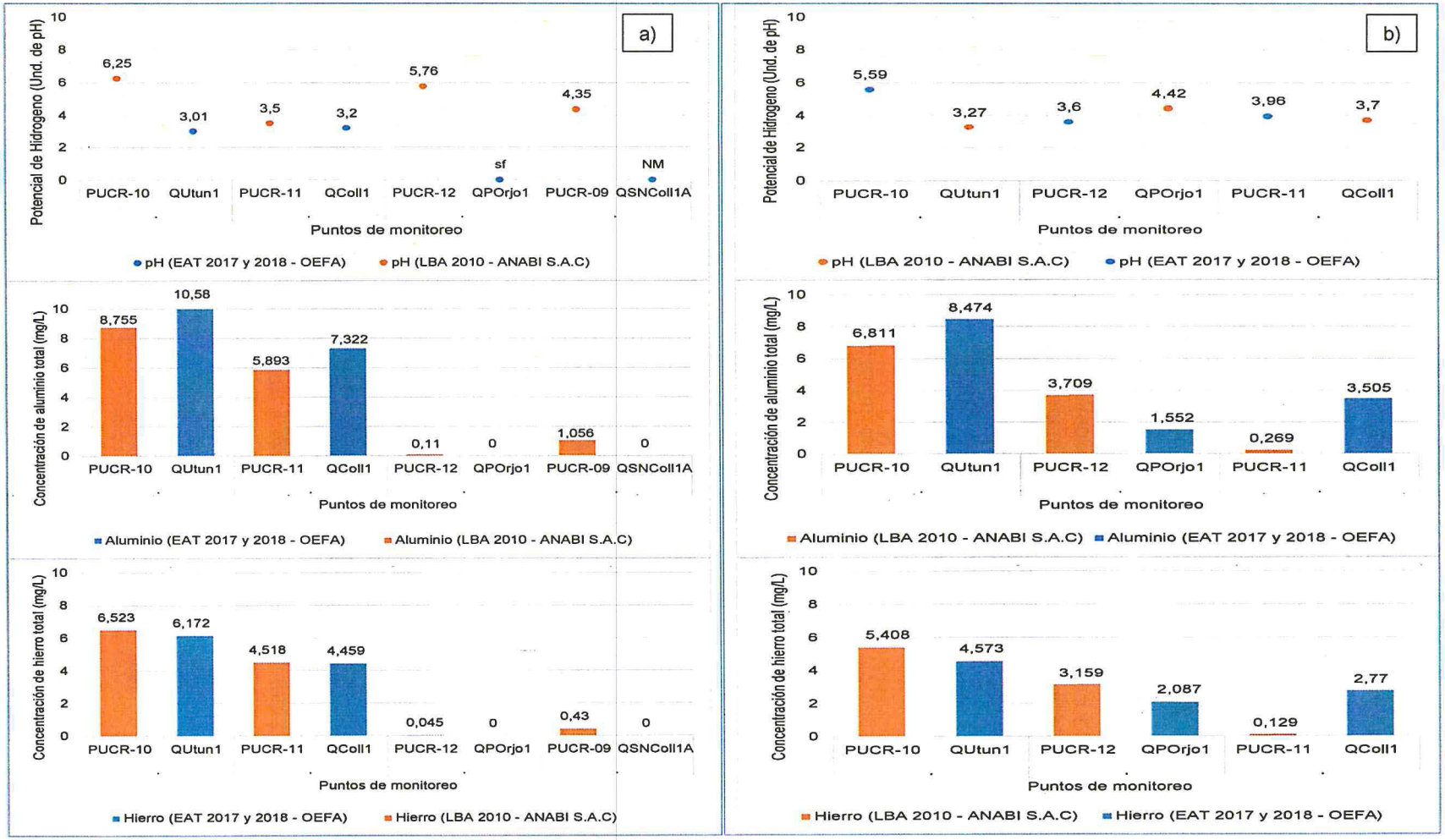


Figura 8-19. Comparación de los resultados de pH, aluminio y hierro de la línea base con la evaluación en la quebrada Utunsa, Collpa y Parca Orjo **a)** época seca y **b)** época húmeda

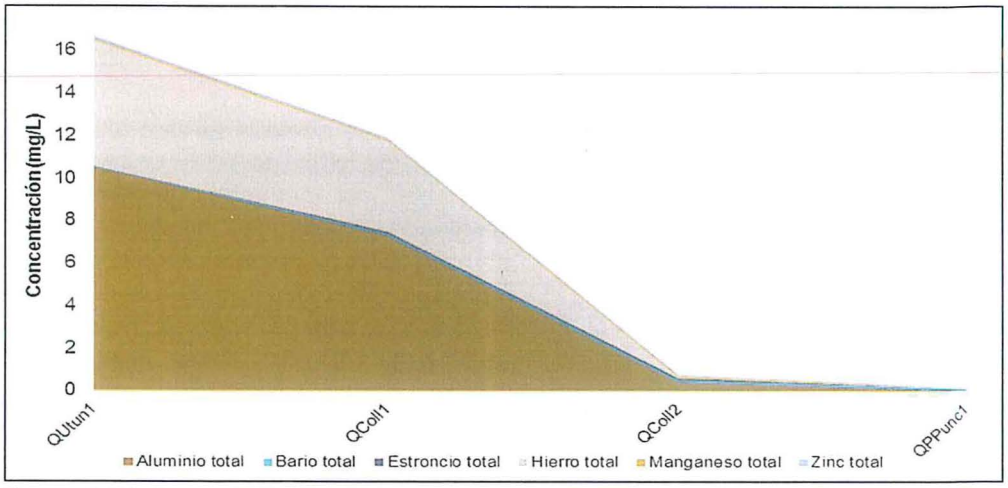


Figura 8-21. Comportamiento de los metales en las quebradas Utunsa y Collpa-Pallalla Punco, durante la época seca (agosto 2017)

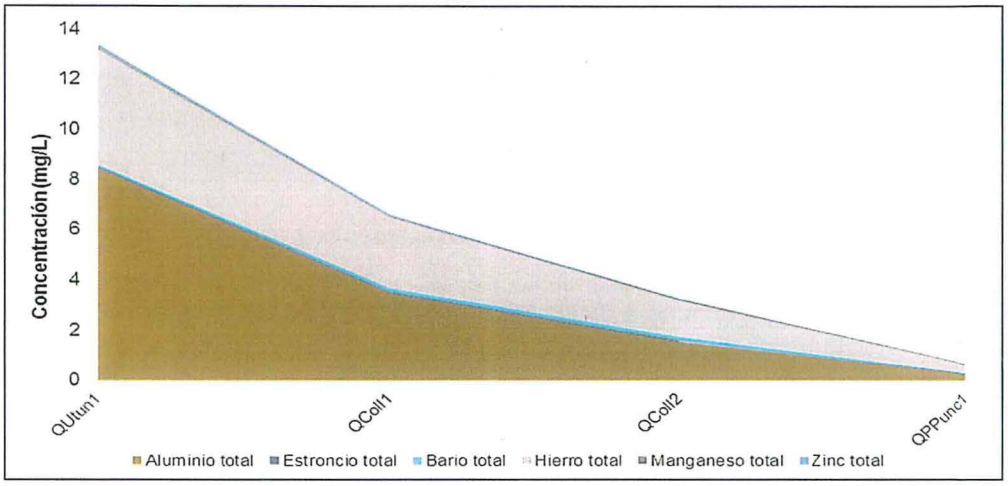


Figura 8-22. Comportamiento de los metales en las quebradas Utunsa y Collpa-Pallalla Punco, durante la época húmeda (marzo 2018)

Con relación a los sedimentos ubicados en la quebrada Collpa (SED-QColl1 y SED-QColl2) y Utunsa (SED-QUtun1) las concentraciones de arsénico se encontraron por encima del valor referencial PEL de la CEQG. Las concentraciones de arsénico en los puntos SED-QColl1 y SED-QUtun1, podrían deberse al arrastre del suelo erosinado el cual estaría sedimentando en las quebradas (Figura 8-25a).

- **Quebrada Chicorume**

Durante la época seca y húmeda en la quebrada Chicorume el pH y la conductividad eléctrica se incrementaron conforme las aguas discurrieron aguas abajo. En cuanto a la concentración de metales esta fue menor en la parte alta (QChic1) con relación a la parte baja (QSNColl1), posiblemente debido al arrastre de metales propias de la disolución de los suelos (de las riberas) causadas por las aguas de lluvia conforme las aguas discurren aguas abajo (Figuras 8-23 y 8-24).

Cabe señalar que durante la época seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018) los parámetros evaluados en las aguas superficiales de la quebrada Chicorume cumplieron los ECA para agua Cat.3 (2015 y 2017), a excepción del pH en la parte alta de la quebrada (QChic1) y, de la parte media en el punto QChic2 (época seca).

Asimismo, al comparar los resultados obtenidos con la línea de base (2010) en ámbas épocas evaluadas el pH fue menor mientras que las concentraciones de metales (aluminio y hierro) fueron similiares.

Con relación a la hidroquímica, en la época húmeda en la quebrada Chicorume, concordante con el diagrama de Stiff, los iones de bicarbonatos (0,041 a 0,259 meq/L) y sulfatos (0,015 a 0,138 meq/L) se incrementaron conforme las aguas discurrieron (Figura 7-57b) manteniendo la débil mineralización. Asimismo, en las aguas de la parte alta de la quebrada (QChic1) predominaron los iones de sodio y se clasificó como aguas de facies bicarbonatadas sódicas, mientras que en la parte baja (puntos QChic2 y QSNColl1) predominaron los iones de calcio y se clasificaron como aguas de facies bicarbonatadas cálcicas magnésicas (Figura 7-56).

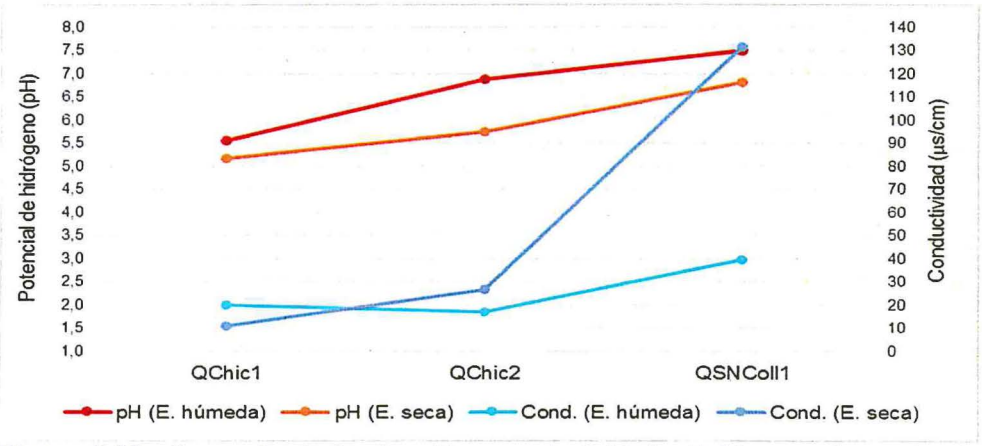


Figura 8-23. Comportamiento de pH y conductividad eléctrica en la quebrada Chicorume, durante la época seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

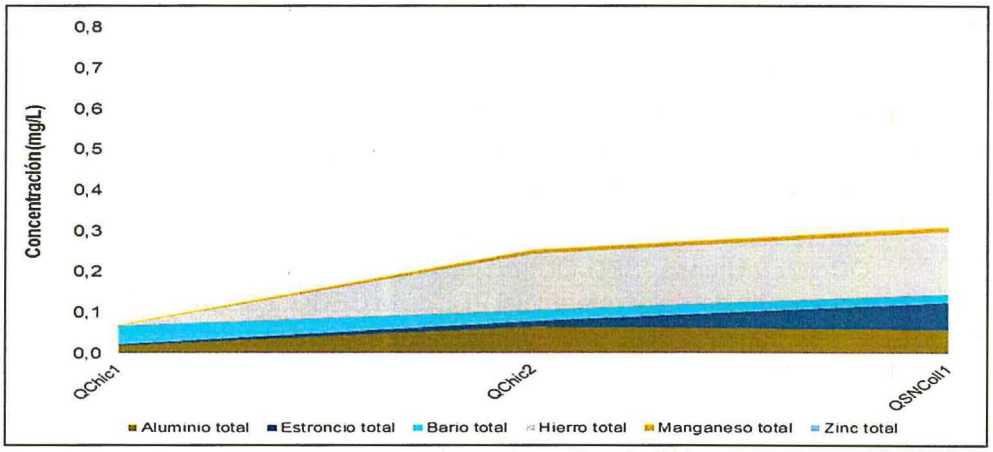


Figura 8-24. Comportamiento de metales en la quebrada Chicorume, durante la época húmeda (marzo 2018)

En la parte alta de la quebrada Chicorume la concentración de arsénico fue 5,632 mg/kg y luego de su recorrido hacia la parte baja (QSNColl1) se incrementó a 19,96 mg/kg, superando el valor referencial PEL de la CEQG (Figura 8-28). Dicho incremento se debería a la presencia de ársenico presentes en los suelos erosionados que por el mecanismo de escorrentía estarían llegando a la quebrada.

Con respecto a la evaluación de las comunidades hidrobiológicas en las quebradas Utunsa (HID-QUtun1) y Parca Orjo (HID-QPOrjo1) se evidenciaron alteraciones del

cauce que podrían limitar su desarrollo. En la quebrada Utunsa se observaron barreras de sedimentación que impedían el recorrido natural del cuerpo de agua (Figura 8-25a), mientras que en la quebrada Parca Orjo se presentaron partículas en suspensión las cuales reducen el paso de luz a través del agua y por ende la capacidad fotosintetizadora de algunos organismos. Además, se observó una coloración rojiza sobre el sustrato, posiblemente relacionado a la presencia de metales en agua y en sedimento (Figura 8-25b).

En lo que respecta a la comunidad de microalgas (perifiton), el punto HID-QUtun1 presentó a la especie *Eunotia* cf. *exigua* (phylum Bacillariophyta) como la más abundante durante la época seca, mientras que en la época húmeda, la especie más abundante fue *Pinnularia microstauron*. Por otro lado, el punto HID-QPorjo1 presentó una mayor abundancia del phylum Cyanobacteria, representada mayormente por la especie *Pseudanabaena* sp. 2 la cual tiene capacidad de soportar ambientes con aguas ácidas (Nedbalova *et al.*, 2006). Ambos géneros han sido señalados por otros autores como capaces de asociarse a drenaje ácido (Czarnecki & Cawley, 1997; Douglas *et al.*, 1998; Verb & Vis, 2000; Sabater *et al.*, 2003).

En lo concerniente a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto HID-QPOrjo1 no se encontraron organismos, posiblemente por el aumento del caudal o por las alteraciones en el cauce. Por otro lado, en el punto HID-QUtun1 se registró organismos de esta comunidad solo en época seca, siendo las especies más representativas *Cricotopus* sp. y *Podonomus* sp. (familia Chironomidae, orden Diptera) señaladas como especies bioindicadoras tolerantes, además de ser indicadoras de eutrofización (Pinilla *et al.*, 1993) y capaces de adaptarse a un amplio rango de variables (Fittkau, 1986).

Aguas abajo de las quebradas Utunsa y Parca Orjo, en la quebrada Collpa-Pallalla Punco (HID-QColl1 y HID-QColl2) y su tributario (HID-QSNColl1A) de características ácidas durante ambas épocas, la comunidad de microalgas (perifiton) presentó una mayor riqueza y abundancia de especies del phylum Bacillariophyta (diatomeas) en comparación a los puntos de la parte alta (HID-QUtun1 y HID-QPorjo1). La especie *Tabellaria floculosa* fue la más abundante en el punto HID-QColl1 durante la época seca, mientras que la especie *Eunotia* cf. *exigua* (phylum Bacillariophyta) fue la más abundante en los puntos HID-QColl1 y HID-QColl2 durante la época húmeda. Cabe recordar que el punto HID-QColl2 no se evaluó durante la época seca; sin embargo fue el punto de menor diversidad biológica de los puntos ubicados en la quebrada Collpa durante la época húmeda, relacionado a las características ácidas de las aguas (< 5,0 unidades de pH).

La especie *Tabellaria floculosa* tiene la capacidad de ser considerada indicadora de eutrofización en los cuerpos de agua (mesotrofia a eutrofia), encontrándose en ambientes ricos en nutrientes (Donato *et al.* 1987; Duque & Donato, 1992), mientras que diversas especies del género *Eunotia*, se caracterizan por ser tolerante a aguas ácidas y estar asociadas a drenajes ácidos (Douglas *et al.*, 1998). Por otro lado, en la quebrada identificada como HID-QSNColl1A, las especies *Synedra* sp. 1 y *Hannaea arcus* fueron las más abundantes en las épocas seca y húmeda respectivamente, caracterizándose por encontrarse en ambientes ricos en nutrientes (Duque & Donato, 1992), además de establecerse en ambientes de aguas ácidas a ligeramente alcalinas (Bellinger & Sigee, 2010).

Para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos durante la época seca, en el punto HID-QColl1 se registró como especie más abundante a *Podonomus* sp. (familia Chironomidae, orden Diptera), la cual es una especie bioindicadora, tolerante a cambios en el medio ambiente como se indicó. Asimismo, durante la época húmeda la especie más abundante fue *Claudioperla tigrina*, (familia Gripopterygidae, orden Plecoptera) la cual es una especie bioindicadora, sensible a cambios en el ambiente, siendo un buen bioindicador de buena calidad de aguas (Theischinger, 1991). En el punto HID-QColl2 no se encontraron organismos durante la época húmeda, esto posiblemente se deba al incremento del caudal.

Estos resultados se reflejaron en los valores de calidad biológica (ABI) los cuales indicaron una moderada calidad en HID-QUtun1 y una mala calidad biótica[43] en HID-QColl1 durante la época seca, a diferencia de la época húmeda, en la cual los puntos HID-QUtun1, HID-QPOrjo1 y HID-QColl2 presentaron una pésima calidad biótica (ausencia de organismos), mientras que los puntos HID-QColl1 y HID-QSNColl1A presentaron una mala calidad. Cabe señalar que en los puntos donde se evaluó la calidad del sedimento (HID-QUtun1, HID-QColl1 y HID-QColl2), las concentraciones de arsénico superaron el valor referencial PEL de la CEQG (Figura 8-28).

Asimismo, mediante el análisis de correspondencia canónica se identificaron organismos de microalgas (perifiton) y macroinvertebrados en la parte alta, asociados a la concentración de metales, sulfatos y conductividad eléctrica. Entre estos organismos tenemos a *Eunotia* perteneciente al phylum Bacillariophyta la cual se caracteriza por ser tolerante a aguas ácidas y estar asociadas al drenaje ácido (Douglas *et al.*, 1998) y Muscidae ND (especie no determinada de la familia Muscidae) perteneciente al orden Diptera, siendo esta última además indicadora de aguas limpias a medianamente contaminadas (Mora & Soler, 1993). Estos organismos estuvieron asociados a los puntos HID-QColl1 y HID-QColl2 (ambos puntos ubicados en la quebrada Collpa).

Cabe indicar que las aguas de la piscigraja (ubicado a la altura del punto QColl2) no se encuentran influenciadas por la quebrada Collpa, por ende los peces capturados presentaron condiciones favorables para su desarrollo. Asimismo, podemos indicar que la muestra de tejidos de pez capturado de *O. mykiss* «truchas» en la época seca (agosto 2017) no superó los contenidos máximos de metales para consumo de acuerdo con SANIPES (2016).

De acuerdo con estos resultados los puntos HID-POrjo1 (época húmeda), así como HID-QUtun1 y HID-QColl1 (en ambas épocas), presentarían condiciones adversas para el desarrollo de microalgas y macroinvertebrados bentónicos (entre ellos especies facultativas y sensibles) incapaces de tolerar aguas ácidas y altas concentraciones de metales.

En las quebradas Ocollocila (HID-QOcol1) y Collpa–Pallalla Punco (HID-QPPunc1) se presentó una mejor composición de especies de diversos phyla, así como una mayor diversidad verdadera de microalgas (perifiton) y una mejor composición de especies de diversos órdenes de macroinvertebrados bentónicos, sobretodo para esta última comunidad en la época seca, ya que en la época húmeda sus poblaciones se redujeron por el incremento del caudal en los cuerpos de agua, llegando a no encontrarse organismos en el punto HID-QOcol1 durante esta época.

[43] Calidad biótica esta referida a las condiciones adecuadas para el desarrollo de la biota acuática.

Como se indicó anteriormente, las características fisicoquímicas en estos dos puntos presentaron una menor acidez del pH y bajas concentraciones de metales.

La calidad de estos puntos se reflejo en el índice de calidad biológica (ABI), presentando una buena calidad en HID-QOcol1 (representado mayormente por especies tolerantes y facultativas) y una moderada calidad en HID-QPPunc1 (representado mayormente por especies facultativas) durante la época seca. En la época húmeda estos puntos presentaron pésima y una mala calidad respectivamente, y como se indicó, posiblemente se deba al incremento del caudal.

La actividad de crianza de truchas (*O. mykiss*) podría desarrollarse sin problemas aguas abajo del punto HID-QOcol1, debido a que no se evidenciaron factores que alteren su desarrollo.

La quebrada Chicorume (HID-QChic2 y HID-QSNColl1) presentó mejores características fisicoquímicas para el establecimiento de las comunidades hidrobiológicas en comparación a la quebrada Collpa. Durante la época húmeda, el punto HID-QChic2 presentó mayor composición de especies de microalgas (perifiton) de diversos phyla, en comparación al punto HID-QSNColl1 (ubicado aguas abajo). Durante la época seca sólo se evaluó el punto HID-QSNColl1, el cual presentó mejor establecimiento del phylum Bacillariophyta.

La comunidad de macroinvertebrados presentó reducida composición de especies durante la época húmeda en comparación a la época seca, debiéndose posiblemente al incremento del caudal. Durante la época húmeda, el punto HID-QChic2 presentó mala calidad biológica (ABI) y que el punto HID-QSNColl1 presentó pésima calidad biológica (ausencia de organismos), mientras que en la época seca, este último punto presentó buena calidad biológica, relacionado a una amplia composición de especies bioindicadoras (tolerantes y facultativas).

Figura 8-25. Durante la época húmeda, **(a)** Características hidromorfológicas del cauce del punto HID-QUtun1. **(b)** Características hidromorfológicas del cauce del punto HID-QPorjo1. Ambos puntos ubicados en la parte alta de la microcuenca Chicorume-Pallani

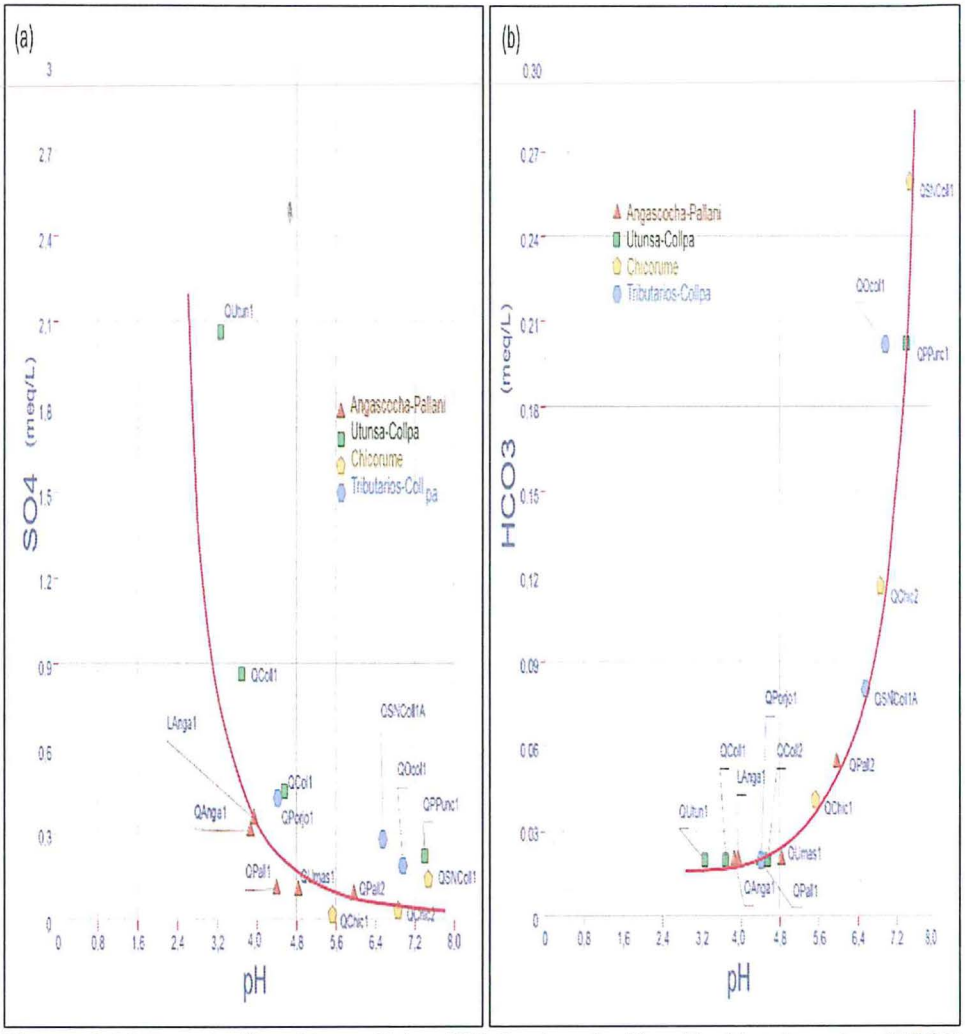


Figura 8-26. a: relación pH – sulfatos (SO4) y b: relación pH - bicarbonatos (HCO3) en la microcuenca Chicorume –Pallani

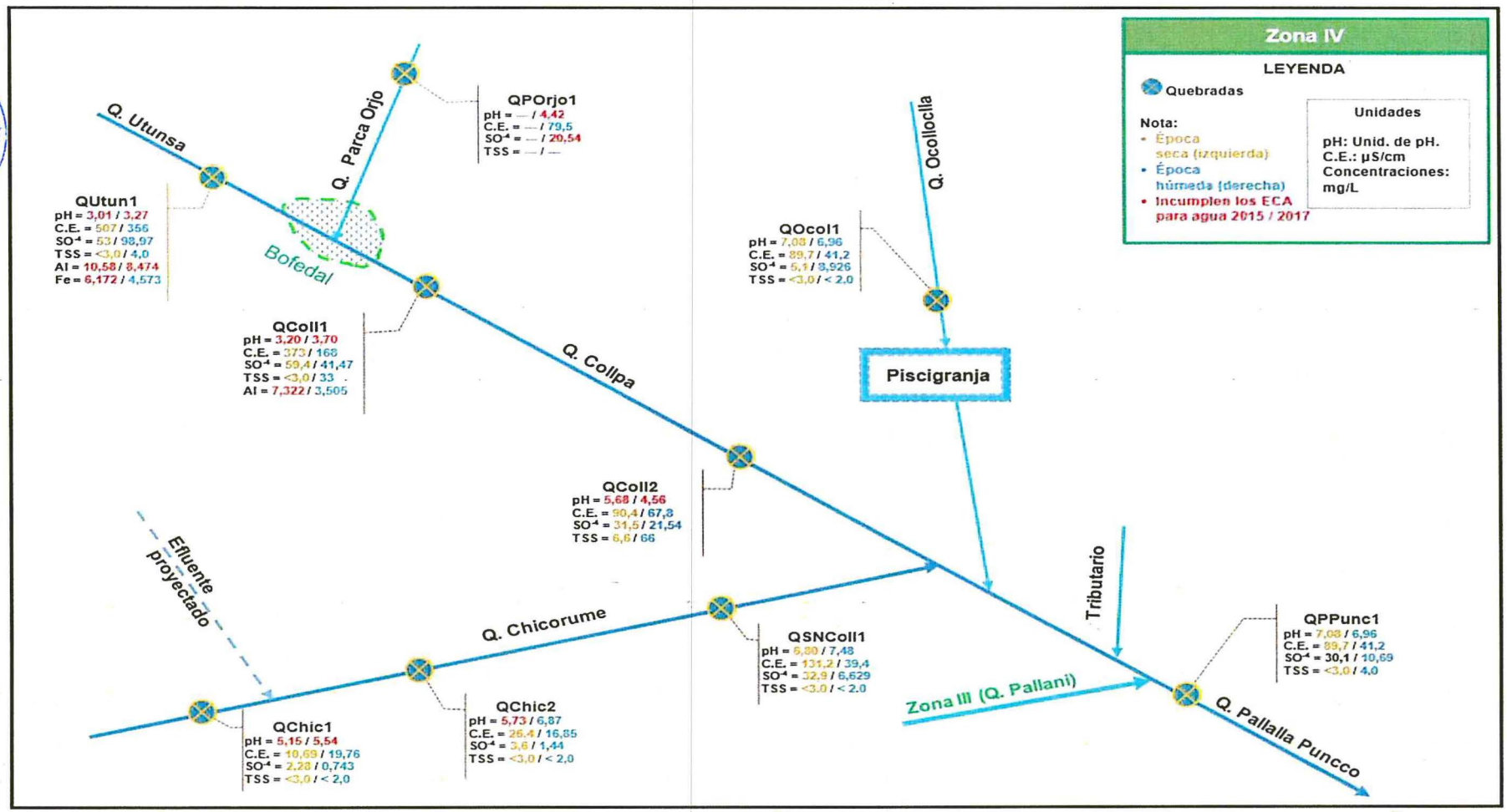
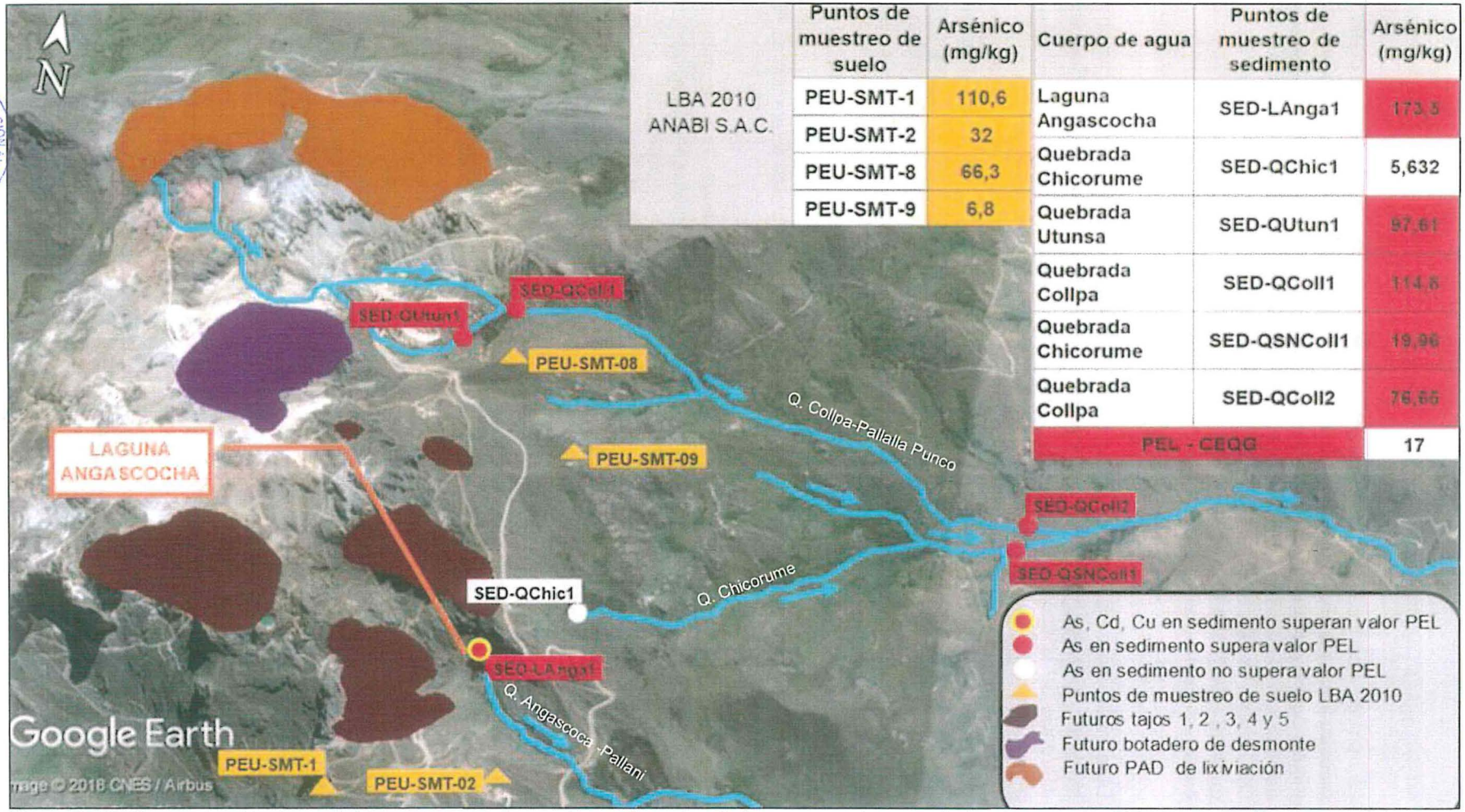


Figura 8-27. Esquema de la zona IV: Quebradas Parca Orjo, Utunsa, Collpa–Pallalla Punco y tributarios Ocollocllla y Chicorume.

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA



LBA 2010 ANABI S.A.C.	Puntos de muestreo de suelo	Arsénico (mg/kg)
	PEU-SMT-1	110,6
	PEU-SMT-2	32
	PEU-SMT-8	66,3
	PEU-SMT-9	6,8

Cuerpo de agua	Puntos de muestreo de sedimento	Arsénico (mg/kg)
Laguna Angascocha	SED-LAnga1	173,5
Quebrada Chicorume	SED-QChic1	5,632
Quebrada Utunsa	SED-QUtun1	97,61
Quebrada Collpa	SED-QColl1	114,5
Quebrada Chicorume	SED-QSNColl1	19,96
Quebrada Collpa	SED-QColl2	76,55
PEL - CEQG		17

Figura 8-28. Concentracion de arsénico, cadmio y cobre en los sedimentos de los cuerpos de agua de la microcuenca Chicorume - Pallani y concentracion de arsénico en suelos aledaños

8.1.3 Microcuenca Huayllani

La microcuenca Huayllani se ubica al norte del proyecto minero Utunsa como se muestra Figura 8-38, en esta microcuenca se evaluaron la quebrada Huayllani, sus tributarios y la quebrada Surimana. Parte de la quebrada Huayllani se ubica al norte del futuro PAD de lixiviación, el tributario de la quebrada Huayllani identificado como QSNHuay2 se ubica al noreste y aguas abajo del futuro PAD de lixiviación y la quebrada Surimana se ubica al este y aguas abajo del futuro PAD de lixiviación del proyecto minero Utunsa.

Zona V: Quebrada Huayllani y sus tributarios

Durante la época seca en las aguas superficiales de la parte baja de la quebrada Huayllani (QHuay2A) el pH disminuyó con respecto a la parte alta (QHuay1), a diferencia de la época húmeda donde presentó una ligera variación. Además, en ambas épocas la conductividad eléctrica se incrementó, mientras que la concentración de sulfatos y metales registraron baja variabilidad conforme las aguas discurrieron, debido al aporte de quebrada sin nombre (QSNHuay1) y del bofedal (Figura 8-29 a 8-32). Asimismo la conductividad eléctrica y la concentración de sulfatos y metales fueron menores en la época húmeda, por el efecto de dilución de las aguas por la lluvia, además del tributario y bodefal mencionado. Cabe resaltar que todos los parámetros evaluados cumplieron con los ECA para agua Cat.3 (2015 y 2017), excepto el pH en los puntos QHuay2A y QSNHuay1 (época seca); en cuanto a los metales evaluados en sedimentos (SED-QHuay2, SED-Huay2A y SED-QHuay2-AB), todas las concentraciones no superaron los valores referenciales PEL de la CEQG (Figura 8-38)

Sobre el comportamiento hidroquímico durante la época húmeda, la predominancia de los iones bicarbonatos clasificaron a las aguas de la quebrada Huayllani y su tributario QSNHuay1, como de facies bicarbonatadas cálcicas magnésicas, según el diagrama de Piper. Asimismo, según los diagrámas de Stiff y Schöeller-Berkaloff se observó un aumento de la mineralización (muy debil) a medida que discurre las aguas de la quebrada Huayllani, desde la parte más alta (QHuay1) hacia la parte más baja (QHuay2-AB). Figuras 7-89, 7-90a y 7-91a.

Con respecto a la comunidad de microalgas (perifiton) durante ambas épocas, la quebrada Huayllani presentó una mayor riqueza y abundancia del phylum Bacillariophyta (diatomeas) en todos los puntos de evaluación, a excepción del punto HID-QSNHuay1 (tributario de la quebrada Huayllani) el cual estuvo mejor representado por el phylum Cyanobacteria. El phylum Bacillariophyta se distribuye bastante bien en diversos ecosistemas acuáticos (especies cosmopolitas), tanto en aguas de características ácidas o alcalinas (Pinilla, 2000), además de tener preferencia por ambientes ricos en sílice, mineral presente en la quebrada Huayllani. Asimismo, el phylum Cyanobacteria soporta bastante bien aguas de características ácidas (Pomfret, 1974; Nedbalova *et al.*, 2006; Bray, 2007; Vincent, 2010) como las registradas en el punto evaluado (HID-QSNHuay1). Las características fisicoquímicas del agua descritas no generarían limitantes para el desarrollo de las comunidades de microalgas.

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en la quebrada Huayllani, presentó una composición de especies bastante diversa aguas arriba y aguas abajo del aporte de la quebrada sin nombre HID-QSNHuay2. Esta composición de especies fue ligeramente mayor durante la época seca en comparación a la época

húmeda. En los puntos ubicados en la quebrada Huayllani, se colectaron organismos bioindicadores como especies tolerantes (representadas mayormente por las familias Chironomidae), especies facultativas (representadas mayormente por la familia Baetidae) y especies sensibles (representadas mayormente por la familia Leptophlebiidae). Estas especies brindaron una mejor calidad biológica aguas arriba del aporte de la quebrada Huiscachan Huayco HID-QSNHuay2, en comparación a aguas abajo. De acuerdo al índice de calidad biológica (ABI), se obtuvieron en ambas épocas valores de muy buena, buena y moderada calidad biológica, este último sobretodo en la época húmeda debido al incrementeo del caudal.

En la época seca y húmeda la quebrada Huiscachan Huayco (QSNHuay2) tributario de la quebrada Huayllani presentó características diferentes a los demás cuerpos de agua evaluados en la microcuenca Huayllani. Dicha quebrada en la época seca presentó pH ligeramente ácido (5,82 unidades) y conductividad eléctrica de 153,7 µS/cm, mientras que en la época húmeda presentó pH neutro (7,11 unidades) y conductividad eléctrica de 594 µS/cm; el aumento significativo del pH guardó relación con el aumento de calcio de 12,65 a 69,16 mg/L. Además, en la época húmeda se registró las mayores concentraciones de sulfatos, bicarbonatos, calcio, estroncio, manganeso, en comparación a la época seca (Figura 8-32). Las aguas en este punto se clasificaron como aguas de facies sulfatadas cálcicas magnésicas y de media mineralización (Figuras 7-89 y 7-90a).

Asimismo, el pH en época seca y el manganeso en ambas épocas incumplieron los ECA para agua Cat.3 (2015 y 2017). En la época húmeda aunque la quebrada Sin nombre presentó concentraciones de cianuro WAD, libre y total, la concentracion de cianuro WAD no superó los ECA para agua Cat.3[44]. Cabe mencionar que en la parte alta, aproximadamente a 100 metros del punto QSNHuay2 se ubican dos pozas de sedimentación que podrían estar influyendo en las características fisicoquímicas (Figura 8-36a).

Con respecto al sedimento del punto SED-QSNHuay2, la concentración del arsénico superó el valor referencial PEL de la CEQG. La presencia de ársenico se debería al arrastre de material disturbado alrededor de las pozas de sedimentación (Figura 8-38).

Bajo estas condiciones fisicoquímicas en el agua la quebrada Huiscachan Huayco (HID-QSNHuay2), *Gomphonema parvulum* (phylum Bacillariophyta) fue la especie más abundante, indicadora de drenaje ácido (Valente *et al.*, 2015). Asimismo, mediante el análisis de correspondencia canónica se identificaron organismos de microalgas, asociados a las concentraciones de metales, bicarbonatos, sulfatos y una alta conductividad eléctrica, siendo las especies predominantes *Gomphonema parvulum* y *Gomphonema subclavatum*. Además, no se encontraron macroinvertebrados bentónicos, indicando esta ausencia de organismos, una pésica calidad biológica. Cabe mencionar que esta quebrada presentaría condiciones adversas para el desarrollo de microalgas y macroinvertebrados bentónicos.

[44] El cianuro libre y total no están identificados dentros de los ECA para agua Cat.3.

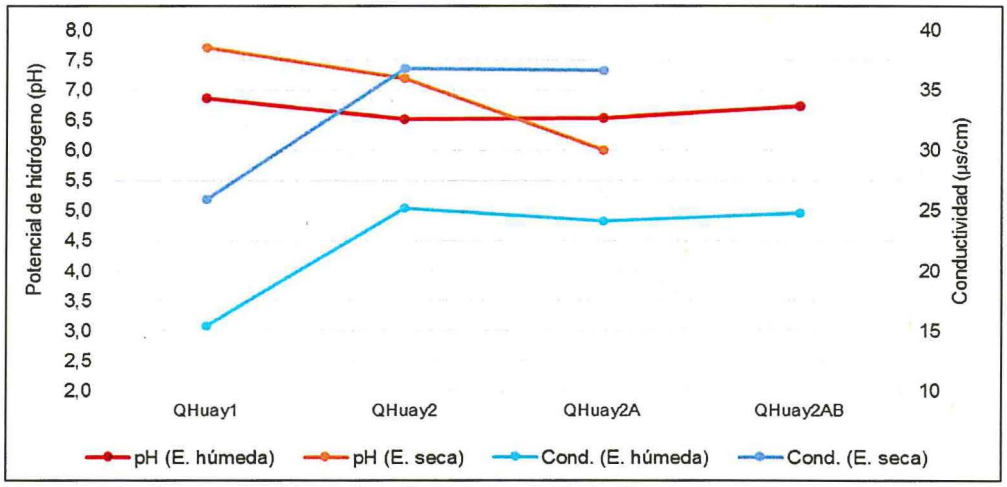


Figura 8-29. Comportamiento de pH y conductividad eléctrica en la quebrada Huayllani, durante la época seca (agosto 2017) y época húmeda (marzo 2018)

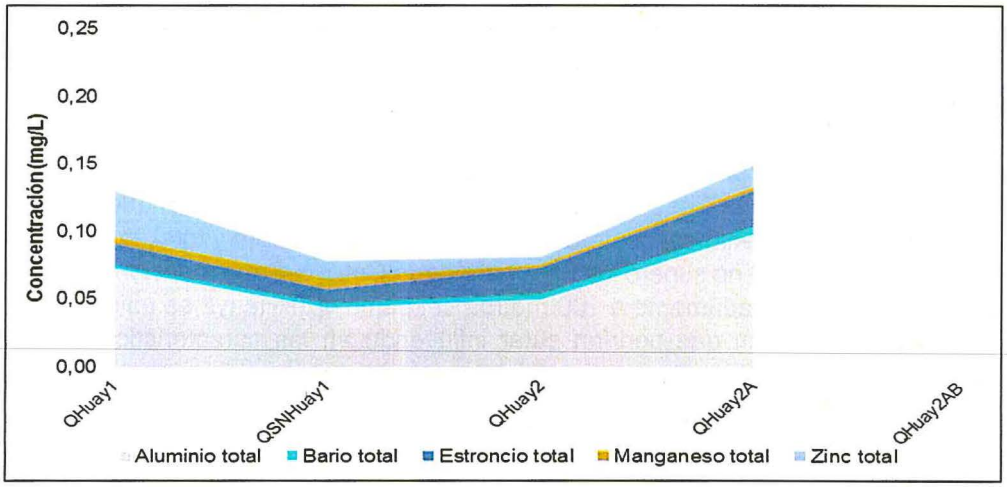


Figura 8-30. Comportamiento de metales en la quebrada Huayllani, durante la época seca (agosto 2017)

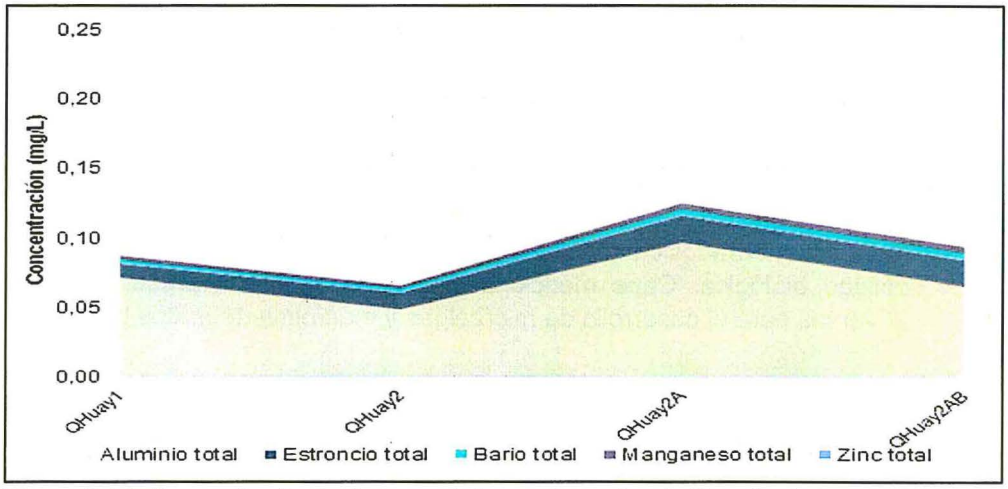


Figura 8-31. Comportamiento de los metales en la quebrada Huayllani, durante la época húmeda (marzo 2018)

Con respecto al sedimento en la quebrada Huayllani, el valor referencial PEL no fue superado por ningún metal, sin embargo, en el punto identificado como SED-QSNHuay2, que es triburario a la quebrada Huayllani, la concentración del arsénico superó el valor referencial PEL de la CEQG (Figura 8-38). Estas concentraciones de arsénico provendrian del suelo erosionado, ubicado aguas arriba de la quebrada, el cual estaría generando el arrastre de material por el cauce de esta quebrada. (Figura 8-36a).

Con respecto a la comunidad de microalgas (perifiton) durante ambas épocas, la quebrada Huayllani presentó una mayor riqueza y abundancia del phylum Bacillariophyta (diatomeas) en todos los puntos de evaluación, a excepción del punto HID-QSNHuay1 (tributario de la quebrada Huayllani) el cual estuvo mejor representado por el phylum Cyanobacteria. El phylum Bacillariophyta se distribuye bastante bien en diversos ecosistemas acuáticos (especies cosmopolitas), tanto en aguas de características ácidas o alcalinas (Pinilla, 2000), además de tener preferencia por ambientes ricos en sílice, mineral presente en la quebrada Huayllani. Asimismo, el phylum Cyanobacteria soporta bastante bien aguas de características ácidas (Pomfret, 1974; Nedbalova *et al.*, 2006; Bray, 2007; Vincent, 2010) como las registradas en el punto evaluado (HID-QSNHuay1). Las características fisicoquímicas del agua descritas no generarían limitantes para el desarrollo de las comunidades de microalgas.

Por otro lado, las características fisicoquímicas del punto HID-QSNHuay2 (quebrada Huiscachan Huayco, tributario de la quebrada Huayllani), estuvieron relacionadas a un mayor aporte de metales, cianuro y una mayor conductividad eléctrica. Bajo estas condiciones fisicoquímicas (distintas al resto de los puntos) *Gomphonema parvulum* (phylum Bacillariophyta) fue la especie más abundante en el punto. Esta especie ha sido descrita con anterioridad como indicadora de drenaje ácido (Valente *et al.*, 2015). Asimismo, mediante el análisis de correspondencia canónica se identificaron organismos de microalgas en el punto, asociados a las concentraciones de metales, bicarbonatos, sulfatos y una alta conductividad eléctrica, siendo una de las especies indicadoras *Gomphonema parvulum* (descrito anteriormente), además de *Gomphonema subclavatum*. Es necesario indicar que en el punto HID-QSNHuay2 se evidenciaron componentes del proyecto minero en la parte alta, siendo uno de ellos la planta de destrucción de cianuro, además de pozas de sedimentación (Figura 8-36a).

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en la quebrada Huayllani, presentó una composición de especies bastante diversa tanto aguas arriba como aguas abajo del aporte de la quebrada Huiscachan Huayco (HID-QSNHuay2). Esta composición de especies fue ligeramente mayor durante la época seca en comparación a la época húmeda. En los puntos ubicados en la quebrada Huayllani y tributarios (a excepción de HID-QSNHuay2), se colectaron organismos bioindicadores como especies tolerantes (representadas mayormente por las familias Chironomidae), especies facultativas (representadas mayormente por la familia Baetidae) y especies sensibles (representadas mayormente por la familia Leptophlebiidae). Sin embargo, en el punto HID-QSNHuay2, evaluado únicamente durante la época húmeda, no se colectaron organismos de esta comunidad. Es necesario indicar que en este punto la concentración de arsénico en el sedimento superó el valor referencial PEL (17 mg/Kg) de la CEQG por lo que, la concentración existente de este metaloíde no favorecería el desarrollo de macroinvertebrados bentónicos sensibles. De acuerdo con los resultados antes mencionados, la quebrada Huiscachan Huayco, presentaría condiciones adversas para el desarrollo

de microalgas y macroinvertebrados bentónicos incapaces de tolerar aguas ácidas con altas concentraciones de metales y sedimentos con presencia de concentraciones de arsénico mayores a 17 mg/L.

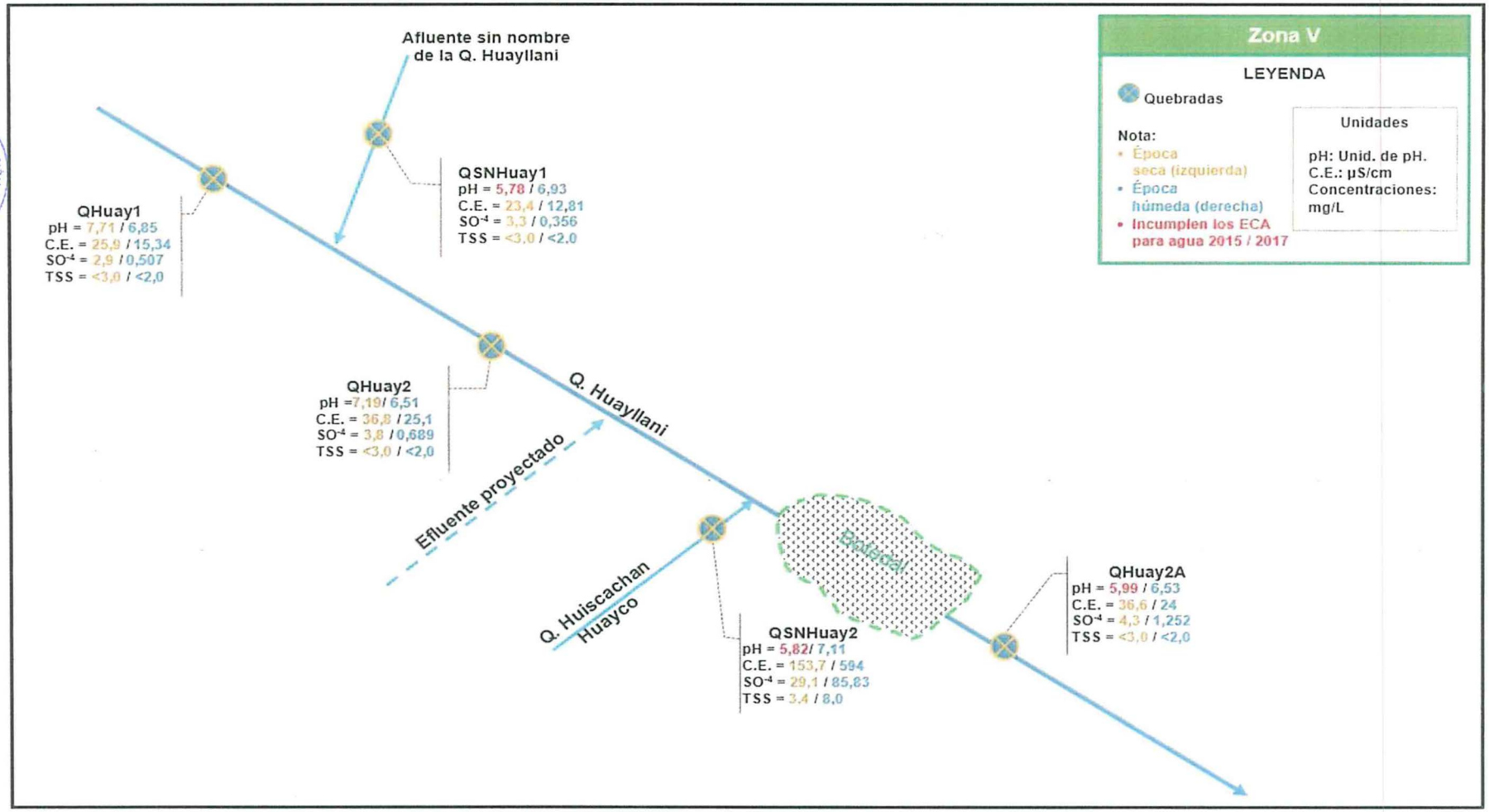


Figura 8-32. Esquema de la zona V: Quebrada Huayllani y tributarios, época seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

Zona VI: quebrada Surimana

Al noreste del PAD de lixiviación se encuentra la quebrada Surimana, como se puede apreciar en el mapa de ubicación del Anexo 3, donde el punto QSuri1A se ubica en la parte alta y próximo a un componente minero y, los puntos QSuri1-AB, QSuri1 y QSuri2 se ubican aguas abajo.

Durante la época seca y húmeda, en las aguas superficiales de la quebrada Surimana el pH se incrementó en la parte baja con respecto a la parte alta , mientras que la conductividad eléctrica, en la época seca, fue constante (entre 42,9 µS/cm a 47,3 µS/cm) y en la época húmeda en la parte alta fue mayor. Por otro lado, en ambas épocas, las mayores concentraciones de los metales en la parte alta de la quebrada que disminuyeron conforme las aguas discurrieron aguas abajo se relacionan con la concentración de sulfatos presentes en la quebrada Surimana, dicho cambios se deben a la capacidad de filtración del bofedal (Mostace, 2008), el cual se ubica entre los puntos QSuri1A y QSuri1 (Figuras 8-33 a 8-35 y Figura 8-37).

Con relación al comportamiento hidroquímico durante la época húmeda, la parte más alta de la quebrada (QSuri1A) presentó predominancia de iones sulfatos, el cual fue disminuyendo hacia aguas abajo, llegando a predominar los iones bicarbonatos en la parte más baja (QSuri2). La predominancia de sulfatos y calcio de acuerdo con el diagrama de Piper clasificó a las aguas de la quebrada Surimana (QSuri1A, QSuri1-AB, QSuri1) como de facies sulfatadas cálcicas magnésicas, a diferencia de la parte baja de la quebrada (QSuri2) que fueron de facies de bicarbonatadas cálcicas magnésicas (Figura 7-89).

La concentración de sulfatos en la quebrada guardó proporción con algunos metales, como puede apreciarse en las relaciones binarias mostradas en la Figura 7-92 y se relaciona con los iones mayoritarios en época húmeda, como puede apreciarse en los diagramas de Stiff y Schöeller-Berkaloff, donde la mineralización disminuyó conforme las aguas discurren (Figuras 7-90b y 7-91b).

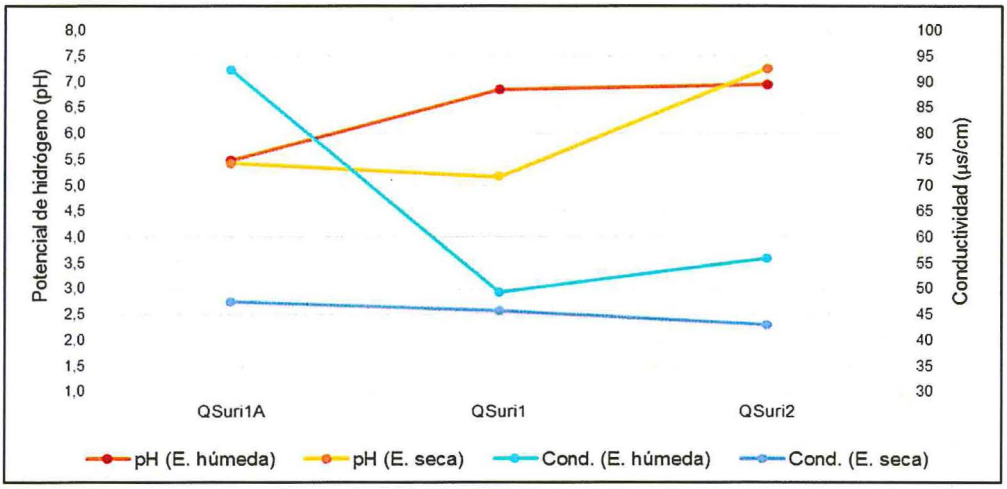


Figura 8-33. Comportamiento de pH y conductividad eléctrica en la quebrada Surimana, durante la época seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

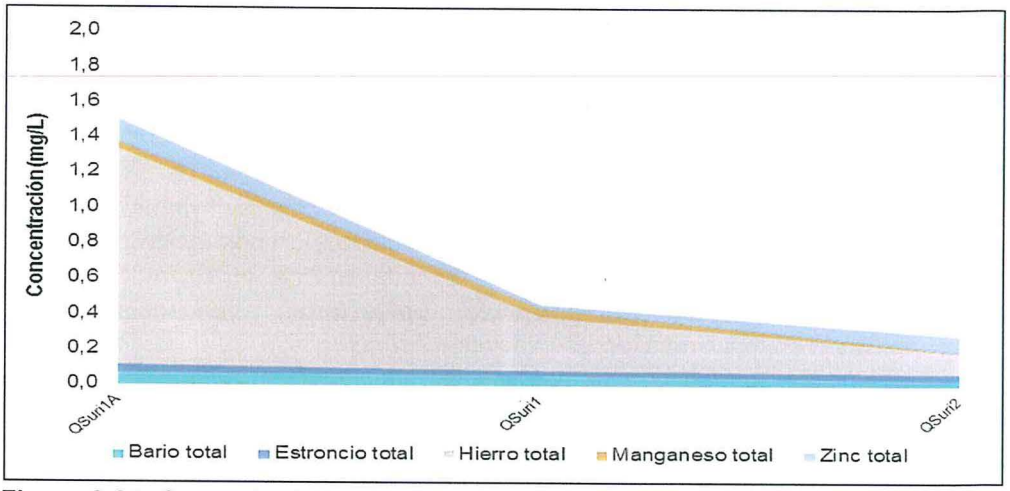


Figura 8-34. Comportamiento de metales en la quebrada Surimana, durante la época seca (agosto 2017)

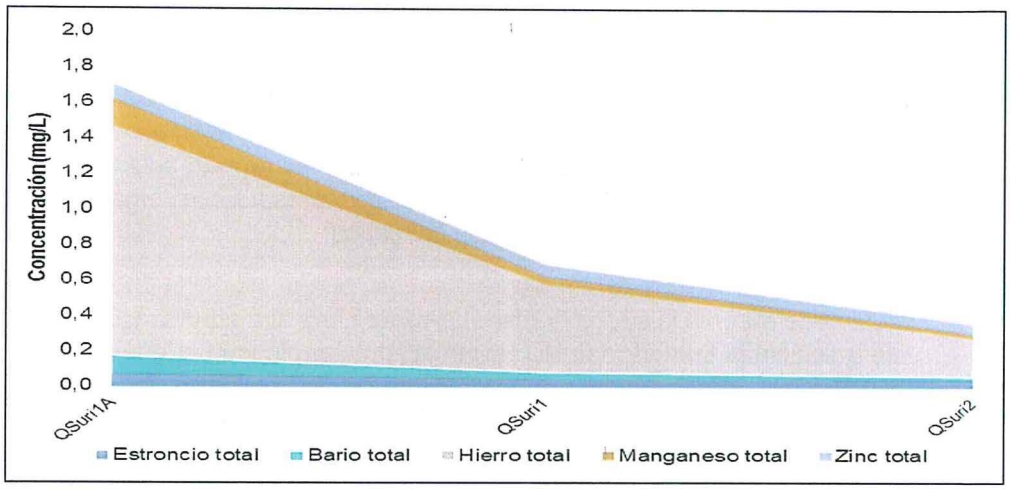


Figura 8-35. Comportamiento de metales en la quebrada Surimana, durante la época húmeda (marzo 2018)

Con respecto a los sedimentos evaluados (época húmeda) de la quebrada Surimana (SED-QSuri1A, SED-QSuri1-AB y SED-QSuri1), las concentraciones de arsénico superon el valor referencial PEL de la CEQG (Figura 8-38). La mayor concentración de arsénico se presentó en el punto SED-QSuri1-AB, que se encuentra en la parte media de un bofedal, que ayudaría a la reteción de metales proveniente de las zonas altas.

Sobre las comunidades hidrobiológicas podemos indicar que la comunidad de microalgas (perifiton) se establecieron mejor durante la época húmeda, mientras que en la época seca se estableció mejor la comunidad de macroinvertebrados bentónicos. Cabe indicar que el punto HID-QSuri1A, el cual está más próximo a las actividades mineras, presentó alteraciones en el cauce. Los factores fisicoquímicos antes descritos y la alteración del cauce (Figura 8-36b) generan limitantes para el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, evidenciándose en valores bajos de calidad ecológica.

La comunidad hidrobiológica de microalgas (perifiton) durante ambas épocas, presentó una composición de diversas especies pertenecientes a distintos phyla en

la quebrada, siendo mayor en número las especies pertenecientes al phylum Bacillariophyta (diatomeas). Además, se presentó una mayor diversidad de microalgas en la época húmeda, relacionado a que la acidez de las aguas fue ligeramente en la época seca (a excepción del punto HID-QSuri2). Sin embargo, el número de especies (riqueza), así como la abundancia y la diversidad de especies fue menor en el punto HID-QSuri1A. Este punto presentó como especie más abundante durante la época seca a *Microspora floccosa* (phylum Chlorophyta), cuyo género se caracteriza por encontrarse asociado a drenaje ácido (Winterbour *et al.*, 2000). Asimismo, durante la época húmeda en este punto, muchas especies de diatomeas (phylum Bacillariophyta) presentaron abundancias homogéneas, teniendo entre las más representativas a *Achnanthidium* sp. 1, *Gomphonema gracile, Caloneis* cf. *undulatiformis*, *Navicula* aff. *parinacota* y *Eunotia arcus*. Los géneros *Achnanthidium* (Verb & Vis, 2000; Morin *et al.*, 2012), *Gomphonema* (Valente *et al.*, 2015), *Navicula* (Douglas *et al.*, 1998) y *Eunotia* (Douglas *et al.*, 1998) se encuentran asociados a drenaje ácido. Cabe señalar que este punto presentó durante ambas temporadas aguas de características ácidas (< 6,0 unidades de pH).

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos presentó una mayor riqueza, abundancia y diversidad durante la época seca en comparación a la época húmeda. El punto HID-QSuri1A presentó unicamente organismos tolerantes, teniendo como especie de mayor abundancia a *Cricotopus* sp. durante ambas épocas, la cual se caracteriza por ser una especie bioindicadora, tolerante a un amplio rango de variables ambientales (Fittkau, 1986), como son las aguas ácidas en este punto próximo al proyecto minero, además de presentarse una mala calidad hidromorfológica debido a la alteración del cauce.

El punto HID-QSuri1-AB (ubicado aguas abajo de HID-QSuri1A) evaluado unicamene durante la época húmeda, presentó una alta abundancia de organismos tolerantes como Lumbricidae ND (especie no determinada perteneciente a la familia Lumbricidae), relacionándose a una pésima calidad biológica. Cabe señalar sobre este punto, que si bien se presentó una pésima calidad biológica y una buena calidad hidromorfológica, la quebrada atraviesa grama terrestre y parches de un bofedal, ausentándose en gran parte de su recorrido sustratos duros en los cuales se asocian gran número de especies pertenecientes a esta comunidad. Aguas abajo, en el punto HID-QSuri1, se presentó una amplia composición de organismos bioindicadores (tolerantes, facultativos y sensibles) durante la época seca, preentando una buena calidad biológica. Contrariamente, en el mismo punto durante la época húmeda presentó una pésima calidad biológica, dado que se colectaron mayormente organismos tolerantes, siendo el más abundante de ellos Lumbricidae ND (especie no determinada perteneciente a la familia Lumbricidae). Esta misma especie no determinada fue la más abundante en el punto HID-QSuri2 durante la época húmeda, la cual presentó una pésima calidad, dado principalmente por el aumento de caudal en la quebrada.

Es necesario señalar que en los puntos donde se evaluó la calidad del sedimento (HID-QSuri1A, HID-QSuri1-AB y HID-QSuri1), las concentraciones de arsénico superaron el valor referencial PEL del estándar canadiense. De acuerdo a estos resultados el punto HID-QSuri1A presentaría condiciones adversas para el desarrollo de microalgas y macroinvertebrados bentónicos incapaces de tolerar aguas de características ácidas sumado al aporte de concentraciones de metales desde la parte alta de la quebrada, además de presentar alteraciones en el cauce de la quebrada.

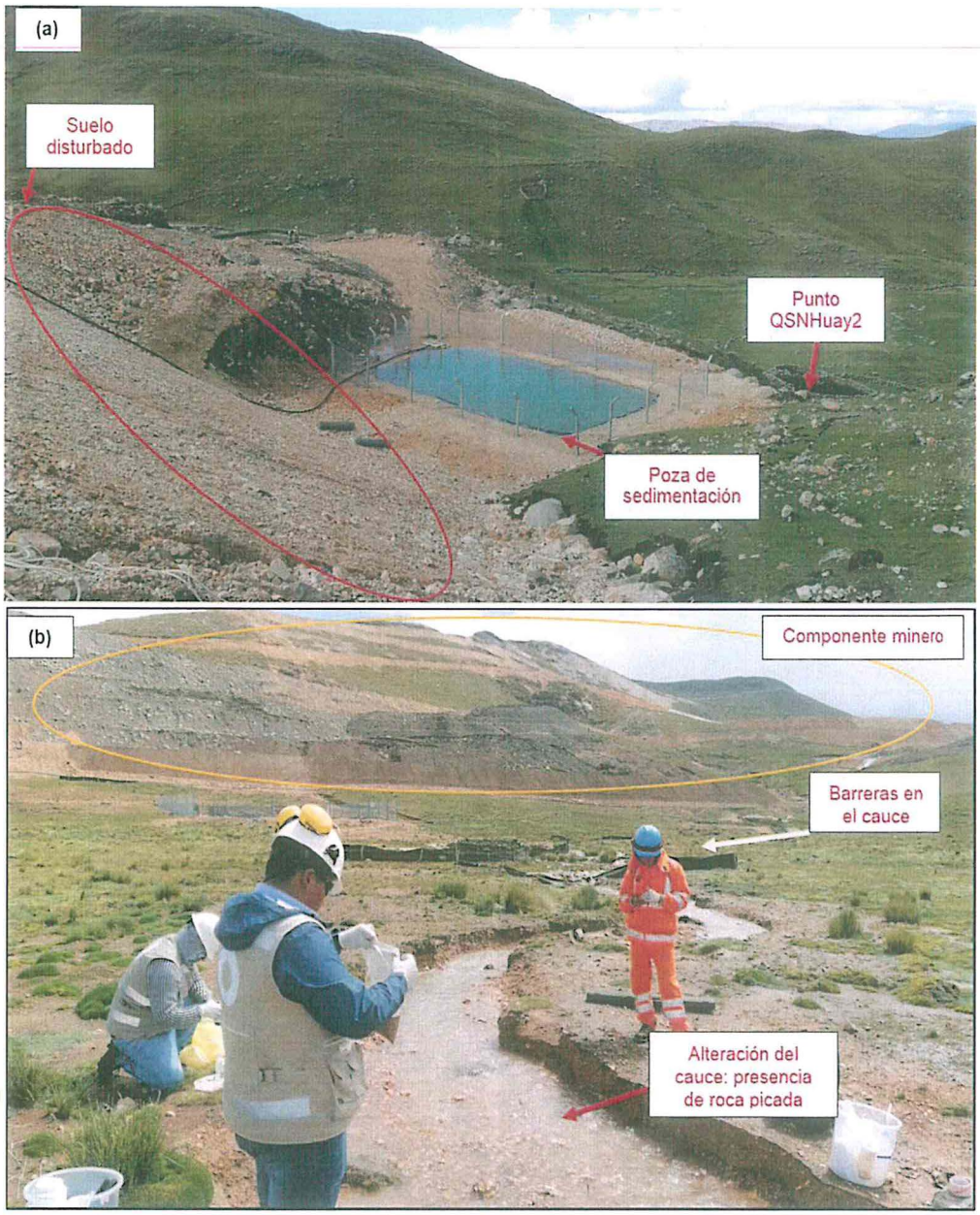


Figura 8-36. Durante la época húmeda, **a)** Características hidromorfológicas del cauce en el punto HID-QSNHuay2. **b)** Características hidromorfológicas del cauce en el punto HID-QSuri1A. Ambos puntos ubicados en la parte alta de la microcuenca Huayllani.

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA

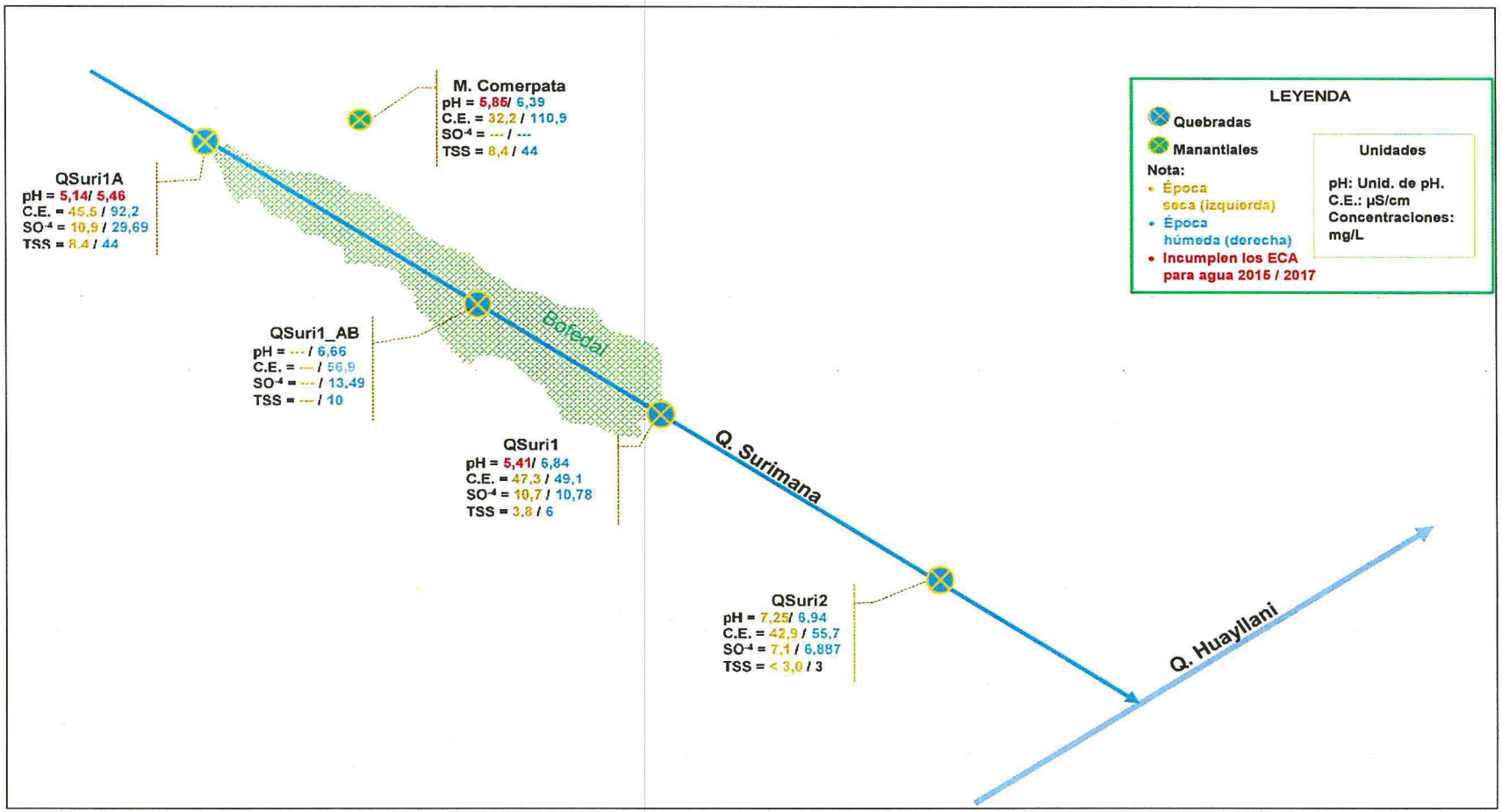


Figura 8-37. Esquema de la zona VI: Quebrada Surimana, época seca (agosto 2017) y húmeda (marzo 2018)

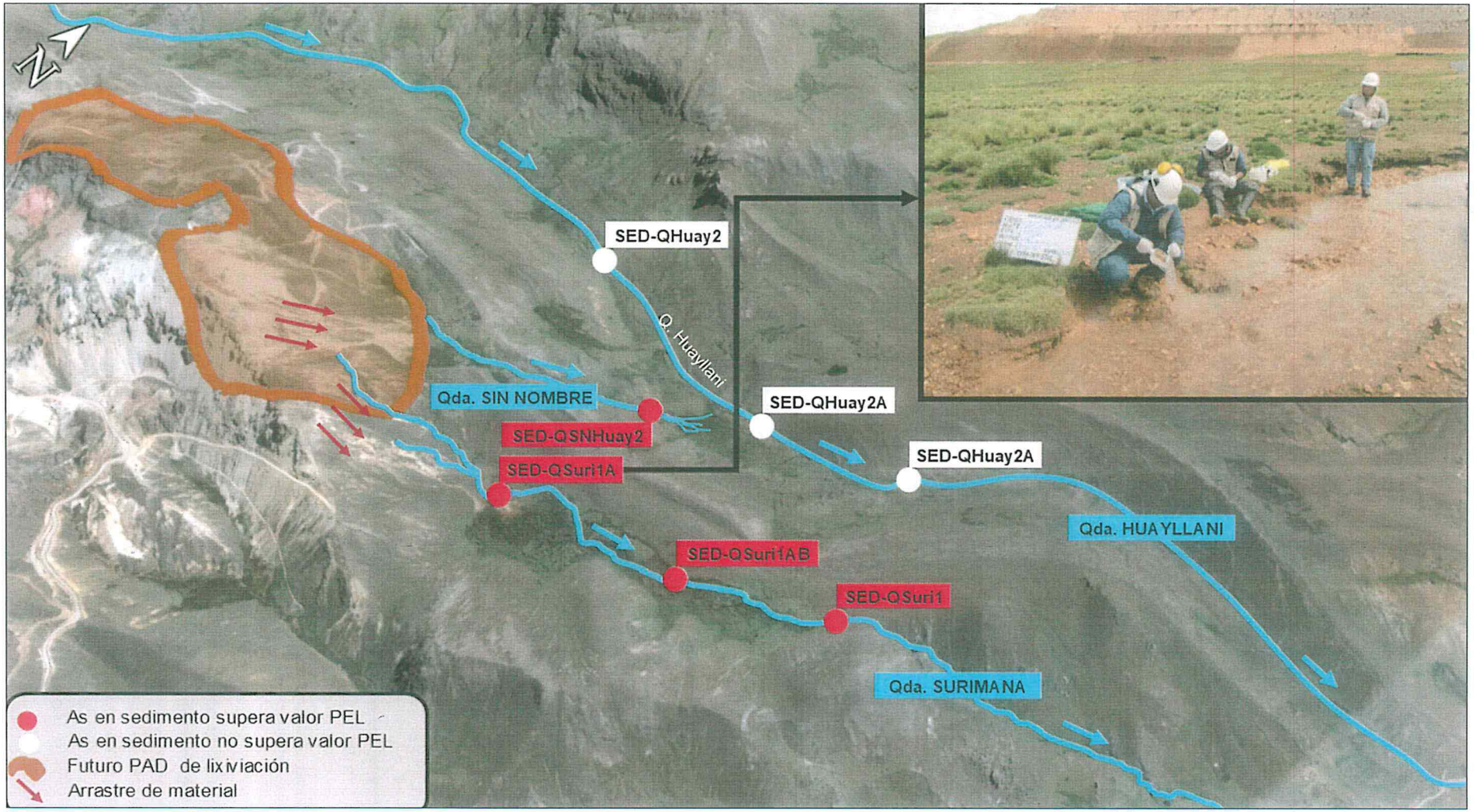


Figura 8-38. Concentraciones de arsénico en los sedimentos de los cuerpos de agua de la microcuenca Huayllani y suelos aledaños

8.2 Calidad de aire

El material particulado menor a 10 micras (PM_{10}) en los cerros Utunsa (AIR-UTUN) y Saywachayoj (AIR-SAY), evaluado del 20 al 21 de agosto de 2017 y en los poblados Piscocalla (AIR-PISCO) y Hatun Rumiyoc (AIR-HATUN), evaluado del 22 al 23 de agosto de 2017, no excedieron el valor de los Estándares de Calidad Ambiental para aire (2001 y 2017). Además, las concentraciones de PM_{10} en los cerros Utunsa y Saywachayoj y en el poblado Piscocalla fueron mayores a las registradas en la línea de base (2010). Figura 8-39 y 8-40.

Asimismo, las concentraciones de aluminio, bario, cobre y manganeso no excedieron la norma referencial canadiense (AAQC), cabe mencionar que, las concentraciones de los demás metales (selenio, cadmio, zinc, etc.), se encontraron por debajo del límite de cuantificación (L.C.) del laboratorio. Cabe mencionar que las concentraciones de plomo no excedieron el valor de los ECA para aire (2017). Además, según el índice de calidad del aire (INCA) para material particulado (PM_{10}) registrado en AIR-UTUN, AIR-SAY, AIR-PISCO y AIR-HATUN el aire calificó como de buena calidad (Tablas 7-25).

En los puntos AIR-UTUN, AIR-SAY ubicados a más de 4500 m s.n.m. se registraron las menores temperaturas en comparación a los puntos AIR-PISCO y AIR-HATUN, ubicados a menos de 4300 m s.n.m., debido a que la temperatura varía con la altitud y desciende conforme la ubicación se encuentra a mayor altura.

En el cerro Utunsa (AIR-UTUN) se registró la menor humedad relativa promedio (29,1 %) y, la velocidad mínima del viento fue 0,3 m/s (calma), debido a la poca intensidad de vientos en la zona (Tabla 7-24), lo que guarda relación con la velocidad promedio 1,7 m/s (flojito). La rosa de vientos mostró que la mayor frecuencia de la dirección del viento fue nor-noreste (10,9%), sin embargo, la dirección no está definida y puede indicarse que la frecuencia acumulada estuvo desde sur-suroeste a este-noreste y las mayores velocidades se registraron en nor-noreste, oeste y oeste-noroeste, por lo que, la mayor parte del material particulado provendría desde sur-suroeste a este-noreste (Figura 7-111). Cabe indicar que, en la parte alta (al noroeste) de este punto se ubicará el tajo 2 del proyecto minero Utunsa (Figura 8-40 y 8-41).

En el cerro Saywachayoj (AIR-SAY) se registró baja humedad relativa promedio (39,1 %) y, la velocidad mínima del viento fue 0,3 m/s (calma), debido a la poca intensidad de vientos en la zona (Tabla 7-24), lo que guarda relación con la velocidad promedio 1,5 m/s (flojito) mostrado en este punto. La rosa de viento mostró que la mayor frecuencia fue oeste-noroeste (17,6 %), sin embargo, fue mayor la frecuencia acumulada de la dirección de los vientos proveniente desde nor-noreste a este-sureste, y la mayor velocidad se registró al este, por lo que la mayor parte del material particulado provendría desde nor-noreste a este-sureste (Figura 8-41). Cabe indicar que en la parte alta y al este-noreste del punto AIR-SAY (aproximadamente a 900 m) se encontrará el botadero (Figura 8-40 y 8-41).

En el poblado de Piscocalla (AIR-PISCO) se registró baja humedad relativa promedio (42,9 %) y, la velocidad mínima del viento fue 0,0 m/s (calma), debido a la ausencia de vientos en la zona (Tabla 7-24), lo que guarda relación con la velocidad promedio 2,2 m/s (flojito) mostrado en este punto. La rosa de viento mostró que la mayor frecuencia fue noroeste (24,4 %), sin embargo, se registraron frecuencias significativas y de mayores velocidades del viento en oeste-suroeste y suroeste, por

lo que una parte de material particulado provendría desde oeste-suroeste y suroeste, además de noroeste (Figura 7-111). Cabe indicar que al oeste-suroeste de este punto (aproximadamente 2500 m) se encuentra el botadero (Figura 8-40 y 8-41).

En el poblado de Hatun Rumiyoc (AIR-HATUN) se registró baja humedad relativa promedio (47 7%) y la velocidad mínima del viento fue 0,3 m/s (calma), debido a la poca intensidad de vientos en la zona (Tabla 7-24), lo que guarda relación con la velocidad promedio 1,5 m/s (flojito) mostrado en este punto. La rosa de viento mostró que la mayor frecuencia fue sur-suroeste (24,4 %), sin embargo, se registró frecuencias significativas de vientos del sur, lo que mostraría que la mayor parte del material particulado provendría desde sur a sur-suroeste (Figura 7-111). Cabe indicar que este punto se encuentra alejado de la zona de influencia del proyecto minero Utunsa (mayor a 4000 m).

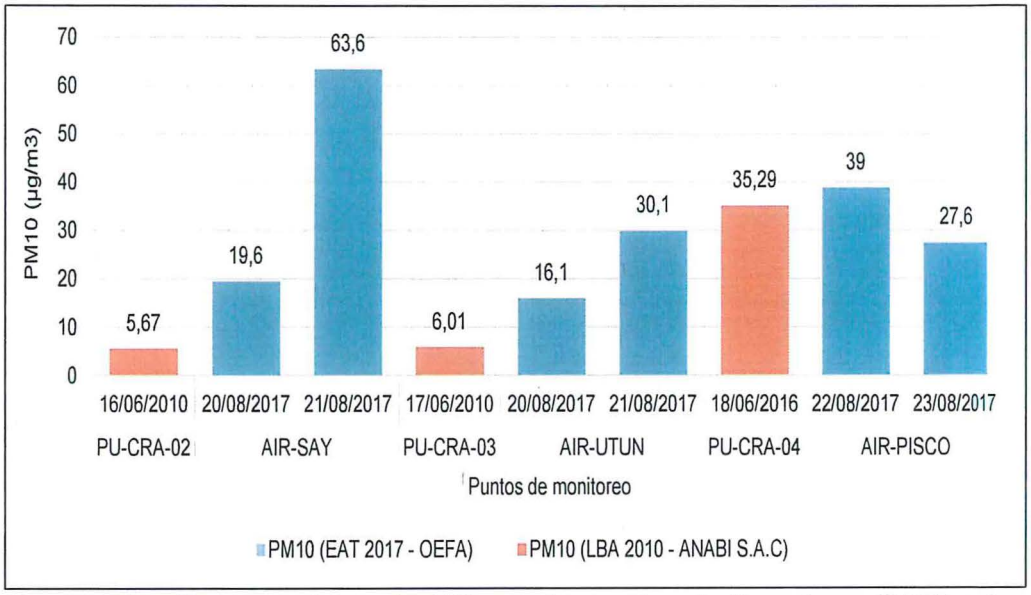


Figura 8-39. Concentraciones de PM_{10} de los puntos de línea base (2010) y los muestreados en la evaluación ambiental

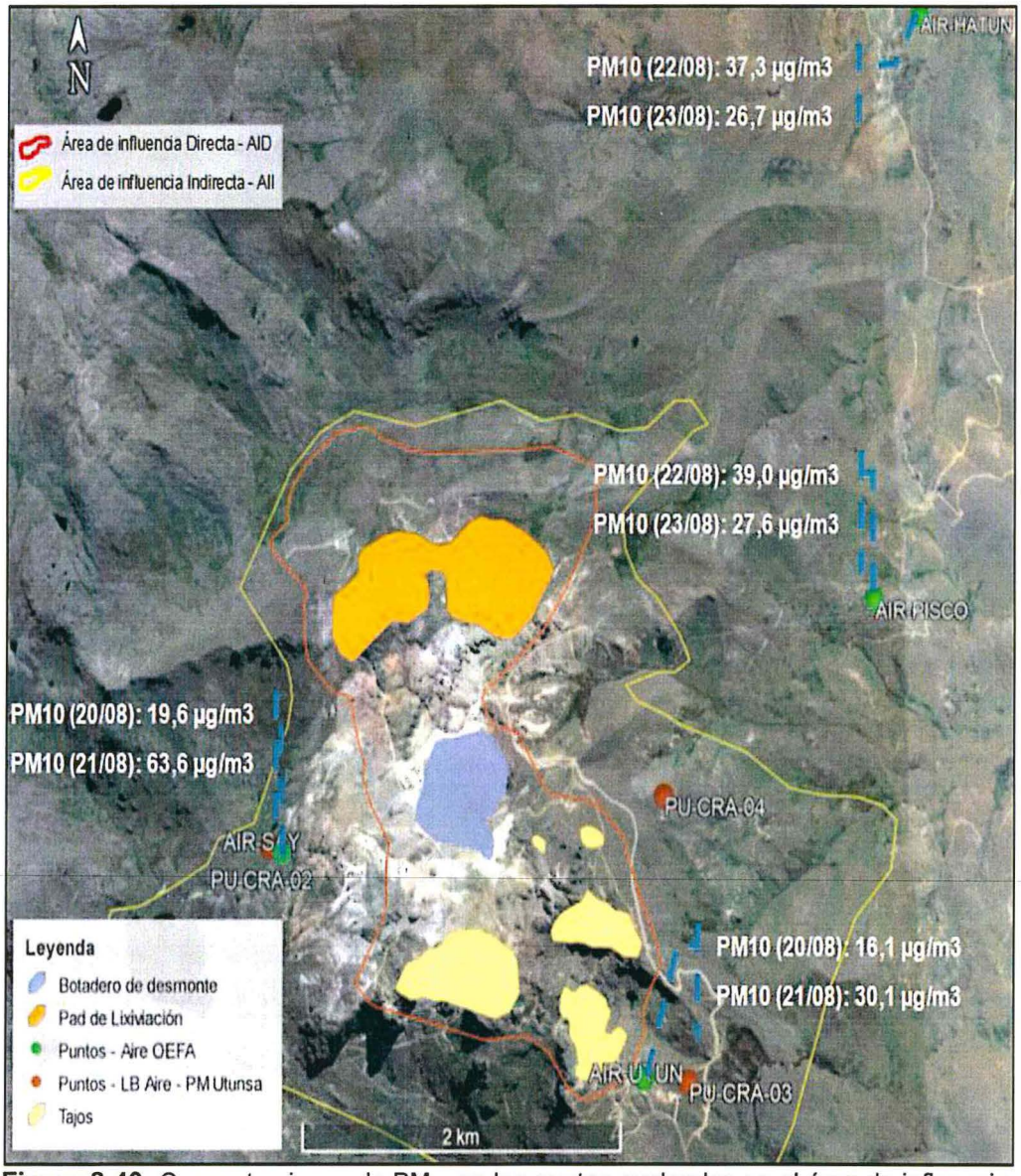


Figura 8-40. Concentraciones de PM_{10} en los puntos evaluados en el área de influencia del proyecto minero Utunsa

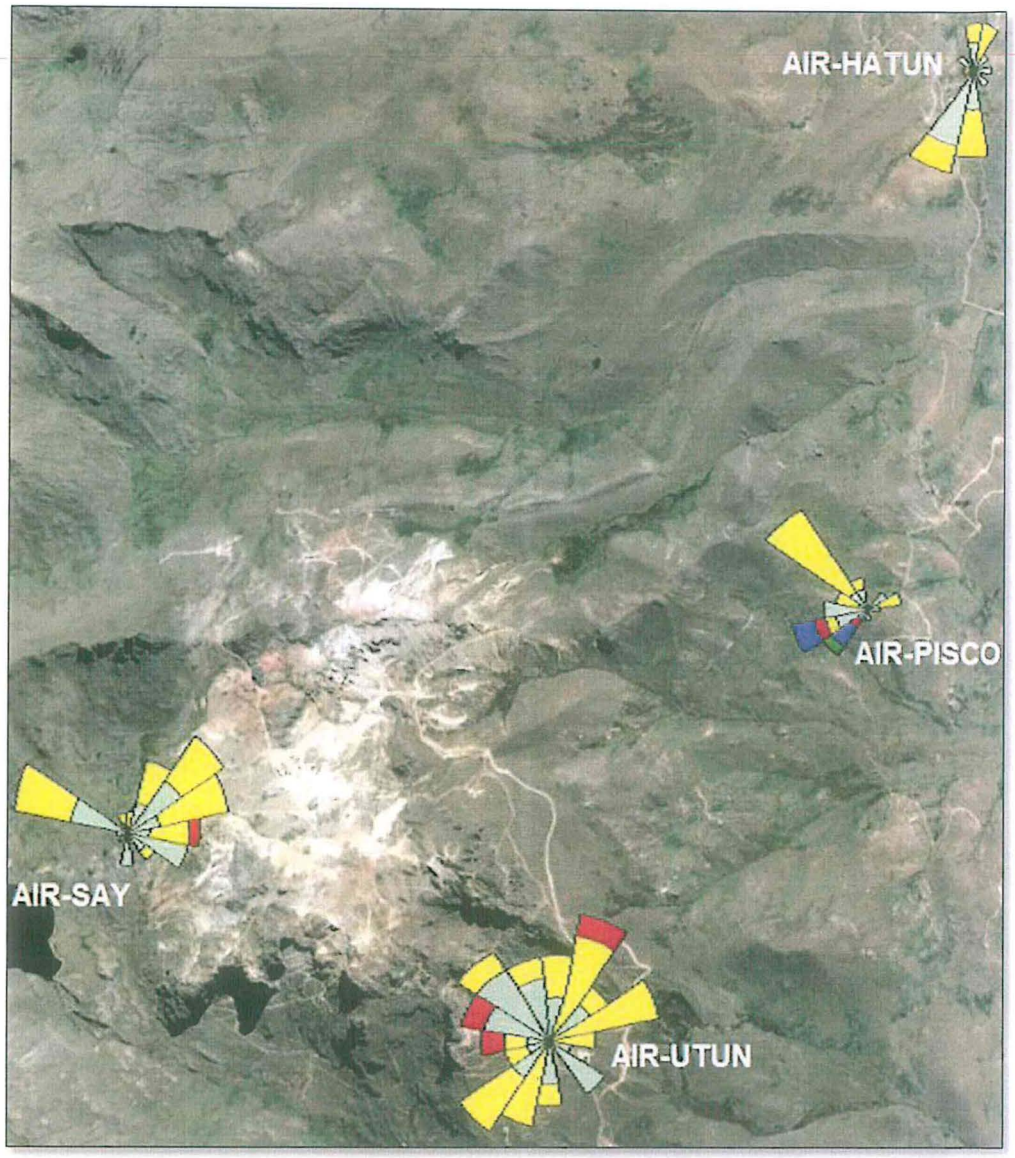


Figura 8-41. Rosas de vientos de los puntos evaluados

8.3 Flora silvestre

Se realizó la comparación entre los ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas) y sus formaciones vegetales asociadas en el área de evaluación y, con la finalidad de fortalecer la distinción de la vegetación entre las formaciones vegetales se presenta el análisis de los estadísticos multivariados. En ese sentido, este estudio permite tener un mejor conocimiento de las especies que se desarrollan en cada formación vegetal (flora vascular), en las zonas evaluadas dentro del área de influencia el PM Utunsa.

Se evaluaron 12 ecosistemas frágiles (10 bofedales y 2 lagunas), además de sus formaciones vegetales asociadas. Es importante recalcar que, en los ecosistemas de laguna, se evaluaron la vegetación asociada a sus orillas, que principalmente contienen una mixtura de especies de pajonal y roquedal (Figura 8-42).

Estudios anteriores en el área de estudio[45] registraron 42 especies de flora, mientras que durante la evaluación se registraron 154 especies. Esta riqueza de especies muestra la amplia diversidad presente en el área de influencia de PM Utunsa, debido principalmente a la presencia de ambientes heterogéneos.

De las especies registradas durante la evaluación, más del 50 % han sido reportados por otros estudios en bofedales similares de ecosistemas altoandinos en el Perú, tales como Weberbauer (1945); Tovar (1973, 1990); Flores & Malpartida (1981); ONERN (1984); Atayupanqui (1987); Canales & Tapia (1987), en Flores,1992); Salvador & Cano (2002); Flores *et al.* (2005) y Garcia & Beck (2006).

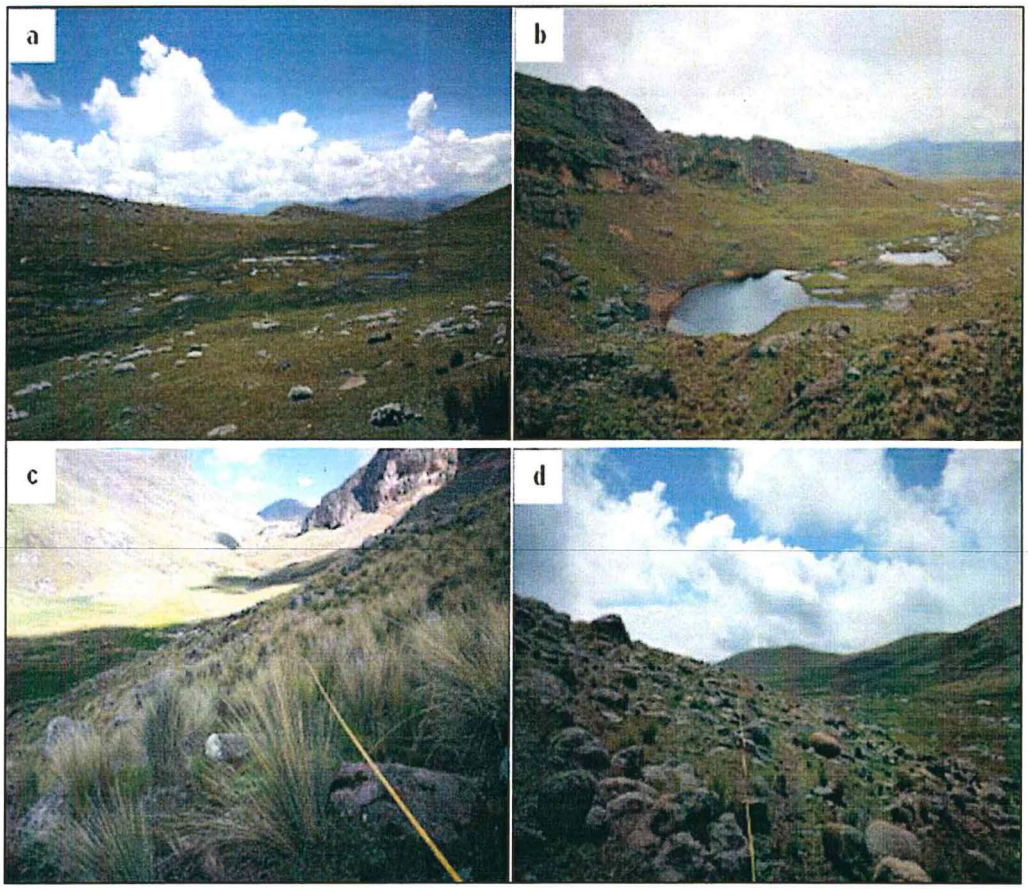


Figura 8-42. Formaciones vegetales evaluadas en el área de estudio **a.** Bofedal, b. Lagunas, **c.** Pajonal, y **d.** Vegetación de roquedal

Las familias más diversas en el área de evaluación y en las diferentes formaciones vegetales fueron Asteraceae y Poaceae, siendo las más diversas en hábitats altoandinos (Gentry, 1993) y, en suelos crioturbados y formaciones vegetales asociadas (Cano *et al.*, 2010). Además, las familias Asteraceae y Poaceae son la segunda y quinta familia, respectivamente, con mayor número de especies en el Perú (Brako y Zarucchi, 1993).

La mayor riqueza de especies se encontró en los roquedales con 95 especies representando el 61,68 % del total; uno de los factores que favoreció la alta riqueza

[45] Primer Informe Técnico Sustentatorio para el Redimensionamiento del Proyecto Minero Utunsa aprobado mediante Resolución Directoral N.° 024-2017-SENACE/DCA.

en esta formación fue la presencia de variados microhabitats. Además, se observa que están muy relacionados con las formaciones vegetales de pajonal y bofedal, (Figura 7-119). La formación vegetal de bofedal, con 88 especies que representa el 57,14 %, resulta la segunda formación vegetal con mayor riqueza, debido al esfuerzo de muestreo realizado en esta formación vegetal (50 transectos), puesto que es un ecosistema mucho más homogéneo en estructura que la de roquedal y pajonal.

En los bofedales evaluados se registraron varias especies propias de ambientes hidromorficos (siempre húmedos), con diferentes adaptaciones y requerimientos hídricos, entre ellas podemos mencionar a *Plantago tubulosa*, *Distichia muscoides*, *Oxychloe andina*, *Lachemila diplophylla, Gentiana sedifolia*, *Festuca rigescens*, *Calamagrostis antoniana* y otras especies del género *Hypochaeris* spp., estas especies son estructuradoras de estos ecosistemas (Cerrate, 1979). Además, *Plantago tubulosa*, *Distichia muscoides*, *Lilaeopsis macloviana* y especies del género *Ranunculus* spp. requieren el agua de manera permanente (Leon y Young, 1996), por lo tanto, la presencia de estas especies sería un indicador de la disponibilidad de agua, pues su disminución o desaparición sugeriría la falta o ausencia del recurso hídrico (Figura 8-43).

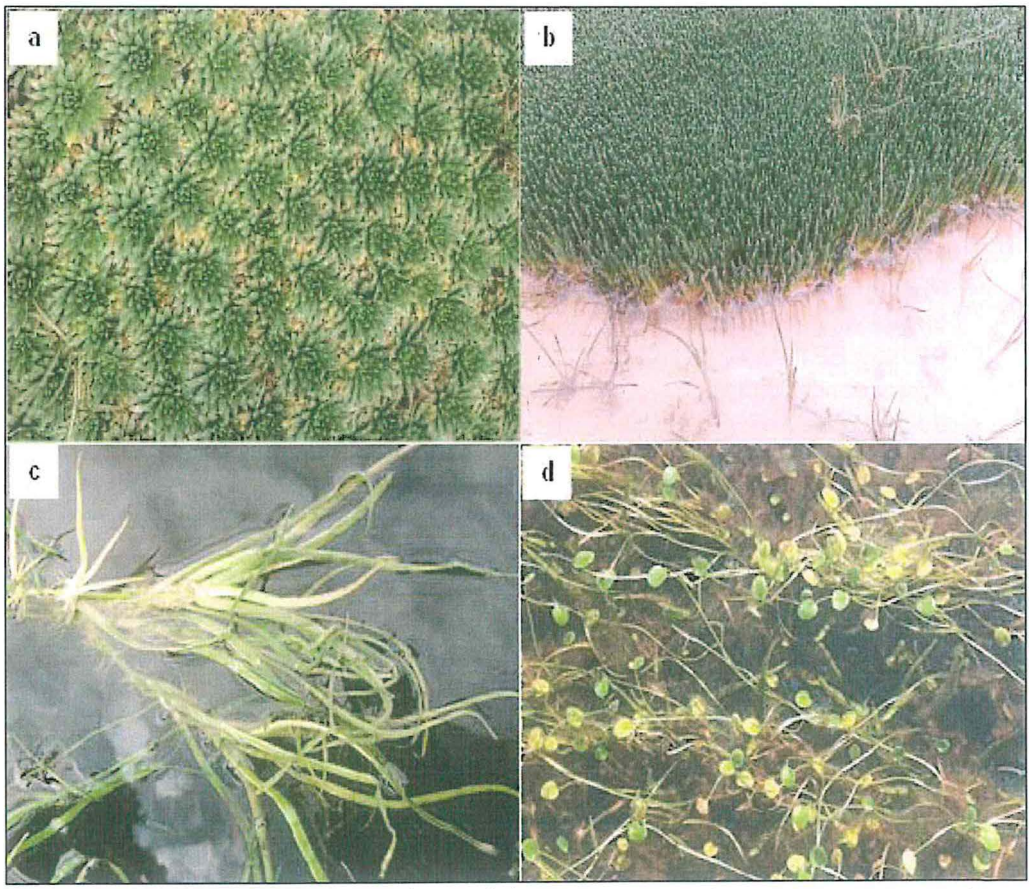


Figura 8-43. Especies que requieren del recurso agua de manera permanente **a.** *Plantago tubulosa,* **b.** *Distichia muscoides*, **c.** *Lilaeopsis macloviana* y **d.** *Ranunculus flagelliformis*

De acuerdo a las formas de crecimiento las plantas herbáceas fueron las más diversas (79,2 %), quienes por poseer menor biomasa y encontrar condiciones propicias generadas por los pajonales y arbustos (sombra, protección contra el viento, calor,

incluso retención de humedad, entre otros beneficios) se desarrollan de manera favorable a excepción de algunos arbustos (Weberbauer, 1945; Tovar, 1990).

La mayor cobertura vegetal en los transectos evaluados en cada formación fueron en promedio 74,32 % para el bofedal y 69,57 % para el pajonal, caso contrario ocurrió para la cobertura en la formación de roquedal que fue de 55,6 %, debido principalmente a su disminución por la presencia de roca y piedras. Cabe mencionar que, en la formación pajonal la menor cobertura vegetal que se obtuvo fue 39 %, debido a que presentó mayor área de suelo descubierto.

La especie con mayor abundancia relativa en todo el área evaluada fue *Plantago tubulosa*, siendo esta la especie principal de la formación vegetal bofedal; y entre otras especies estuvieron *Stipa ichu*, *Aciachne pulvinata* e *Hypochaeris taraxacoides*, todas ellas habitando las formaciones vegetales asociadas (pajonales y roquedales), lo que destaca la importancia de estas formaciones como ecosistemas que ayudan a preservar la flora local. Se observó una heterogeneidad en la dominancia de especies entre 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, que necesitan de ambientes saturados de agua para poder desarrollarse. En el pajonal las especies principales fueron *Stipa ichu* y *Aciachne pulvinata*, ambas especies propias de este ecosistema en el sur del Perú (Brako y Zarucchi, 1993). La vegetación de roquedal presentó a *Stipa ichu* y *Trichophorum rigidum* como especies con mayor abundancia relativa.

Los valores de diversidad variaron de acuerdo a la formación vegetal evaluada. Las formaciones vegetales más diversas fueron las ubicadas a orillas de las lagunas Pistoro y Angascocha seguida de la vegetación roquedal y pajonal, sin embargo, la formación vegetal de bofedal fue la menos diversa. Las zonas de ecosistemas frágiles EF10 y EF1 pertenecientes a la microcuenca Huayllani y, EF8 perteneciente a la microcuenca Yahuarmayo fueron las más diversas, debido principalmente al aporte de las especies presentes en los roquedales como formaciones asociadas a los bofedales y lagunas. Los valores de diversidad más bajos en estos ecosistemas fueron los registrados en EF3 (microcuenca Yahuarmayo), EF13 (microcuenca Chicorume-Pallani) y los encontrados en EF9 y EF5 (microcuenca Huayllani), debido principalmente a la mayor abundancia relativa de las especies *Plantago tubulosa* y *Stipa ichu*, siendo estas las especies más dominantes.

El análisis de similaridad y estadístico multivariado (NMDS) muestra que las formaciones vegetales se encontraron bien definidas (agrupadas), siendo las más cercanas entre sí el roquedal, pajonal y la vegetación a orillas de lagunas, debido a que estas comparten sustratos similares (suelo descubierto, rocas y arena), como se corroboró durante la evaluación en el área de estudió. Según el análisis por ecosistemas, la formación vegetal de bofedales fue la que se agrupó de forma definida, principalmente por las especies que las componen y su abundancia relativa.

Se encontró seis especies endémicas de Perú, de las cuales *Acaulimalva crenata* (EF6 – microcuenca Huayllani), *Puya ponderosa* (EF7 – microcuenca Yahuarmayo y EF12 – microcuenca Chicorume-Pallani) y *Valeriana johannae* (EF8 – microcuenca Yahuarmayo), no fueron reportadas en los departamentos de Cusco y Apurímac (León *et al.*, 2007), ampliando su distribución. Además, es importante señalar que estas especies fueron registradas en formaciones vegetales asociadas (roquedales y

pajonales), las mismas que generan las condiciones necesarias para su desarrollo (Figura 8-44).

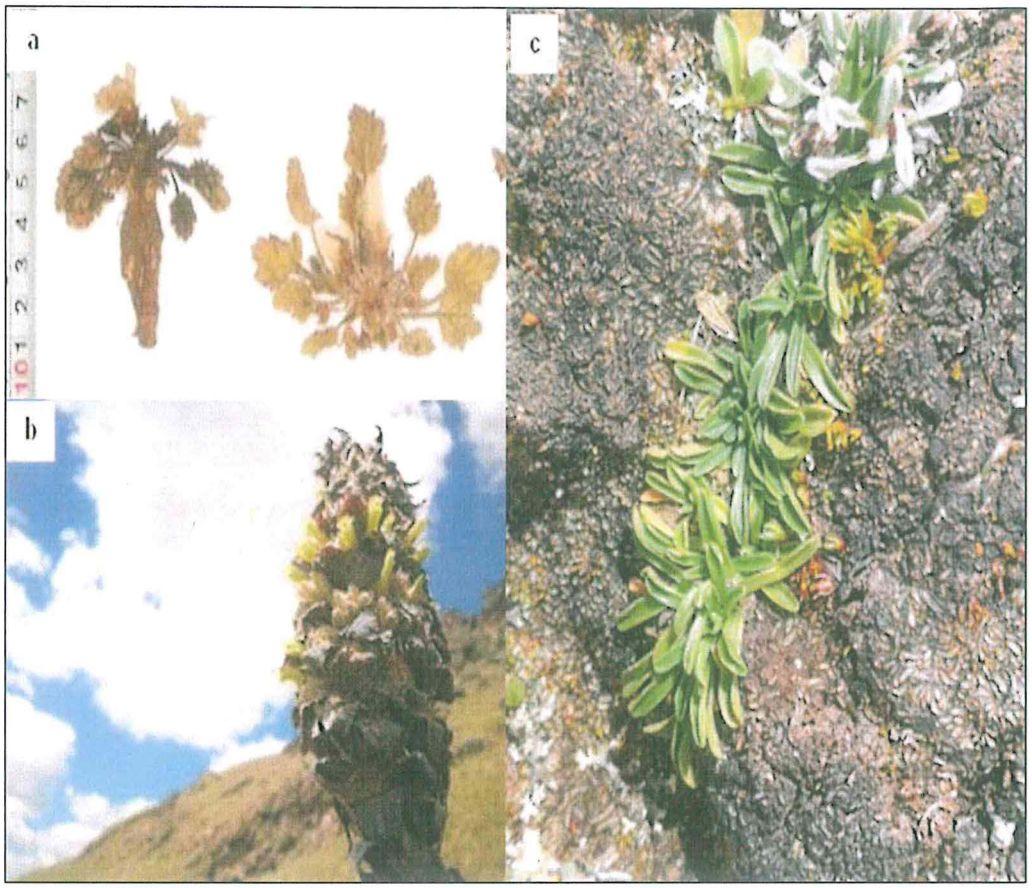


Figura 8-44. Especies endémicas **a.** *Acaulimalva crenata*, **b.** *Puya ponderosa* y **c.** *Valeriana johannae.*

Por otro lado, estas formaciones vegetales son propicias para el desarrollo de especies que se encuentran en peligro de extinción y reguladas por el CITES como *Austrocylindropuntia floccosa* (Cactaceae) registrados en las zonas EF6 y EF10 (microcuenca Huayllani), EF7 y EF8 (microcuenca Yahuarmayo) y EF12 (microcuenca Chicorume-Pallani). Además, en las zonas EF1 y EF5 (microcuenca Huayllani) y en EF8 (microcuenca Yahuarmayo) se registró la especie *Myrosmodes chiogenia* (Orchidaceae). Por lo general ambas especies se encuentran dentro de estos ecosistemas frágiles y/o en formaciones vegetales asociadas a estas, por lo que es importante conservar y no alterar estos ecosistemas ya que albergan una serie de especies importantes (Figura 8-45).

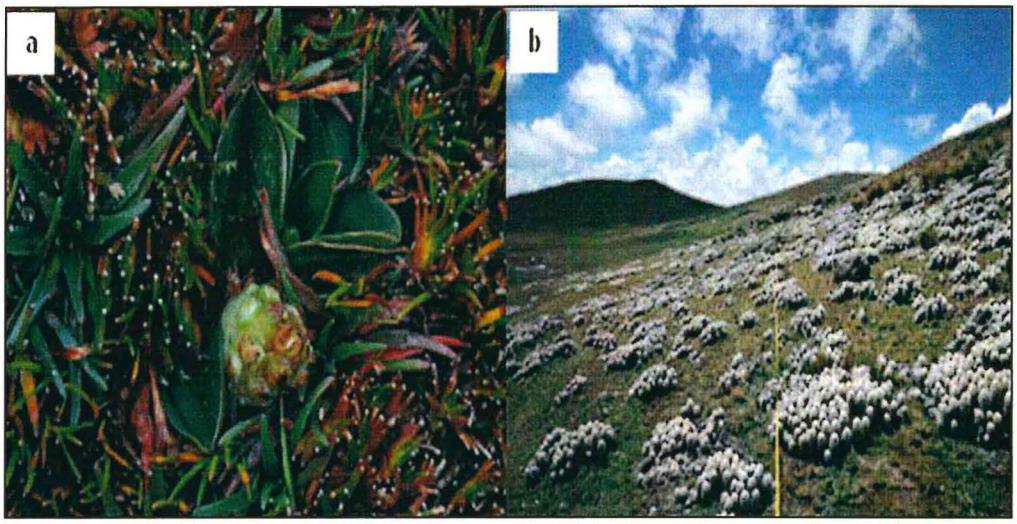


Figura 8-45. Especies en el Apéndice II CITES **a.** *Myrosmodes chiogena* **b.** *Austrocylindropuntia floccosa*

En el área de evaluación se registró siete especies (*Azorella diapensioides, Distichia muscoides, Perezia courulescens, Polylepis incana, Senecio rhizomatus, Solanum acaule* y *Valeriana nivalis)*, consideradas como Casi Amenazado (NT), Vulnerable (VU) y en Peligro Crítico (CR) según la Legislación Nacional D.S. N.° 043-2006-AG (MINAGRI, 2006), por lo que se requiere mayor atención para su conservación (Figura 8-46).

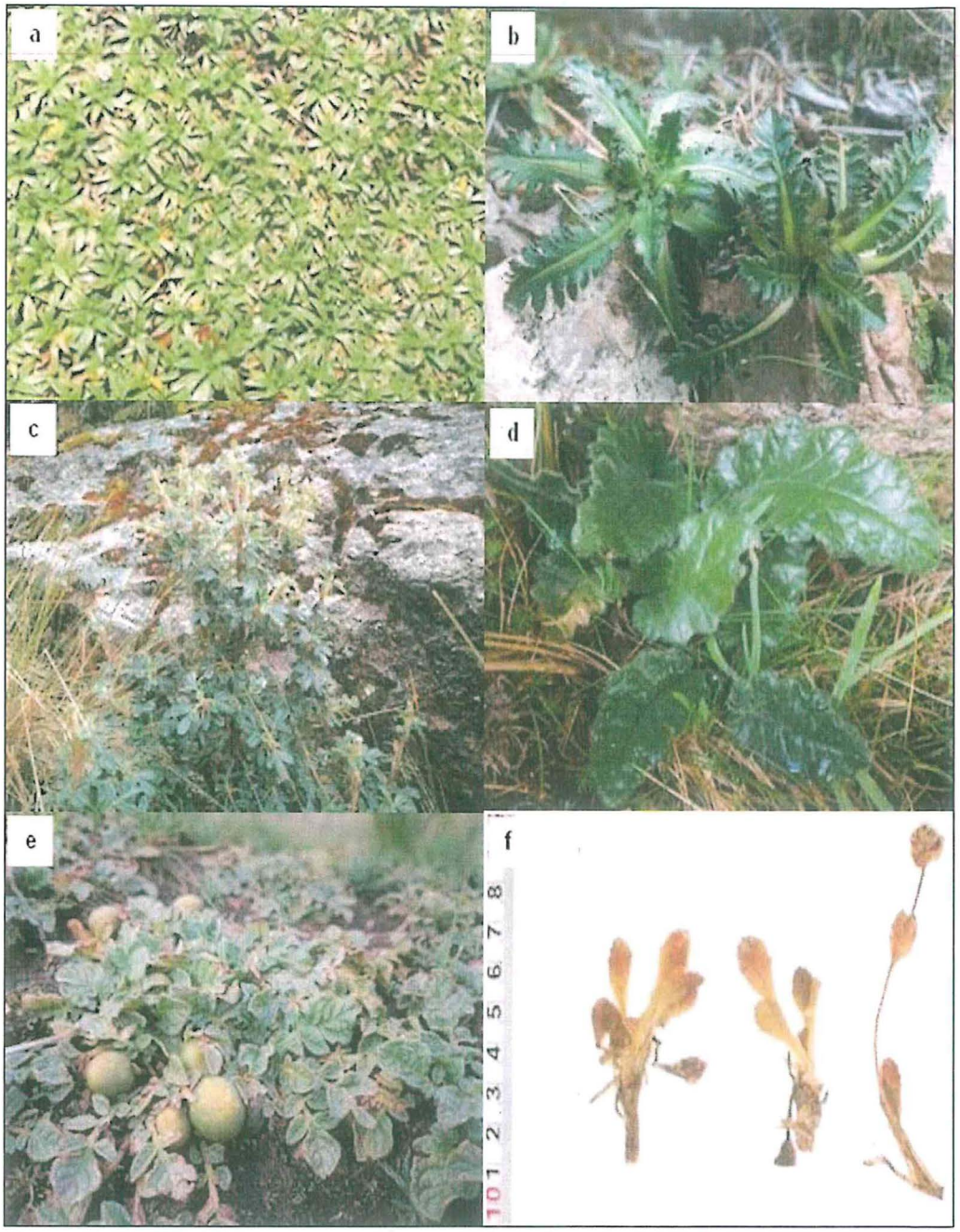


Figura 8-46. Especies amenazadas según la categoría del D.S. N.° 043-2006-AG a) *Azorella diapensioides*; b) *Perezia coerulescens*; c) *Polylepis incana*; d) *Senecio rhizomatus*; e) *Solanum acaule*; f) *Valeriana nivalis*

La necesidad de conservar y no alterar estos ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas) y formaciones vegetales asociadas, es de vital importancia, por los innumerables servicios sociales y ecosistémicos que brindan, tal como lo menciona Mostacero (2008) haciendo referencia a su valor cultural, ya que desde tiempos remotos el hombre ha elegido vivir en armonía con estos ecosistemas. Además de los bienes y servicios, aportan distintas herramientas para avanzar en la mejora de la calidad de vida. Asimismo, ecológicamente, sirven de refugio a animales silvestres

que utilizan sus ambientes para refugiarse, reproducirse o alimentarse. Estos ecosistemas mantienen el microclima y contribuyen en la captación y emisión de carbono.

8.4 Fauna silvestre

8.5.1. Anfibios y reptiles

Las evaluaciones realizadas se centraron en los ecosistemas frágiles de bofedal y lagunas altoandinas presentes en el ámbito evaluado (10 bofedales y 2 lagunas), así como en sus hábitats asociados (pajonal, roquedal y quebradas).Figura 8-47.

Los ecosistemas frágiles, como los bofedales y lagunas, son considerados fuentes primordiales de agua para las distintas especies de flora y fauna que coexisten en estos ambientes altoandinos (Gonzales, 2016; Gibbons *et al.*, 2016). Los anfibios son organismos que dependen de zonas con alta humedad y presencia de cuerpos de agua, debido al tipo de reproducción que presentan y su modo de vida (terrestre, semiacuático y acuático), siendo los bofedales, ambientes propicios para su desarrollo y supervivencia. Asimismo, los reptiles utilizan los hábitats asociados a los bofedales como lugares para desarrollar sus actividades diarias (reproducción, alimentación, termorregulación, entre otras) de forma óptima (Castilla *et al.*, 1999).

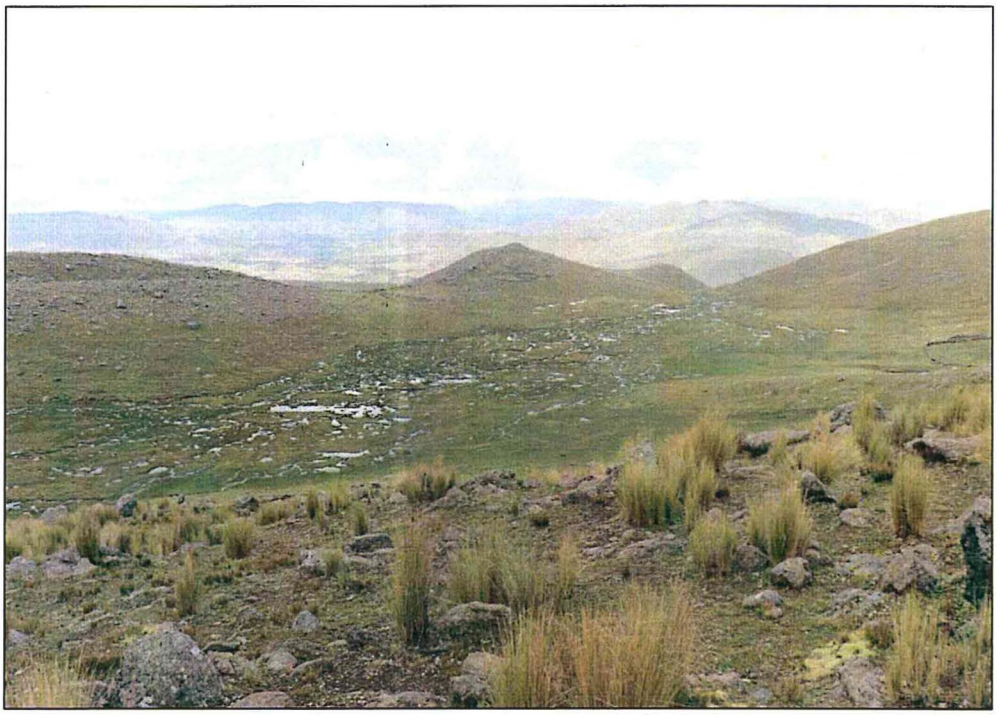


Figura 8-47. Vista panorámica del ecosistema frágil de bofedal y sus hábitats asociados perteneciente a la microcuenca Huayllani

En el área de estudio se registró 4 anfibios y 2 reptiles en los hábitats evaluados. El hábitat de bofedal registró los mayores valores de riqueza y abundancia de anfibios y reptiles. Los anfibios registrados, el sapo verrugoso (*Rhinella spinulosa*[46]), la rana acuática de Acancocha (*Telmatobius* cf. *jelskii*[47]), la rana marsupial (*Gastrotheca*

[46] Localmente conocido como Hanp'atu.
[47] Localmente conocido como K'ayra.

marsupiata[48]) y la rana marmoleada de cuatro ojos (*Pleurodema marmoratum*[49]), son especies que necesitan de cuerpos de agua para completar su ciclo de vida (renacuajos, adultos), por lo que utilizan el bofedal como medio para desarrollarse en sus diferentes etapas (Figura 8-48).

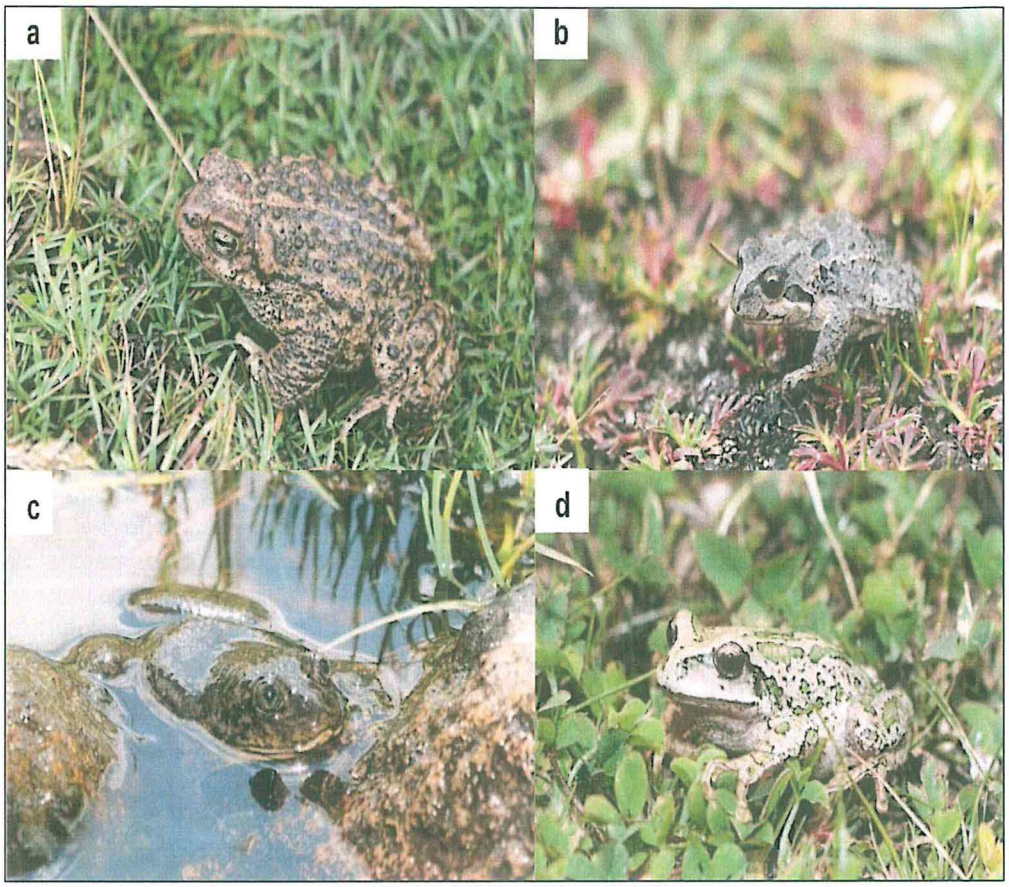


Figura 8-48. Anfibios registrados durante las evaluaciones de los ecosistemas frágiles del PM Utunsa. **a.** Sapo verrugoso (*Rhinella spinulosa*) adulto, **b.** Rana marmoleada de cuatro ojos (*Pleurodema marmoratum*), **c.** Rana acuática de Acancocha (*Telmatobius* cf. *jelskii*), **d.** Rana marsupial (*Gastrotheca marsupiata*)

La abundancia de renacuajos[50], de las diferentes especies de anfibios, respondería a la presencia de ambientes adecuados (cuerpos de agua) para su crecimiento y desarrollo en los ecosistemas frágiles evaluados (bofedales y lagunas) y por las lluvias estacionales en esta época del año (época húmeda). No obstante, debido a que la mayoría de renacuajos no culminan su desarrollo a la fase de adulto, su registro debe ser considerado de forma complementaria (Figura 8-49).

48 Localmente conocido como Cheq'ya
49 Localmente conocido como Cheq'che
50 Localmente conocido como Joqoyllo.

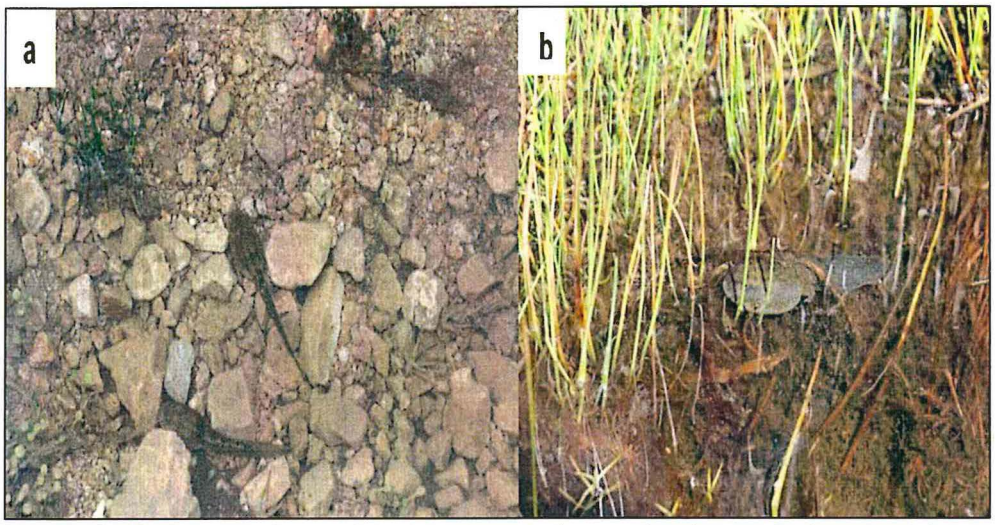


Figura 8-49. Renacuajos registrados durante las evaluaciones de los ecosistemas frágiles: **a.** Renacuajos de *Telmatobius* cf. *jelskii*, **b.** Renacuajos de *Gastrotheca marsupiata*.

Por otro lado, la lagartija (*Liolaemus* complejo *annectens*[51]) y la culebra cola corta del Perú (*Tachymenis peruviana*[52]) fueron registrados principalmente en los hábitats roquedal y pajonal. Estos hábitats ofrecen ambientes adecuados para el desarrollo de esta especie, como por ejemplo refugio ante los posibles depredadores y ante las variaciones ambientales que se producen durante el día (temperaturas bajas y lluvias). Asimismo, permiten la correcta termorregulación de estas especies, esencial para el desarrollo de sus actividades diarias (Castilla *et al.*, 1999; Seebacher & Franklin, 2005). Figura 8-50.

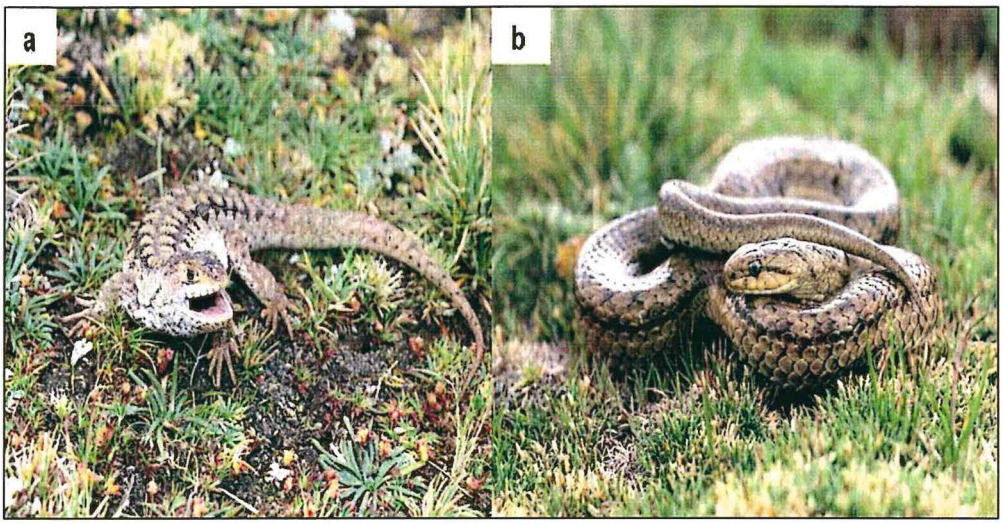


Figura 8-50. Reptiles registrados durante las evaluaciones realizadas: **a.** Lagartija (*Liolaemus* complejo *annectens*), **b.** Culebra cola corta (*Tachymenis peruviana*).

Respecto a la riqueza y diversidad de especies por zona de ecosistema frágil (EF), los resultados muestran valores altos en las microcuencas Huayllani (EF10) y

51 Localmente conocido como Calaygua.
52 Localmente conocido como Machaqway.

Yahuarmayo (EF7 y EF8), debido a la variedad de hábitats asociados presentes en estas zonas (pajonal, roquedal y quebradas), lo que permitió la presencia y desarrollo de las diferentes especies registradas.

Por el contrario, en la microcuenca Chicorume-Pallani (EF12 y EF13) solo se evaluaron los hábitats bofedal y laguna, debido a la mayor predominancia de estos hábitats, registrándose principalmente anfibios en la fase de renacuajos, por lo cual los índices de diversidad fueron menores en comparación a las otras zonas evaluadas. Cabe resaltar, que estas zonas (EF12 y EF13) se encuentran muy cercanas a las áreas de operaciones, las que podrían verse afectadas ante futuras variaciones en la calidad del ambiente.

Las especies de anfibios y reptiles registrados durante la evaluación (*Gastrotheca marsupiata*, *Pleurodema marmoratum*, *Rhinella spinulosa* y *Tachymenis peruviana*) presentan una distribución amplia en los andes sudamericanos (Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina) (IUCN, 2018); no obstante, la rana acuática de Acancocha (*Telmatobius* cf. *jelskii*) se distribuye en los departamentos peruanos de Ayacucho, Apurímac y Huancavelica, presentando variaciones morfológicas que podrían indicar una separación taxonómica en diferentes especies, necesitándose de mayores estudios que permitan dilucidar este complejo taxonómico.

Asimismo, la lagartija del complejo *Liolaemus annectens* presenta problemas taxonómicos muy marcados, los cuales no han permitido su correcta identificación. Aguilar *et al.* (2013) realizaron un estudio respecto a la delimitación de las poblaciones peruanas de lagartijas pertenecientes al complejo *Liolaemus walkeri*, utilizando análisis morfológicos, moleculares y modelamiento de nichos, encontrando diferencias que permitieron descubrir tres nuevas especies para la ciencia; de este modo, futuros estudios taxonómicos respecto al complejo *Liolaemus annectens* podrían dilucidar nuevas especies o un reordenamiento de sus poblaciones.

Las especies del genero *Telmatobius* son anfibios altamente amenazados por la fragmentación de sus hábitats y su sobre explotación (Aguilar *et al.*, 2010; Catenazzi & von May, 2014); asimismo, la aparición de enfermedades como la quitridiomicosis, han influido considerablemente en el declive de estas poblaciones (Catenazzi *et al.*, 2010). Sus hábitos acuáticos y dependencia a zonas de poca contaminación (Catenazzi *et al.*, 2010) podrían ser utilizadas como indicadores de la calidad ambiental, necesitándose de un plan de monitoreo adecuado para su conservación. En el área de evaluación se registraron 4 adultos de esta especie en riachuelos pertenecientes a la zona de ecositema frágil EF10 de la microcuenca Huayllani y 95 renacuajos en los diferentes cuerpos de agua provenientes de los bofedales evaluados; sin embargo, los pobladores de la zona mencionan una reducción drástica de su población desde hace unos años atrás, por causas aún desconocidas.

Telmatobius cf. *jelskii* se encuentra categorizada como Casi Amenazada (NT) por organismos internacionales (IUCN) y como Vulnerable (VU) por el Estado Peruano (D.S. N.° 004-2014-MINAGRI), debido a la disminución constante de sus poblaciones, siendo inclusive consumidas como fuente de proteínas por las poblaciones aledañas (Aguilar *et al.*, 2010). Por otro lado, la culebra cola corta del Perú (*Tachymenis peruviana*), el sapo verrugoso (*Rhinella spinulosa*), la rana marsupial (*Gastrotheca marsupiata*) y la rana marmoleada de cuatro ojos (*Pleurodema marmoratum*) se encuentran en la categoría internacional de Preocupación Menor (LC) (IUCN, 2018). La falta de identificación correcta de la

lagartija (*Liolaemus* complejo *annectens*) no permite su inclusión en alguna categoría de amenaza, nacional o internacional, lo cual podría influir drásticamente en su estado de conservación, más aún cuando las actividades extractivas y agrícolas (remoción de suelos) estarían fragmentando sus hábitats.

Los resultados obtenidos en la presente evaluación en el área de estudio (4 anfibios, 1 lagartija y 1 culebra), son típicos de ecosistemas de puna, donde se presentan condiciones ambientales extremas. Aguilar *et al.* (2012) realizaron una revisión de los anfibios registrados en concesiones mineras con hábitats altoandinos similares a las zonas de evaluación del PM Utunsa, encontrando las mismas especies de anfibios y reptiles. Sin embargo, este número difiere de lo reportado en estudios anteriores realizados en el área de evaluación (2 especies de lagartijas y 1 anfibio)[53].

Cabe señalar, que la combinación de las metodologías utilizadas en la presente evaluación (búsqueda por encuentro visual[54] y transectos en hábitats acuáticos) permitió un mayor registro de especies, respecto a las evaluaciones realizadas anteriormente (recorridos de 3 a 4 horas), tal como se muestra en las curvas de acumulación de especies presentadas en las Figuras 7-150 y 7-151.

8.5.2. Aves

La evaluación de la avifauna en el área de estudio se realizó en los ecosistemas frágiles (bofedales y lagunas) y hábitats asociados como pajonal y roquedal.

La riqueza de especies 41 especies de aves reportadas en el área de estudio, es muy significativa comparada con los estudios en el ecosistema Puna, con las 45 especies registradas en la localidad Tupala, departamento de Puno (Ramirez, Arana, Bazán, Ramirez & Cano, 2007) y con las 69 especies de aves reportadas para la Puna (Stotz *et al.*, 1996).

La avifauna registrada (41 especies) en la presente evaluación en el área de estudio, es típica de los Andes de la sierra sur de Perú, siendo las familias con mayor número de especies la familia de semilleros (Thraupidae), de los mosqueros (Tyrannidae), de los canasteros (Furnaridae) y de los patos (Anatidae), esto concuerda con las especies distribuidas en la sierra sur de Perú según Schulenberg *et al.* (2010) y siendo estas familias más predominantes reportadas en la Puna (Stotz *et al.*, 1996; Valqui, 2005; Ramirez *et al.*, 2007). Cabe señalar que 31 especies no fueron registradas en estudios anteriores en el área de evaluación.

Las especies registradas son consideradas residentes, las cuales se reproducen dentro del territorio peruano (Schulenberg *et al.*, 2010). No registrando especies migratorias boreales y australes, sin embargo, las especies de la familia Anatidae (patos) (Figura 8-51c y 8-1d) se conoce que realizan desplazamientos altitudinales dentro del territorio siendo incluidas en apéndice II de la Convención de Especies Migratorias (CMS, 2015) y estas especies utilizan las lagunas para reproducirse, siendo consideradas especies acuáticas según *Wetlands International* (2012).

De los 4 hábitats evaluados en el área de estudio, 2 son considerados ecosistemas frágiles, los bofedales y las lagunas (Ley N° 29895). Estos hábitats presentaron

53 Primer Informe Técnico Sustentatorio para el Redimensionamiento del Proyecto Minero Utunsa aprobado mediante Resolución Directoral N.° 024-2017-SENACE/DCA.

54 VES por sus siglas en inglés (*Visual Encounter Survey*)

avifauna singular a cada tipo de ecosistema y la diversidad de especies de aves es baja (comprada con los bosques) y está influenciada por la variedad de hábitats que presenta esta zona geográfica (Valqui, 2005).

Las dos lagunas registraron 13 especies de aves, reportando 4 especies terrestres en la laguna Angascocha y 12 especies en la laguna Pistoro. La laguna Pistoro es la que sobresale por la riqueza de especies, encontrando 6 especies acuáticas, de las cuales 2 están consideradas como Casi Amenazadas la Gallareta Gigante (*Fulica gigantea)* y la Bandurria Andina (*Theristicus branickii*), y además se observó un registro reproductivo del Pato Barcino (*Anas flavirostris*) con un polluelo.

Esto evidencia la importancia de las lagunas para la reproducción de las aves acuáticas que ha sido mencionado por la importancia para la reproducción de las aves en este hábitat por Franke (2011). El potencial de hidrogeno (pH) en la Laguna Pistoro presentaron un rango de 6, 4 a 7,7 unidades de pH y en la laguna Angascocha 3,6 unidades de pH (OEFA, 2017), posiblemente esté parámetro de la calidad el agua influye en la riqueza de especies.

Los bofedales registraron 24 especies, de las cuales 5 especies acuáticas y 19 especies terrestres. Estas 24 especies han sido reportadas anteriormente en los bofedales en otros estudios en la parte sur del Perú (Tellería *et al.*, 2006; Servat *et al.*, 2010; Gibbons *et al.*, 2016). Para los bofedales en la parte sur del Perú, en total se reportaron 86 especies registradas en los bofedales, siendo 36 aves acuáticas y 50 aves terrestres (Tellería *et al.*, 2006; Servat *et al.*, 2010; Servat *et al.*, 2013; Franke, 2017). Esto nos indica que el hábitat bofedal es visitado por especies típicas de pajonal, teniendo como especies abundantes el Gorrión de Collar Rufo (*Zonotrichia capensis*), el Fringilo de Pecho Cenizo (*Phrygilus plebejus*) y el Chirigüe de Lomo Brillante (*Sicalis uropygialis*) (Figura 8-51a y 8-51b).

En el área de estudio se registraron 4 individuos de la especie Becasina de la Puna (*Gallinago andina)*, teniendo 2 individuos en la zona EF3 y 2 individuos en la zona EF8, pertenecientes a la microcuenca Yahuarmayo. Esta especie acuática prefiere los bofedales como hábitat (Stolz *et al.*, 1996; Gibbons *et al.*, 2016).

En el hábitat pajonal se registró 21 especies típicas de este hábitat, que son características de la puna de la sierra sur del Perú (Schulenberg *et al.,* 2010), teniendo a especies terrestres *P. plebejus* y *Z. capensis*, como las más abundantes (Figura 8-51a y 8-51b). Además, 6 especies restringidas al Bioma de los Andes Centrales como la Estrella Andina (*Oreotrochilus estella*), el Carpintero Andino o locamente llamado Jakacllo (*Colaptes rupicola*), la Bandurrita de Pecho Anteado (*Upucerthia validirostris*), el Fringilo Peruano (*Phrygilus punensis*), el Pitajo de d'Orbigny (*Ochthoeca oenanthoides*) y el Chirigüe de Lomo Brillante (*S. uropygialis*) (Stotz *et al.*, 1996) que son típicas de los altos Andes de Perú.

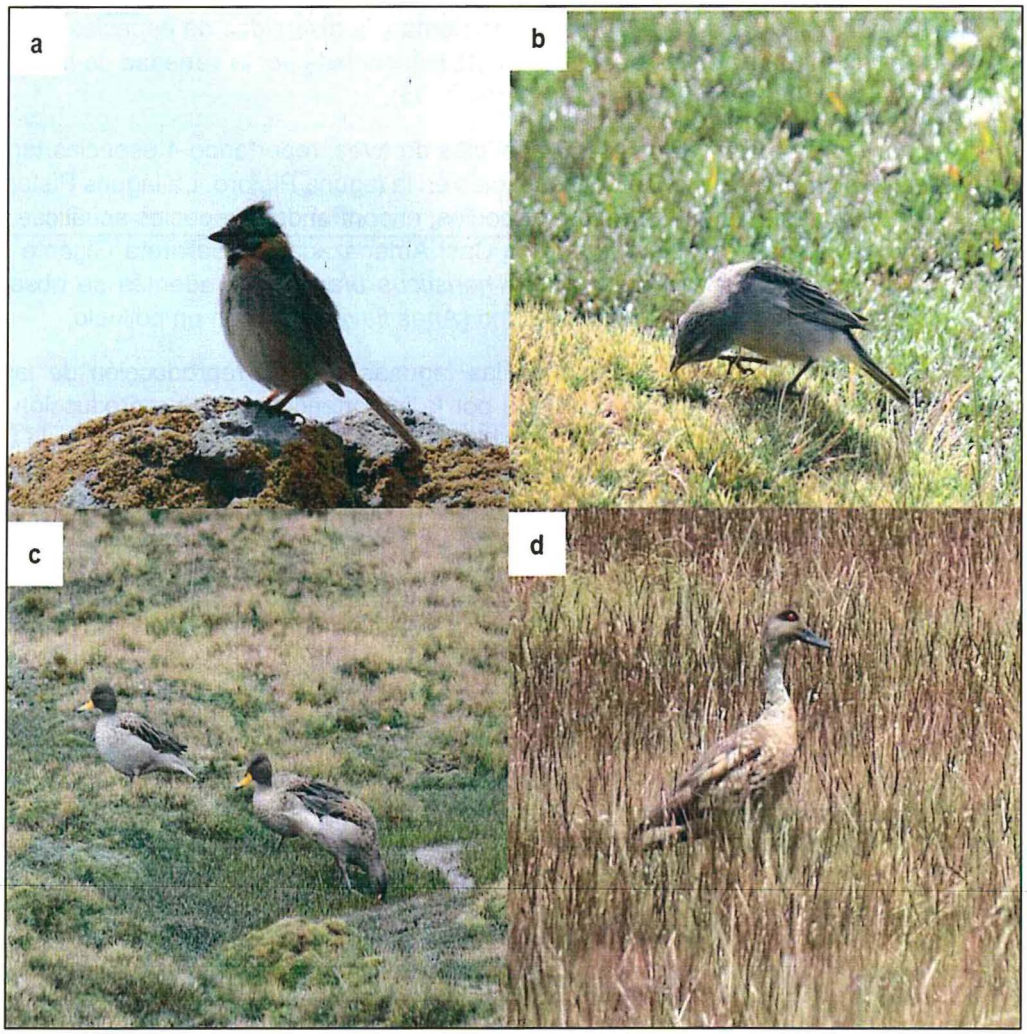


Figura 8-51. Especies más abundantes en el área de estudio encontradas en los hábitats bofedal, pajonal, roquedal y en bordes de las lagunas: **a.** Gorrión de Collar Rufo (*Zonotrichia capensis*) **b.** Fringilo de Pecho Cenizo (*Phrygilus plebejus*). Dos especies de patos registrados en los bofedales y lagunas: **c.** Pato Barcino (*Anas flavirostris*), **d.** Pato Crestón (*Lophonetta specularioides*).

El hábitat roquedal que se encuentra aledaño al pajonal, lagunas y bofedal, presentó la mayor riqueza de especies, que representa el 60,9 % de la riqueza de especies del total reportada para el área de estudio. En este hábitat se registró 6 especies CITES. En términos de conservación este hábitat es importante para la avifauna amenazada encontrada en el área de estudio, que se encuentra en pequeños parches.

La riqueza de especies y abundancia de aves en las zonas de ecosistemas frágiles, estuvo influenciada por presencia de los hábitats evaluados en cada zona. Los resultados muestran que las zonas que presentaron la mayor riqueza, abundancia y diversidad fueron EF3 y EF8 pertenecientes a la microcuenca Yahuarmayo, debido a que estas zonas albergaban la mayor diversidad de hábitats y presentaron áreas rocosas con presencia de bromelias, que en la época de evaluación se encontraban en floración siendo usada como alimento por los picaflores y por otras aves.

Por el contrario, las zonas que presentan la menor riqueza fueron EF13 (microcuenca Chicorume-Pallani), debido a que solo se evaluó el hábitat bofedal y en el EF2 (microcuenca Huayllani) solo se evaluaron los hábitats bofedal y roquedal. Cabe señalar que estas zonas presentaron presión de pastoreo de ganado en los bofedales y esta presión fue menor en la microcuenca Yahuarmayo.

Las especies registradas que se comparten en los hábitats y zonas son comunes de ecosistemas altoandinos en el sur de Perú, características de lagunas altoandinas, pajonal, bofedal, roquedal, áreas arbustivas y agroecosistemas (Schulenberg *et al.*, 2010).

Las 3 especies consideradas amenazadas presentaron bajas abundancias durante el periodo de evaluación. Entre ellos tenemos el Cóndor Andino (*Vultur gryphus*) registrado en el hábitat roquedal con 1 individuo (volando) en la zona EF1 (microcuenca Huayllani) (Figura 8-52). Esta especie también fue reportada anteriormente en estudios anteriores[55]. En el Perú, esta especie es poco común y la tendencia de su población es decreciente (Schulenberg *et al.*, 2010) y amenazada en la categoría de En Peligro (EN) según la legislación peruana y Casi Amenazada (NT) según la IUCN a nivel internacional. En el Perú, esta especie se distribuye desde la costa hasta las partes más elevadas de los Andes y se reporta para los departamentos de Piura, Lambayeque, La Libertad, Áncash, Lima, Ica, Arequipa, Moquegua, Tacna, Cajamarca, Amazonas, San Martín, Huánuco, Junín, Pasco, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Cusco y Puno (Schulenberg *et al.*, 2010).

La Gallareta Gigante (*F. gigantea*) es una especie acuática considerada como Casi Amenazada (D.S. N.° 004-2014-MINAGRI) registrándose 1 individuo en el cuerpo de agua en la laguna Pistoro. Asimismo, en el borde de la laguna Pistoro se registró 4 individuos de la Bandurria Andina (*T. branickii*) considerada como especie Casi Amenazada según la IUCN. Ambas son especies acuáticas (Figura 8-53).

Figura 8-52. Cóndor Andino *(Vultur gryphus)* especie registrada en el EF1 (microcuenca Huayllani)

[55] Primer Informe Técnico Sustentatorio para el Redimensionamiento del Proyecto Minero Utunsa aprobado mediante Resolución Directoral N.° 024-2017-SENACE/DCA.

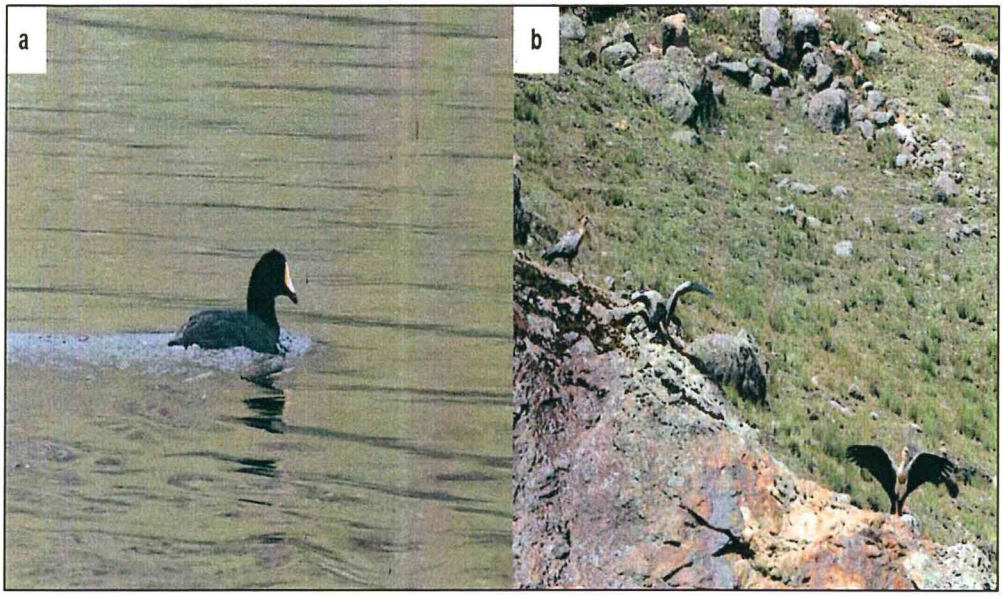


Figura 8-53. Especies acuáticas casi amenazadas **a.** La Gallareta Gigante (*Fulica gigantea*), **b.** La Bandurria Andina (*Theristicus branickii*), ambas registradas en la laguna Pistoro.

En el área de estudio se registraron 7 especies CITES que cumplen gran importancia ecológica; de los cuales 2 corresponden a los picaflores (polinizadores), 4 a rapaces diurnas y 1 a rapaces nocturnas, que son carnívoros ubicados en lo alto de la cadena alimenticia (Figura 8-54).

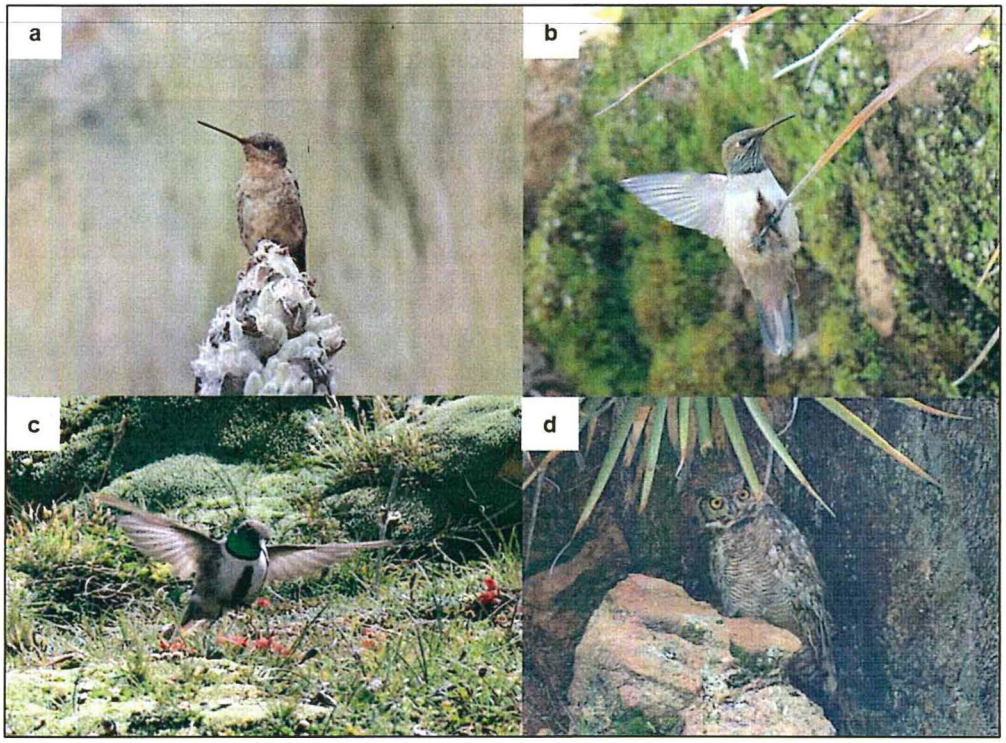


Figura 8-54. Especies en el apéndice II de CITES. Picaflores: **a.** Colibrí Gigante (*Patagona gigas),* **b.** Estrella Andina (*Oreotrochilus estella)* individuo hembra, **c.**

Estrella andina (*O. estella)* individuo macho. Rapaz nocturna: **d.** Búho Americano o Tuco (*Bubo virginianus*).

8.5.3. Mamíferos

Durante la evaluación para documentar la diversidad de mamíferos silvestres medianos y grandes, se usaron dos metodologías, el censo por transecto y el uso de cámaras trampa.

Por medio de censos por transectos se encontraron 8 registros (eventos) pertenecientes a 4 especies de mamíferos. De ellos 4 registros pertenecieron a vicuñas (*Vicugna vicugna*), 2 registros vizcachas (*Lagidium viscacia*), 1 registro de zorrino (*Conepatus chinga*) y 1 registro de zorro andino (*Lycalopex culpaeus*).

Estudios anteriores en el área de estudio[56] registraron en total 5 especies de mamíferos, entre ellos la alpaca (*Lama paco*), tucu-tucu (*Ctenomys* sp.), zorrillo (*Conepatus rex*), vizcacha (*Lagidium viscacia*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*). Estos estudios fueron realizados por observaciones directas e indirectas en recorridos que tuvieron una duración de 3 a 4 horas, realizados por las mañanas y por las tardes.

Al comparar los resultados obtenidos en los censos por transectos de la presente evaluación con los estudios anteriores, encontramos concordancia en dos especies silvestres, específicamente vizcacha (*Lagidium viscacia*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*) mientras que el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) reportado en nuestra evaluación, corresponde a un nuevo registro para el área.

La segunda metodología empleada para documentar la fauna silvestre, fue el uso de cámaras trampa, esta metodología fue utilizada únicamente en la presente evaluación para lo cual se distribuyeron 13 cámaras trampa en los diferentes ecosistemas frágiles y hábitats identificados en el área de evaluación.

Desde hace ya varios años el fototrampeo se ha convertido en una herramienta muy útil para el estudio de especies difíciles de observar directamente como los grandes carnívoros y en general para el estudio de toda la biodiversidad. Igualmente se ha visto su importancia para el reporte de la presencia de nuevos registros de especies en diferentes lugares del país (Díaz-Pulido y Payán Garrido 2012).

El esfuerzo de muestreo empleado por las cámaras trampa nos permitió registrar cuatro especies de mamíferos grandes y medianos, entre ellos el gato de los pajonales (*Leopardus colocolo*), vicuña (*Vicugna vicugna*), vizcacha (*Lagidium viscacia*) y el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*).

De las especies antes mencionadas, el gato de los pajonales (*Leopardus colocolo*), a pesar de ser considerada una especie relativamente común (Nowell & Jackson 1996 in Fajardo 2014), en el Perú existen pocos trabajos que documenten su presencia, se destacan los trabajos de Romo (1995), quien realizó un estudio sobre la dieta del gato de los pajonales en el parque nacional Rio Abiseo, el trabajo de Cossíos (2013) sobre la ecología de pequeños félidos en los Andes de Ayacucho y Huancavelica y el trabajo sobre la dieta de *Leopardus colocolo* en la Reserva Nacional de Junín (Fajardo 2014)

[56] Primer Informe Técnico Sustentatorio para el Redimensionamiento del Proyecto Minero Utunsa aprobado mediante Resolución Directoral N.° 024-2017-SENACE/DCA.

Nuestro registro del gato de los pajonales (*Leopardus colocolo*), corresponde al primer reporte de la especie en la distrito de Quiñota (D. Cossíos, com. pers.) y fue registrado en la microcuenca Chicorume – Pallani, en el EF12, el registro fue captado por la cámara trampa Utunsa-12 (Figura 8-55), está cámara estuvo instalada en el techo de una cueva a más o menos 2,5 m del suelo dirigido a un claro (espacio abierto) donde se observaron rastros de alimentación de animales silvestres, la cueva está ubicado a 200 m al margen derecha de la laguna Angascocha, el hábitat del área corresponde a un roquedal y la vegetación es arbustiva densa entremezclado con ichu (*Stipa ichu*).

Otra de las especies considerados nuevos registros para el área, es el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), esta especie se distribuye a ambos lados de la cordillera de los andes (Guzmán, 2008), y habita en zonas de páramos y bosque andino entre los 2000 y 3700 m s.n.m. (Jorgenson *et al.*, 2006 in: Noguera-Urbano 2016). En la presente evaluación, la especie fue registrada tanto en los censos por transectos, en entrevistas y en una cámara trampa (Figura 8-56).

Mediante el censo por transecto, fue registrado en el transecto 2, ubicado en el EF8 (microcuenca Yahuarmayo), el registro ocurrió en la margen izquierda de la laguna Pistoro, donde se encontró restos óseos frescos de oveja (*Ovis aries*) con marcas de dientes cortantes y profundas producto de fuertes mordidas propia de los cánidos, esta observación fue confirmada por pobladores del lugar, quienes mencionan que los zorros matan a las ovejas bebes, incluso a individuos adultos, este fenómeno ocurre cuando la abundancia de sus presas principales disminuyen en el medio natural (Martínez *et al.* 1993 in: Guzmán-Sandoval 2007). En la Patagonia Argentina en condiciones excepcionales el zorro colorado (*Lycalopex culpaeus*) podría ser responsable de la pérdida de hasta el 50% de los corderos producidos en un año (Travanini *et al.*, 2000)

El registro por cámara trampa del zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) ocurrió en la cámara Utunsa-09, ubicada en la microcuenca Yahuarmayo, en el EF8. La cámara fue instalada al borde de una cueva en el cerro Jornadayoc, el suelo de la cueva es pedregosa y se observó heces de zorrino (*Conepatus chinga*), restos de alimentación de zorro, (*Lycalopex culpaeus*), heces de vizcacha (*Lagidium viscacia*) y pequeños roedores no identificados.

Otra de las especies registrada en la presente evaluación es la Vicuña (*Vicugna vicugna*), esta especie de camélido habita en las la zonas altoandinas de Perú, Bolivia, Argentina y Chile, por encima de 3000 m s.n.m., en ambientes que incluyen mesetas (altiplano) y laderas cordilleranas con alta incidencia de heladas y precaria disponibilidad de agua (Palmieri, 2011).

En la evaluación se registró tanto en los censos por transectos como en las cámaras trampa, durante los censos fue registrada en los transectos 2 y 3, ambos ubicados en el EF8 (microcuenca Yahuarmayo), en el transecto 2, se registró un grupo familiar de 5 cinco individuos de vicuñas (*Vicugna vicugna*) 3 adultos y 2 juveniles alimentándose en un pajonal de puna, una característica resaltante de este grupo es que toleran la presencia humana a más o menos 50 m de distancia (Figura 8-57). La siguiente observación ocurrió en el transecto 3, y se trataba de un individuo macho solitario, según Torres (1992) posiblemente se trate de un individuo de uno a cuatro años de edad, que ha sido expulsado de un grupo familiar, o posiblemente se trate de un individuo de mayor edad que haya perdido su territorio.

De las 4 especies de mamíferos registrados en la presente evaluación, la vizcacha (*Lagidium viscacia*) fue la que presentó mayor abundancia, registrada tanto en censos como en las cámaras trampa (Figura 8-58). En los censos de los transectos 2 y 3, ubicados en el EF8 (microcuenca Yahuarmayo), se obtuvieron los mayores registros. En el transecto 2 se observó una manada de al menos 8 individuos, desplazándose rápidamente en una transición entre roquedal y bofedal. En el transecto 3, se encontró una manada de al menos 10 individuos en la falda del cerro Saywayocacca al lado derecho del bofedal Yahuarmayo. Al momento de la observación los individuos se alimentaban y otros se desplazaban rápidamente ante la presencia humana. Los espacios donde se observaron las vizcachas son terrenos rocosos, hábitat preferido por esta especie, donde viven en colonias localizadas en áreas montañosas o afloramientos rocosos de la estepa (Crespo, 1963 in: Galende, 2003).

En el departamento de Puno, en un estudio para documentar la diversidad de mamíferos en dos hábitats a 4 000 m s.n.m., reportaron 11 especies (4 grandes y 7 menores) (Ramírez, 2007). Del total de especies registradas en dicha investigación al menos dos de ellos fueron registrados en esta evaluación, el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*).

Figura 8-55. Primer registro del gato de los pajonales (*Leopardus colocolo*), para el distrito de Chilota, el registro fue captado por la cámara trampa Utunsa-12

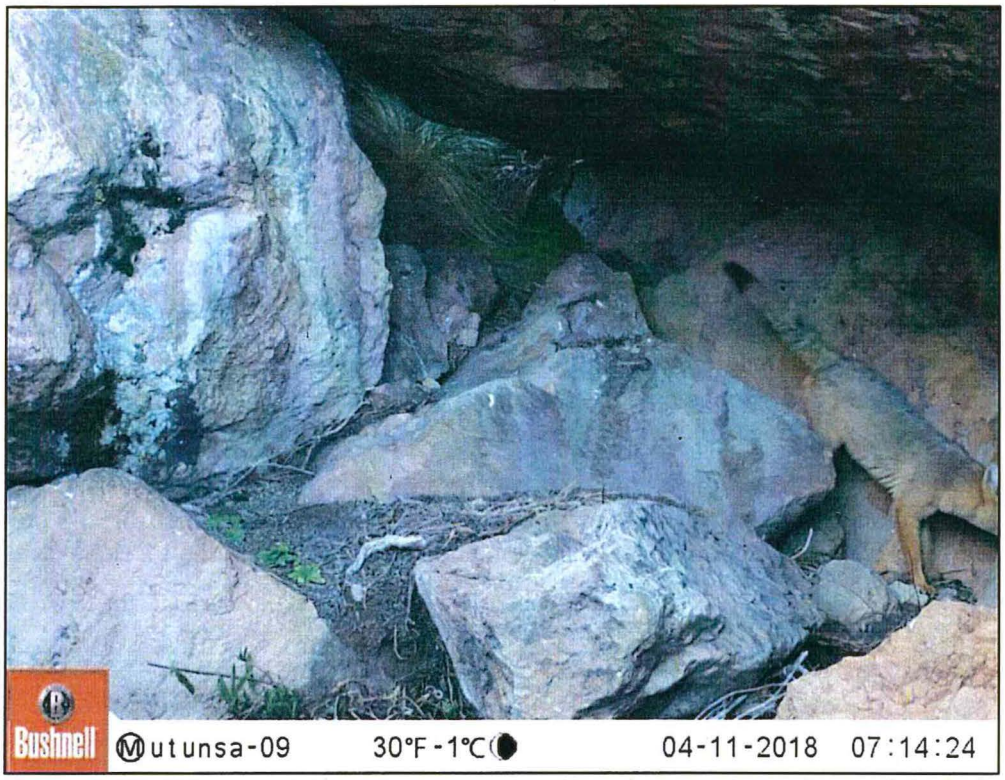


Figura 8-56. Primer registro del zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), en el área de evaluación, el registro ocurrió en la cámara trampa Utunsa-09, en la microcuenca Yahuarmayo, en el EF8.

Figura 8-57. Cuatro integrantes de un grupo familiar de cinco vicuñas (*Vicugna vicugna*), registrados en el transecto 2, sector Yahuarmayo

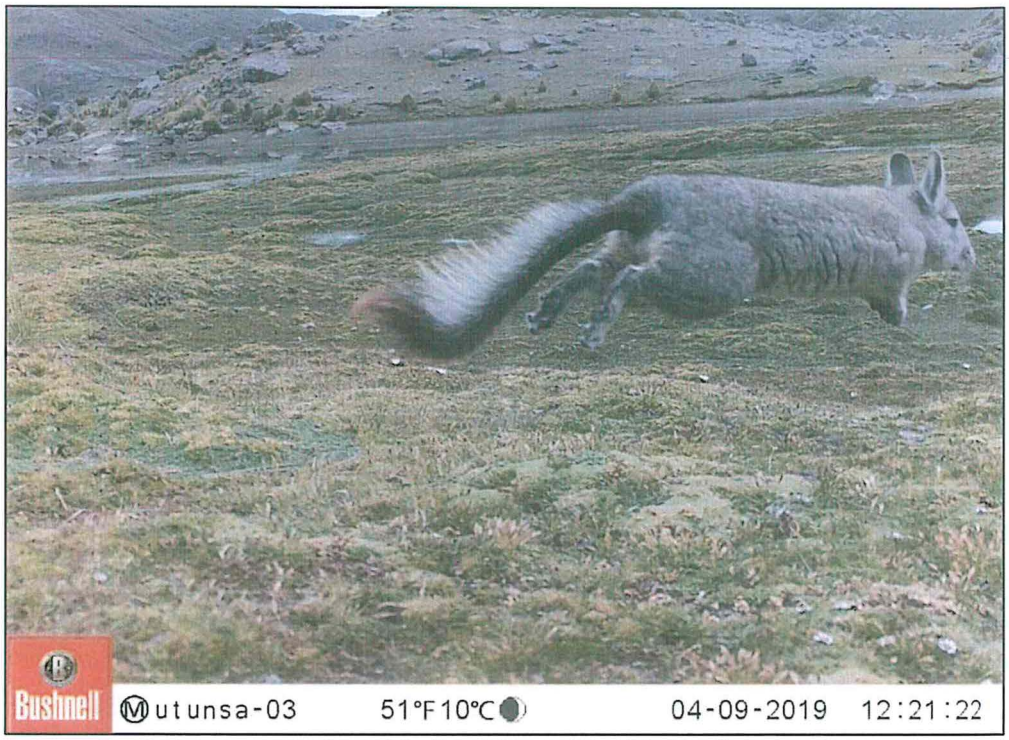


Figura 8-58. La especie vizcacha (*Lagidium viscacia*), fue la especie que presento mayor número de registro durante la evaluación.

9. CONCLUSIONES

Agua superficial, sedimento e hidrobiología

Microcuenca Yahuarmayo

Las aguas superficiales de la laguna Pistoro y sus tributarios en agosto 2017 (época seca) y marzo 2018 (época húmeda) presentaron pH dentro del rango establecido en los ECA para agua Cat.3 (2015 y 2017), excepto el punto LPist3 (lado norte de la laguna) que fue ligeramente ácido en la época seca. Asimismo, estas aguas presentaron concentraciones de metales muy bajas o no detectables, las cuales no superan los estándares antes mencionados. Además, presentaron baja conductividad eléctrica, se clasificaron como aguas bicarbonatadas cálcicas magnésicas y fueron de muy débil mineralización. Los sedimentos ubicados al lado norte de la laguna Pistoro (SED-LPist3 y SED-LPist4) presentaron concentraciones de arsénico que superaron al valor referencial PEL de la CEQG. Las concentraciones de arsénico en los sedimentos podrían deberse al tipo de formación geológica y a las condiciones del suelo, ya que en la parte alta del lado norte de la laguna Pistoro se evidenció un suelo fuertemente erosionado, que podría llegar hacia la laguna, a través de mecanismos de transporte. Cabe mencionar que en la parte alta de esta laguna se ubica el PM Utunsa.

En la laguna Pistoro, los organismos más representativos para las comunidades hidrobiológicas fueron los pertenecientes al género *Tabellaria* para el fitoplancton, así como las especies *Corythion* sp. y *Trinema lineare* para el zooplancton, asociándose a un proceso de eutrofización en la laguna. Así también, la presencia de especies de microalgas (perifiton) como *Tabellaria floculosa* y micoorganismos (perifiton) como

Corythion sp. y *Trinema lineare*, estarían asociadas a este proceso. Sobre la comunidad de peces, podemos indicar que se encontraron condiciones ambientales adecuadas para su desarrollo en la laguna; los peces (trucha) capturados presentaron concentraciones de metales (cadmio, plomo y mercurio) en sus músculos que no superaron los contenidos máximos para consumo (SANIPES, 2016).

En los tributarios de la laguna Pistoro, las especies más representativas de microalgas (perifiton) fueron *Hannaea arcus* y *Tabellaria floculosa*, que indican la presencia de ambientes ricos en nutrientes para su desarrollo. Asimismo, la especie más representativa para macroinvertebrados bentónicos fue *Cricotopus* sp., que es bioindicadora tolerante a un amplio rango de variables ambientales.

En las dos épocas evaluadas en la laguna Puccacocha, las aguas superficiales presentaron pH ligeramente ácido y se encontraron fuera del rango establecido en los ECA para agua Cat.3 (2015 y 2017). Asimismo, estas aguas presentaron concentraciones de metales muy bajos o no detectables, los cuales no superaron los estándares antes mencionados. Además, fueron aguas de baja conductividad eléctrica, clasificadas como sulfatadas cálcicas magnésicas y de muy débil mineralización. En relación con el sedimento de la laguna (SED-LPucc1), evaluado solo en época húmeda, este presentó concentraciones de arsénico que superó el valor referencial PEL de la CEQG.

Asimismo, la laguna Pucaccocha se encontraría bajo el mismo proceso de eutrofización natural que la laguna Pistoro, teniendo al género *Peridinium* como el más representativo del fitoplancton, el cual es un indicador de eutrofia y capaz de formar florecimientos algales nocivos. Así también, las especies más representativas del zooplancton como Nematoda ND y Centropagidae ND, y los géneros más representativos de los microorganismos (perfiiton) como *Proales* y *Vorticella*, estarían también relacionadas al proceso de eutrofización señalado.

El proceso de eutrofización en la laguna Puccacocha podría acelerarse debido a actividades antrópicas como pastoreo o uso de las aguas como bebederos de animales en sus alrededores. Debido a las características ácidas del agua, se determinaron especies de microalgas (perifiton) tolerantes a estas condiciones como las más abundantes, teniendo entre ellas a *Brachysira brebissonii* y *Eunotia* cf. *bilunaris*, así como al género *Leptocinclis*. Es posible que las condiciones ambientales de pH (< 5,0 unidades de pH) no brinden un adecuado rendimiento para la crianza de peces (trucha).

Durante la época seca en la quebrada Local desde la parte alta hacia la parte baja el pH disminuyó y, la conductividad eléctrica y los metales se incrementaron. Mientras que en la época húmeda, la parte alta de la quebrada (QLoca1) se activó por las lluvias presentando los mayores valores de conductividad eléctrica y concentraciones de sulfatos y metales, las cuales conforme las aguas discurrieron hacia la parte baja (QLoca3) disminuyeron, mientras que el pH aumentó, posiblemente por el aporte de la quebrada Qellohuayco y manantiales (Yanaocco y Millopata). La alteración de las características fisicoquímicas de las aguas de la parte alta de la quebrada, durante la época húmeda, es concordante con las características de los drenajes ácidos.

En la época húmeda, en la parte alta de la quebrada Local (QLoca1) las concentraciones de aluminio, cobre, hierro, manganeso y níquel; en la parte media (QLoca2) el aluminio, cobre y manganeso, y; en la parte baja (QLoca3) el aluminio, superaron los ECA para agua Cat.3 (2015 y 2017), mientras que en la época seca las

concentraciones de los parámetros evaluados cumplieron con los estándares mencionados, excepto el pH.

Durante la época seca las aguas de la quebrada Local fueron de muy débil mineralización, mientras que en la época húmeda en la parte alta fueron de excesiva mineralización y en la parte baja de débil mineralización, además sus aguas se clasificaron como sulfatadas cálcicas magnésicas (época húmeda). Con respecto a los sedimentos, evaluados solo en la época húmeda y en la parte media de la quebrada (SED-QLoca2), la concentración de arsénico superó el valor referencial PEL de la CEQG.

La parte alta y media de la quebrada Local (HID-QLoca1 y HID-QLoca2) presentaron condiciones adversas para el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas debido a las características fisicoquímicas del agua (aguas ácidas) y una alta carga de metales que se encuentran en ella, causado por alteraciones del cauce en la parte alta de la quebrada. Bajo estas características, se evidenció la presencia de microalgas (perifiton) como *Chroococcus dispersus*, *Eunotia* sp. 2 y *Leptolyngbya* sp. 1, todas ellas tolerantes a aguas de características ácidas, así como la ausencia de macroinvertebrados bentónicos lo cual indicaría una pésima calidad biológica (época húmeda).

El punto aguas abajo de la quebrada Local (HID-QLoca3), en ambas épocas presentó especies de microalgas (perifiton) indicadoras de aguas ácidas como *Eunotia arcus*, *Frustulia* aff. *chilensis* y *Chroococcus dispersus*. Así también, este punto presentó a la especie *Podonomus* sp. como el más representativo de los macroinvertebrados bentónicos durante ambas épocas, siendo esta una especie asociada a procesos de eutrofización, presentando entre pésima a mala calidad biológica (según el ABI).

En las aguas superficiales de la quebrada Yahuarmayo el pH en todos los puntos evaluados (ambas épocas) incumplió los ECA para agua Cat.3 (2015 y 2017), excepto en el punto QYahu1A (época húmeda). Los demás parámetros evaluados en la quebrada Yahuarmayo y en su tributario (QSNHuay1) cumplieron los estándares mencionados y fueron de muy débil mineralización. Cabe señalar que, en la época seca las concentraciones de cobre, estroncio, manganeso y zinc fueron mayores a las registradas en la época húmeda. Además, las aguas de la parte alta de la quebrada fueron sulfatadas cálcicas y luego de recibir el aporte de la quebrada sin nombre (QSNYahu1A) cambiaron a sulfatadas sódicas-magnésicas; las aguas del tributario fueron sulfatadas sódicas-magnésicas.

Los sedimentos de la quebrada Yahuarmayo (SED-Yahu1 y SED-Yahu3) y de su tributario (SED-QSNYahu1) en la época húmeda presentaron concentraciones de arsénico que superaron al valor referencial PEL de la CEQG, lo cual guarda relación con las concentraciones de arsénico presente en suelos aledaños a estos puntos.

Para las comunidades hidrobiológicas, se determinó que los puntos de la quebrada Yahuarmayo presentaron buenas condiciones para el desarrollo de la comunidad del perifiton, presentando en la parte alta de la quebrada (antes del aporte de HID-QSNYahu1) una mayor composición de especies de phylum Bacillariophyta, el cual es el más representativo sobre otros phyla (ambas épocas). Asimismo, el incremento del caudal producto de las lluvias durante la época húmeda, limitaría el desarrollo de los macroinvertebrados bentónicos. Esto debido a que, en la época seca, después del aporte de HID-QSNYahu1, se encontraron diversos tipos de especies, sensibles y tolerantes a cambios en el medio ambiente, como *Podonomus* sp. y *Claudioperla*

tigrina respectivamente, en comparación a la época húmeda en la que no se encontraron organismos en los puntos HID-QYahu1 y HID-QYahu2.

Microcuenca Chicorume–Pallani

Los parámetros evaluados (conductividad eléctrica, sólidos totales suspendidos, metales, etc.) en las aguas superficiales de la laguna Angasccocha, y quebrada Angascocha–Pallani y su tributario (quebrada Umasa) cumplieron los ECA para agua Cat.3 (2015 y 2017) a excepción del pH en ambas épocas y el oxígeno disuelto solo en los puntos QPall1 (quebrada Pallani) y QUmas1 (quebrada Umasa) en la época seca (subcategoría D2). Las concentraciones de metales, en estos cuerpos de agua, fueron mayores durante la época seca. Además, estas aguas se clasificaron como sulfatadas cálcicas y la mineralización disminuyó conforme las aguas discurrieron manteniéndose como muy débil.

El sedimento evaluado en la laguna Angascocha (SED-LAnga1) registró concentraciones de arsénico, cadmio y cobre, que superaron los valores referenciales PEL de la CEQG posiblemente debido a la geología del lugar y a los suelos aledaños a este punto que presentaron los mismos metales en la línea base (2010). Cabe indicar que en la parte alta de esta laguna se ubicarán los tajos 2 y 3 del proyecto minero Utunsa.

La laguna Angascocha se encontraría bajo un proceso de eutrofización natural, teniendo al género *Peridinium* (el más representativo del fitoplancton en la época seca), al género Bdelloidea ND (el más representativo del zooplancton en la época húmeda) y a la especie *Tabellaria floculosa* (la más representativo de las microalgas en la época húmeda) como indicadores de eutrofia. Cabe indicar que *Peridinium* es un potencial formador de florecimientos algales nocivos.

El proceso de eutrofización de laguna Angascocha podría acelerarse debido a actividades antrópicas como pastoreo o uso de las aguas como bebederos de animales en sus alrededores. Por otro lado, el género *Fragilaria* (el más representativo del fitoplancton en la época húmeda), al igual que el género *Arcella* (el más representativo del zooplancton en la época húmeda) y al género *Frustulia* (el más representativo de las microalgas en la época seca), se caracterizan por ser tolerantes a ambientes de aguas ácidas. Es posible que las condiciones ambientales de pH (< 4,0 unidades de pH), característico de esta laguna, no brinden un adecuado rendimiento para la crianza de peces (trucha).

En la quebrada Angascocha-Pallani (HID-QAnga1 y HID-QPall1) y su tributario (HID-QUmas1) el phylum Bacillariophyta fue el más representativo del grupo de microalgas (perifiton), asociado a aguas con características ácidas de pH, siendo el género *Eunotia* fue el más representativo de los Bacillariophyta, caracterizado por ser tolerante a aguas ácidas. Asimismo, en la parte baja de la quebrada (HID-QPall2) se evidenció un aumento del pH, produciendo un cambio en la composición de especies, dado por la reducción de especies del phylum Bacillariophyta y un aumento de los phyla Cyanobacteria y Chlorophyta. El pH acido de las aguas limitaría el desarrollo de microalgas, sobretodo de especies sensibles.

Cabe señalar que en los puntos HID-QUmas1 (tributario de la quebrada Angascocha-Pallani) y HID-QPall1 (quebrada Angascocha-Pallani) no se encontraron organismos de macroinvertebrados bentónicos en la época húmeda debido a que la calidad hidromorfológica en ambos puntos fue moderada, debido a que la quebrada atraviesa

un bofedal y pastizales, limitando el desarrollo de esta comunidad. Asmimismo, el incremento del caudal influye en la composición de especies de esta comunidad en los puntos HID-QAnga1 y HID-QPall2, ya que presentaron una moderada calidad biológica en la época seca y una mala calidad en la época húmeda. Estos puntos presentaron a la familia Chironomidae como los de mayor dominancia, grupo caracterizado por ser indicador de procesos de eutrofización y ser tolerante a un amplio rango de variables, como es el caso de las aguas de características ácidas.

En la época seca en la naciente de la quebrada Collpa-Pallalla Punco, la cual solo recibe las aguas de la quebrada Utunsa, el pH se incrementó conforme el agua discurrió desde la parte alta hacia la parte baja y contrariamente la conductividad eléctrica y la concentración de metales disminuyeron. Asimismo, en la época húmeda la tendencia fue la misma. Cabe señalar que en esta época, la quebrada recibe aguas de las quebradas Utunsa (QUtun1) y Parca Orjo (QPOrjo1), las cuales presentaron características de drenajes ácidos de roca.

Las aguas de las quebradas Utunsa (QUtun1), Collpa-Pallalla Punco, parte alta, (QColl1, QColl2) y Parca Orjo (QPOrjo1) clasificaron como sulfatadas cálcicas magnésicas, mientras que la parte baja de la quebrada Collpa-Pallalla Punco (QPPunc1) se clasificó entre sulfatada y bicarbonatada cálcica magnésica. Además, la mineralización disminuyó conforme las aguas discurrieron hacia la parte baja cambiando de media a muy débil mineralización.

En la época seca el pH en las quebradas Utunsa (QUtun1), Collpa-Pallalla Punco (QColl1, QColl2 y QPPunc1) y, en la época húmeda en las quebradas Parca Orjo (QPOrjo1), Utunsa (QUtun1) y Collpa-Pallalla Punco (QColl1, QColl2) incumplió los ECA para agua Cat.3 (2015 y 2017). Asimismo, las concentraciones de aluminio (ambas épocas) y hierro (época seca) en la quebrada Utunsa (QUtun1) y, aluminio (época seca) en la quebrada Collpa-Pallalla Punco (QColl1) superaron los estándares mencionados.

Con relación a los sedimentos ubicados en la quebrada Collpa (SED-QColl1 y SED-QColl2) y Utunsa (SED-QUtun1) las concentraciones de arsénico se encontraron por encima del valor referencial PEL de la CEQG. Las concentraciones de arsénico en los puntos SED-QColl1 y SED-QUtun1, podrían deberse al arrastre del suelo y roca mineralizada de la parte alta, que presentó concentraciones de arsénico, el cual estaría sedimentando en las quebradas.

La quebrada Parca Orjo (HID-QPOrjo1), Utunsa (HID-QUtun1) y la quebrada Collpa-Pallalla Punco (HID-QColl1) ubicadas próximas a las actividades mineras, presentaron condiciones adversas para el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, dada por aguas de características ácidas, asociado a la alta concentración de metales y por las alteraciones de los cauces, causada por el arraste de material proveniente de la parte alta de estas quebradas. Esta características se asociaron a la presencia de especies de microalgas (perifiton) como son *Eunotia* cf. *exigua* y *Pinnularia microstauron* en la quebrada Utunsa; *Pseudanabaena* sp. 2 en la quebrada Parca Orjo; así como *Tabellaria floculosa* (HID-QColl1) y *Eunotia* cf. *exigua* (HID-QColl1 y HID-QColl2), en la quebrada Collpa-Pallalla Punco, todas ellas especies tolerantes a aguas de características ácidas.

De acuerdo a la evaluación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en la época seca, la calidad biológica (según el ABI) en la quebrada Utunsa (HID-QUtun1) fue moderada y en la quebrada Collpa-Pallalla Punco (HID-QColl1) fue mala.

Asimismo, las quebradas Parca Orjo (HID-Porjo1) y Utunsa fueron de pésima calidad biológica en la época húmeda. Estos puntos presentaron a la familia Chironomidae como los de mayor dominancia, grupo caracterizado por ser indicador de procesos de eutrofización y ser tolerante a un amplio rango de variables, como es el caso de las aguas de características ácidas.

Cabe señalar que, si la quebrada Collpa-Pallalla Punco (HID-QColl2), la cual presentó una pobre abundancia de microalgas y ausencia de macroinvertebrados bentónicos relacionado posiblemente al fuerte caudal (epoca húmeda), sufriese un aumento en la cantidad de nutrientes por alguna actividad antrópica, sumado a las características ácidas del agua (< 6,0 unidades de pH), podría ponerse en riesgo las condiciones ambientales para una adecuada crianza de truchas.

Por otro lado, la muestra de músculo de trucha proveniente de la piscigranja (HID-QColl2), la cual no hace uso de las aguas de la quebrada Collpa, no registró metales que superaron las concentraciones máximas de cadmio, plomo y mercurio para consumo humano (SANIPES, 2016).

La quebrada Ocollocllа (QOcol1) registró pH ligeramente neutro, baja conductividad, muy débil mineralización y baja concentración de metales (ambas épocas). Además, los parámetros evaluados cumplieron con los ECA para agua Cat.3 y sus aguas se clasificaron como bicarbonatada cálcica (época húmeda).

Por otro lado, la quebrada Collpa-Pallalla Puncco (HID-QPPunc1) y su tributario Ocollocllа (HID-QOcol1) presentaron buenas condiciones ambientales para el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas tanto de microalgas (perifiton) al presentarse una composición de especies de diversos phyla, como de macroinvertebrados bentónicos al presentarse una composición de especies de diversos órdenes mayormente facultativos y tolerantes, sobretodo en la época seca, ya que en la época húmeda el aumento del caudal estaría afectando el hábitat de esta comunidad. Cabe señalar que, las aguas de la quebrada Ocollocllа presentaron buenas condiciones para la crianza de trucha (pH neutro y baja concentración de metales). Las muestras de músculo de truchas proveniente de un criadero que usa las aguas de la quebrada Ocollocllа (ambas épocas), no registraron metales que superaron las concentraciones máximas para el consumo humano (SANIPES, 2016).

En las aguas de la quebrada Chicorume (ambas épocas) el pH, la conductividad eléctrica y las concentraciones de los metales aumentaron conforme discurren hacia la parte baja; en la época húmeda cambiaron sus facies de bicarbonatadas sódicas a bicarbonatadas cálcicas magnésicas, manteniendo su muy débil mineralización. Además, el pH en la parte alta (ambas épocas) y media (época seca) de la quebrada incumplió los ECA para agua Cat.3, mientras que la parte baja cumplió este estándar.

La concentración de arsénico en el sedimento de la parte baja de la quebrada Chicorume (QSNColl1) superó el valor referencial PEL de la CEQG y fue mayor a la parte alta. Dicho incremento se debería a la presencia de arsénico presente en los suelos erosionados que por el mecanismo de escorrentía estarían llegando a la quebrada.

La quebrada Chicorume, presentó buenas condiciones para el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, mostrando una mayor composición de especies de microalgas (perifiton) de diversos phyla en la parte alta (HID-QChic2), en comparación a la parte baja (HID-QSNColl1) en la época húmeda. Además, el incremento del

caudal producto de las lluvias durante la época húmeda, sería el mayor limitante para el desarrollo de los macroinvertebrados bentónicos durante esta época, sobretodo en la parte baja de la quebrada. Esto debido a que en la epoca seca el punto HID-QSNColl1, presentó una buena calidad biológica, dado en su mayoría por especies tolerantes y facultativas de esta comunidad, ya que en la época húmeda no se encontraron organismos.

Microcuenca Huayllani

En la época seca en las aguas superficiales de la parte baja de la quebrada Huayllani (QHuay2A) el pH disminuyó con respecto a la parte alta (QHuay1), a diferencia de la época húmeda. Además, en ambas épocas la conductividad eléctrica se incrementó, mientras que la concentración de sulfatos y metales registraron baja variabilidad conforme las aguas discurrieron, debido al aporte de quebrada sin nombre (QSNHuay1) y del bofedal. Asimismo, la conductividad eléctrica y la concentración de sulfatos y metales fueron menores en la época húmeda, por el efecto de las lluvia, además del tributario y bodefal mencionado, y sus aguas se clasificaron como bicarbonatadas cálcicas magnésicas y de muy débil mineralización.

Todos los parámetros evaluados cumplieron con los ECA para agua Cat.3 (2015 y 2017), excepto el pH en los puntos QHuay2A y QSNHuay1 (época seca); en cuanto a los metales evaluados en sedimentos de la quebrada Huayllani (SED-QHuay2, SED-Huay2A y SED-QHuay2-AB), todas las concentraciones no superaron los valores referenciales PEL de la CEQG.

La quebrada Huayllani presentó buenas condiciones para el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas siendo el phylum Bacillariophyta (diatomeas) el más representativo en lo que concierne a las microalgas (perifiton). Respecto a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, aguas arriba del aporte de la quebrada Huiscachan Huayco (HID-QSNHuay2), especialmente en la época seca, la comunidad presentó una mayor diversidad de especies y una buena calidad biológica (según el ABI), representado por especies tolerantes (familia Chironomidae), facultativas (familia Baetidae) y sensibles (familia Leptophlebiidae).

El pH (época seca) y la concentración de manganeso (ambas épocas) en la quebrada Huiscachan Huayco (QSNHuay2) incumplieron los ECA para agua Cat.3 (2015 y 2017), mientras que la concentración de cianuro WAD (época húmeda) y los demás parámetros evaluados no superaron el estándar mencionado, además de presentar cianuro total y libre. Cabe mencionar, que en la parte alta de este punto (QSNHuay2), aproximadamente a 100 metros, se ubican dos pozas de sedimentación. Con respecto a su sedimento, la concentración de arsénico superó el valor referencial PEL de la CEQG, cuya presencia se debería al arrastre de material disturbado presente alrededor de las pozas de sedimentación.

Las aguas de la quebrada Huiscachan Huayco (QSNHuay2) tributario de la quebrada Huayllani en la época seca presentó pH, concentraciones de sulfatos, bicarbonatos, calcio, estroncio, manganeso que fueron menores que en la época húmeda; y se clasificaron como sulfatadas cálcicas magnésicas y de media mineralización (época húmeda). Además, en ambas épocas ésta quebrada presentó características diferentes a las quebradas evaluadas en la microcuenca Huayllani.

Asimismo, las aguas de este tributario de características ácidas y con concentraciones de metales, presentaría condiciones que limitarían el desarrollo de especies de diversos phyla de microalgas (perifiton), dado por una alta dominancia de organismos

del phylum Bacillariophyta, sobretodo de la especie *Gomphonema parvulum*, la cual es indicadora de drenaje ácido. Cabe señalar que no se colectaron organismos de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos (época húmeda), por ende tuvo una pésima calidad biológica (según el ABI).

En las aguas de la quebrada Surimana (ambas épocas) conforme discurrieron hacia la parte baja el pH se incrementó, los metales disminuyeron y sus facies cambiaron de sulfatadas cálcicas magnésicas (QSuri1A, QSuri1-AB, QSuri1) a bicarbonatadas cálcicas magnésicas (QSuri2), dichos cambios se deben a la capacidad de filtración del bofedal, ubicado entre los puntos QSuri1A y Qsuri1. Además, las aguas de esta quebrada fueron de muy débil mineralización. Asimismo, el pH en el punto QSuri1A (ambas épocas) y en el punto QSuri1 (época seca) incumplieron los ECA para agua Cat.3 y los demás parámetros evaluados cumplieron con este estándar. Cabe indicar que en la parte alta de esta quebrada se ubica el PAD de lixiviación del proyecto minero Utunsa.

Los sedimentos evaluados en la quebrada Surimana (QED-QSuri1A, SED-QSuri-AB y SED-QSuri1) presentaron concentraciones de arsénico que superaron al valor referencial PEL de la CEQG, el cual se debería a la concentración de arsénico presente en el suelo erosionado, ubicado aguas arriba de la quebrada, el cual estaría generando el arrastre de material por el cauce de esta quebrada.

Asimismo, la quebrada Surimana presentó una amplia composición de especies de diversos phyla, siendo mayor el número de especies pertenecientes al phylum Bacillariophyta en todos los puntos evaluados. Sin embargo, el punto HID-QSuri1A presentaría condiciones adversas para el desarrollo de esta comunidad, dado por la alteración del cauce (mala calidad hidromorfológica), pH ácido y concentraciones de metales en las aguas de la quebrada. En este punto las especies más representativas de las microalgas (perifiton) fueron *Microspora floccosa*, *Achnanthidium* sp. 1, *Gomphonema gracile, Caloneis* cf. *undulatiformis*, *Navicula* aff. *parinacota* y *Eunotia arcus* cuyos géneros son indicador de drenaje ácido.

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto HID-QSuri1 (quebrada Surimana) presentó una buena calidad biológica (según el ABI) en la época seca, mientras que los demás puntos evaluados en la quebrada presentaron una pésima calidad biológica (ambas épocas). Esta pésima calidad biológica se debería a que: en el punto HID-QSuri1A se encontraron organismos de macroinvertebrados bentónicos tolerantes, siendo el más representativo *Cricotopus* sp., el cual se relaciona a una pésima calidad biológica; además, en el punto HID-QSuri1-AB no se observaron sustratos duros en el cauce de la quebrada, sobre los cuales se desarrollan gran número de especies pertenecientes a esta comunidad, debido a que la quebrada atraviesa grama terrestre y parches de un bofedal; así también, en los puntos HID-QSuri1 y HID-QSuri2 el aumento del caudal en la época húmeda sería la principal limitante para el desarrollo de esta comunidad.

Calidad de aire

Las direcciones de los vientos predominantes fue nor-noreste en el cerro Utunsa (AIR-UTUN), oeste-noroeste en el cerro Saywachayoj (AIR-SAY), noroeste en el poblado de Piscocalla (AIR-PISCO) y sur-suroeste en el poblado Hatun Rumiyoc (AIR-HATUN), sin embargo la mayor cantidad de frecuencias de las direcciones de los vientos en los puntos ubicados en los cerros Utunsa y Saywachayoj provinieron de la zona del proyecto minero Utunsa, en el periodo de evaluación.

Las concentraciones de material particulado menor a 10 micras (PM_{10}) y plomo en los cuatro puntos de monitoreo (AIR-UTUN, AIR-SAY, AIR-PISCO y AIR-HATUN) no superaron los valores de los Estándares de Calidad Ambiental para aire (2001 y 2017) y la máxima concentración registrada fue de 63,6 µg/m^3 (AIR-SAY). Asimismo, las concentraciones de metales cumplieron con los valores de referencia de la norma canadiense (AAQC) y, de acuerdo a los valores del índice de calidad de aire (INCA) para PM_{10}, todos los puntos evaluados calificaron como buena calidad de aire.

Flora silvestre

Se evaluaron 12 ecosistemas frágiles (10 bofedales y 2 lagunas) en ellas se diferenciaron 3 tipos de formaciones vegetales (bofedal, roquedales y pajonales), de los cuales la formación vegetal bofedal fue la más representativa de la flora silvestre.

Se registraron 154 especies agrupadas en 38 familias botánicas y 94 géneros, siendo las familias más diversas Asteraceae y Poacea; y los géneros más diversos *Senecio* y *Calamagrostis*. La vegetación de roquedal fue la formación vegetal de mayor riqueza con 95 especies, seguida de la formación vegetal de bofedal con 88 especies. Sin embargo, respecto a la cobertura vegetal, la formación vegetal de roquedal presentó en promedio el menor valor de cobertura con 55,6 %, mientras que la formación bofedal fue la que presentó mayor cobertura con 74,32 %. Por otro lado, las herbáceas corresponden al estrato más diverso con el 79,2 % de las especies registradas en el área de estudio.

Las especies con mayor abundancia relativa en el área evaluada fueron *Plantago tubulosa*, *Stipa ichu* y *Aciachne pulvinata*. Siendo *Plantago tubulosa*, *Hypochaeris taraxacoides* y *Werneria pygmaea* las especies más abundantes en los bofedales; en el roquedal *Stipa ichu* y *Trichophorum rigidum*; y las especies *Stipa ichu* y *Aciachne pulvinata* en el pajonal.

Las formaciones vegetales asociadas a las lagunas (pajonal y roquedal) fueron las más diversas respecto a las evaluadas en los bofedales. Por otro lado, las zonas más diversas se encontraron en la microcuenca Huayllani (EF10 y EF1) y Yahuarmayo (EF8).

El análisis estadístico multivariado (NMDS) y de similitud, muestran que las formaciones vegetales evaluadas están bien definidas (agrupadas), de los cuales los bofedales poseen baja similitud con el pajonal y roquedal; sin embargo, las formaciones más similares respecto a las lagunas fueron el pajonal y roquedal.

Con respecto al estado de conservación o endemismo se registraron 18 especies, teniendo 7 especies protegidas según la legislación peruana, 4 especies en IUCN y 3 especies CITES, asimismo 6 especies fueron endémicas de Perú, de los cuales 3 especies amplían sus rangos de distribución.

Fauna silvestre

En el área de evaluación se registraron 4 especies de anfibios: *Pleurodema marmoratum*, *Gastrotheca marsupiata*, *Rhinella spinulosa* y *Telmatobius* cf. *jelskii*; y 2 especies de reptiles: *Liolaemus* complejo *annectens* y *Tachymenis peruviana*. De los cuales 4 especies (3 anfibios y 1 reptil) no fueron registradas en estudios anteriores.

Los anfibios presentaron una mayor riqueza de especies con respecto a los reptiles; sin embargo, la lagartija *Liolaemus* complejo *annectens* fue la especie con mayores valores de abundancia durante la evaluación.

Los renacuajos de las diferentes especies de anfibios presentaron valores altos de abundancia debido a su tipo de desarrollo, distribuyéndose en los diferentes cuerpos de agua de los bofedales.

Las características estructurales de los hábitats estarían influyendo de forma directa en la abundancia y diversidad de las especies de anfibios presentes, siendo el hábitat bofedal donde se presentaron los mayores valores. Asimismo, los hábitats roquedal y pajonal fueron utilizados principalmente por las lagartijas del complejo *Liolaemus annectens*.

En el área de evaluación, las zonas ubicadas en las microcuencas Huayllani (EF10) y Yahuarmayo (EF7 y EF8) obtuvieron la mayor riqueza y abundancia de especies de anfibios y reptiles, a diferencia de lo registrado en la microcuenca Chicorume–Pallani (EF12 y EF13).

De todas las especies registradas en la evaluación, el anfibio *Telmatobius* cf. *jelskii*, se encuentra categorizada como Vulnerable según la legislación nacional y Casi Amenazado por la IUCN. Cabe señalar, que esta especie presenta problemas taxonómicos que no permiten su correcta identificación, al igual que *Liolaemus* complejo *annectens*.

En el área de estudio la avifauna registrada es típica de los ecosistemas altoandinos del sur de Perú. Asimismo se registraron 41 especies pertenecientes a 21 familias y 13 órdenes. Los órdenes que presentaron mayor número de especies fueron los Passeriformes con 22 especies, seguido de Anseriformes con 4 especies. Las familias con mayor número de especies fueron Thraupidae (6 especies), Tyrannidae (6 especies), Furnaridae (5 especies) y Anatidae (4 especies). Siendo estos grupos taxonómicos los más representativos de los ecosistemas alto andinos del sur del Perú.

Las 41 especies de avifauna registradas son consideradas residentes que se reproducen dentro del territorio peruano, de las cuales 31 son de ambientes terrestres y 10 de ambientes acuáticos, además se encuentran dentro de su rango de distribución conocida.

Del total de especies de avifauna registradas, 31 especies no fueron registradas en estudios anteriores en el área de estudio.

Los hábitats evaluados presentan avifauna particular de cada hábitat. Las lagunas y los bofedales son importantes para las aves acuáticas registradas, en algunos casos para su reproducción. El bofedal y pajonal son los hábitats que comparten especies terrestres, siendo el bofedal un hábitat visitado por especies terrestres y acuáticas. El roquedal es el hábitat que registró la mayor riqueza de especies.

Las zonas de ecosistemas frágiles que presentaron mayor riqueza y abundancia de avifauna fueron EF3 (microcuenca Yahuarmayo) y EF1 (microcuenca Huayllani). Los mayores valores de los índices de diversidad se obtuvieron en EF1 (microcuenca Yahuarmayo) y EF12 (microcuenca Chicorume-Pallani), debido que estas zonas albergaban la mayor diversidad de hábitats y presentaron áreas rocosas con presencia de bromelias. Sin embargo, las zonas que presentaron menor riqueza, abundancia y diversidad fueron EF13 (microcuenca Chicorume–Pallani) y EF2 (microcuenca Huayllani).

La riqueza de especies de avifauna es muy significativa en el área de estudio, presentando 21 especies de interés para la conservación. De las cuales se registraron 7 especies CITES y 10 especies que son restringidas al bioma de los Andes Centrales.

Según la legislación nacional se registró 1 especie de avifauna En Peligro (EN), el Cóndor Andino (*Vultur gryphus)* y 2 especies Casi Amenazada (NT), la Gallareta Gigante *(Fulica Gigantea)* y Perdiz de la Puna (*Tinamotis pentlandii*). Además, por la IUCN, la Bandurria Andina (*Theristicus branickii)* es considerada Casi Amenazada.

Para los censos de mamíferos silvestres se realizó un esfuerzo de 07:48:00 horas/censo, con una cobertura de 4350 m, este esfuerzo permitió registrar cuatro especies de mamíferos silvestres.

Los mayores valores en términos de índice de ocurrencia e índice de abundancia de mamiferos, fue la vizcacha (*Lagidium viscacia*) con un valor acumulado de 23 y la vicuña (*Vicugna vicugna*) con un valor acumulado de 30.

Con la metodología de cámaras trampa se hallaron 79 registros independientes pertenecientes a cuatro especies que representan el 57,14 % de mamíferos grandes y medianos que habitan los diferentes hábitats del área de evaluación.

Con las metodologías de censos por transectos y cámaras trampa se logró el registro de seis especies de mamíferos silvestres confirmados y dos especies potenciales (registradas por encuesta) en el área de evaluación.

De acuerdo a la legislación nacional y al libro rojo de la fauna silvestre amenazada del Perú, 2 especies de mamíferos se encuentran comprendidas en alguna categoría de conservación, entre ellos el gato de los pajonales (*Leopardus colocolo*), comprendido en los Datos Insuficientes (DD) y la vicuña (*Vicugna* vicugna) comprendido en las especies Casi Amenazado (NT). En cuanto a la lista roja de especies amenazadas a nivel internacional se encontró que el gato de los pajonales (*Leopardus colocolo*) incluido en la categoría de Casi Amenazado (NT) y las 3 especies restantes se encuentran comprendidas en la categoría más baja que es de Preocupación Menor (LC).

En el área evaluada se registró 3 especie de mamíferos incluidas en el apéndice II de CITES, el gato de los pajonales (*Leopardus colocolo*), vicuña (*Vicugna* vicugna) y el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*).

10. RECOMENDACIÓN

Remitir el presente informe a la Dirección de Supervisión Ambiental en Energia y Minas del OEFA, para conocimiento y fines, en función de sus competencias.

Remitir copia del presente informe a los Gobiernos Regionales de Cusco y Apurímac, a las Municipalidades distritales de Quiñota y Haquira para conocimiento y fines, de acuerdo con los compromisos asumidos en la etapa de coordinación previa e inducción.

11. ANEXOS

ANEXO 1: Participación ciudadana.

ANEXO 2: Instrumentos de gestión ambiental asociados al proyecto minero Utunsa

ANEXO 3: Reporte de campo del monitoreo de agua superficial, hidrobiología y sedimentos, marzo de 2018

ANEXO 4: Reporte de resultados de agua superficial, hidrobiología y sedimentos, realizado en marzo de 2018 y agosto 2017

ANEXO 5: Mapas hidroquímicos

ANEXO 6: Puntos de agua superficial considerados en la LBA de ANABI S.A.C en relación con los considerados por el Oefa.

ANEXO 7: Reportes de campo del inventario y evaluación de ecosistemas frágiles de flora y fauna (marzo de 2018).

ANEXO 8: Reporte de resultados del inventario y evaluación de ecosistemas frágiles de flora y fauna (marzo de 2018).

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, R.; Ríos, B.; Rieradevall, M. & Prat, N. (2009). Propuesta de un Protocolo de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos (C.E.R.A) y su Aplicación a dos Cuencas en Ecuador y Perú. Limnética, 28(1): 35-64.

Aguilar, C., Gamarra, R., Ramirez, C., Suarez, J., Torres, C., & Siu-Ting, K. (2012). Anfibios andinos y estudios de impacto ambiental en concesiones mineras de Perú. Alytes, 29.

Aguilar, C., Ramírez, C., Rivera, D., Siu-Ting, K., Suarez, J., & Torres, C. (2010). Anfibios andinos del Perú fuera de Áreas Naturales Protegidas: amenazas y estado de conservación. Revista Peruana de Biología, 17(1), 5-28.

Aguilar, C., Wood Jr, P. L., Cusi, J. C., Guzman, A., Huari, F., Lundberg, M., & Ticona, A. (2013). Integrative taxonomy and preliminary assessment of species limits in the Liolaemus walkeri complex (Squamata, Liolaemidae) with descriptions of three new species from Peru. ZooKeys, (364), 47.

AmphibiaWeb. (2018). <https://amphibiaweb.org> University of California, Berkeley, CA, USA. accessed 25 June 2018.

Angulo, A., Rueda-Almohacid, J., Rodríguez-Mahecha, J. y & La Marca, E. (2006). (Eds). Técnicas de Inventario y Monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Conservation Internacional. Serie Manuales de Campo N° 2.

Appelo, C. & Postma, D. (2005). Geochemistry, Groundwater and Pollution (2nd Ed.). Amsterdam, The Netherlands: Taylor & Francis Group.

Armitage, P.; Moss, D.; Wright, J. & Furse, M. (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. Water Research, 17(3): 333-347.

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

Atayupanqui F. V. (1987). Caracterización de bofedales y selectividad de alpacas en dos sitios diferentes en el Sur de Perú Proyecto de desarrollo de la crianza de alpacas (No. RISPAL-0264). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima (Perú) Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura-IVITA, Lima (Perú). Centro de Investigaciones Centro de Investigación Científica de Camélidos Sudamericanos, Lima (Perú) Cooperación Técnica Suiza, Lima (Perú).

Baev, P. V., & Penev, L. D. (1995). BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. Pensoft, Sofia, Bulgaria.

Bagenal, T. & Tesch, F. (1978). Age and growth. En: T. Begenal (Ed.), Methods for assessment of fish production in fresh waters (pp. 101-136). UK, Oxford: Blackwell Science Publications.

Bellinger, E. & Sigee, D. (2010). Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators. (1ra. Edición). John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, U.K.

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

Blackwell, B., Seamans, T., Helon, D. & Dolbeer, R. (2000). Early loss of Herring Gull glutches after egg-oiling. Wildlife Society Bulletin 28(1):70-75.

Boddicker, M.; Rodriguez, J. J. & Amanzo J. (2002). Indices for assessment and monitoring of large mammals within an adaptive management framework. Environmental Monitoring and Assessment 76: 105 – 123.

Bolton, S. & Shellberg, J. (2001). Ecological issues in flood plains and riparian corridors. Center for Streamside Studies, University of Washington, a white aper prepared submitted to the Washington State Departments of Fish and Wildlife, Ecology, and Transportation dated May 2001.

Brako, L. & J. Zarucchi. (1993). Catálogo de las Angiospermas y Gymnospermas del Perú. Missouri Botanical Garden, Monographs in Systematic Botany, 45: 1-1286.l

Bray, J. & Curtis, J. (1957). An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. Ecological Monographs, 27: 325-349.

Brookes, A. (1988). Channelized Rivers: Perspectives for Environmental Management. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, U.K.

Brower, J. & Zar, J. (1984). Field and laboratory methods for general ecology. Iowa: Wm. C. Brown Co. Dubuque.

Canales, C. & Tapia M. (1987) Producción y Manejo de Forrajes en los Andes del Perú (Production and Management of Forage in the Peruvian Andes). Proyecto Investigación de los Sistemas Agropecuarios Andinos, PISA (INIPA, CIID, ACDI), Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga, Lima, 304 pp.

Cano A., W. Mendoza, S. Castillo, M. Morales, M.I. La Torre, H. Aponte, A. Delgado, N. Valencia y N. Vega. (2010). Flora y vegetación de suelos crioturbados y hábitats asociados en la Cordillera Blanca, Ancash, Perú. Rev per biol. 17(1): 095 – 0103.

Castilla, A. M., Van Damme, R., & Bauwens, D. I. R. K. (1999). Field body temperatures, mechanisms of thermoregulation and evolution of thermal characteristics in lacertid lizards. Natura croatica, 8(3), 253-274.

Catenazzi, A., & von May, R. (2014). Conservation status of amphibians in Peru. Herpetological Monographs, 28(1), 1-23.

Catenazzi, A., von May, R., & Vredenburg, V. T. (2013). Conservation of the high Andean frog Telmatobius jelskii along the PERU LNG pipeline in the Regions of Ayacucho and Huancavelica, Peru. Monitoring biodiversity: Lessons from a Trans-Andean megaproject. Smithsonian Scholarly Press, Washington DC.

Catenazzi, A., von May, R., & Vredenburg, V. T. (2013). High prevalence of infection in tadpoles increases vulnerability to fungal pathogen in high-Andean amphibians. Biological Conservation, 159, 413-421.

Catenazzi, A., Vredenburg, V. T., & Lehr, E. (2010). Batrachochytrium dendrobatidis in the live frog trade of Telmatobius (Anura: Ceratophryidae) in the tropical Andes. Diseases of Aquatic Organisms, 92(2-3), 187-191.

Cerrate, E. (1979). Vegetación del Valle de Chiquian (Provincia de Bolognesi) (Departamento de Ancash). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.

Chao, A., Ma, K. H., and Hsieh, T. C. (2016) iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. Program and User's Guide published at http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/.

Chapman, D. (1996). Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring (2da. Edición). Gran Bretaña: University Press, Cambridge.

Chong T. (2016). Piper diagram – A novel visualisation tool for process design. Chemical Engineering Research and Design, 112, 132-145. doi:https://doi.org/10.1016/j.cherd.2016.06.002.

Cifuentes, R.; Gonzalez, J.; Montoya, G.; Jara, A.; Ortíz, N.; Piedra, P & Habit, E. (2012). Relación Longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro cuenca del río Valdivia, Chile. Gayana 76 (Número Especial): 101-110.

CITES (2017). CITES-Listed Species 2017. UNEP-WCMC Species Database. http://www.cites.org. [Acceso 28 agosto de 2018].

CITES (2017). Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. <https://www.cites.org> Downloaded on 01 June 2018

Clarke, K. R. & Gorley, R. N. (2006). PRIMER v6: User Manual/Tutorial. Plymouth: PRIMER-E.

Clench, H. (1979). How to make a regional list of butterflies: some thoughts. Journal of the Lepidopteran society. no 33, p. 216-231.

Colwell, R. K. (2011). EstimateS, Version 8.2: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Software and User's Guide

Colwell, R. K., Chao, A., Gotelli, N. J., Lin, S. Y., Mao, C. X., Chazdon, R. L., & Longino, J. T. (2012). Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. Journal of plant ecology, 5(1), 3-21.

Convention on Migratory Species (CMS) (2015). Appendices I and II. [Internet]. Recuperado en: http://www.cms.int/en/page/appendix-i-ii-cms (Acceso 6 de junio 2018).

Cooper, P.; Job, G.; Green, M. & Shutes, R. (1996). Reed Beds and Constructed Wetlands for Wastewater Treatment; WRc Publications: Medmenham, Marlow, UK.

Cossíos D.E., Maffei, L. & Fajardo, U. (2013). Ecología de pequeños félidos en los Andes de Ayacucho y Huancavelica, Perú. En: A. Alonso, F. Dallmeier and G. Servat, eds. Monitoreo de biodiversidad: lecciones de un megaproyecto transandino. Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington, D.C. pp. 341-350.

Crespo, J.A. (1963). Dispersión del Chinchillón Lagidium viscacia (Molina) en el Noroeste de la Patagonia y descripción de una nueva especie (Mammalia; Rodentia). Neotropica, 9:61-63

Crisci, J. & López, F. (1983). Introducción a la Teoría y Práctica de la Taxonomía Numérica. Secretaría General de la O.E.A., Washington D.C.

Crump, M. & Scott, L. (1994). Visual Encounter Survey. En: Measuring and Monitoring Biological Diversity, Standard Methods for Amphibians. Heyer, W. R., Donnelly, M.A

Cuadras, C. M. (2014). Nuevos métodos de análisis multivariante. Barcelona, España: CMC Editions.

Da Costa, M. & Gerson, F. (2003). Lengthweight relationship and condition factor of Micropogonias furnieri (Desmarest) (Perciformes, Sciaenidae) in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro State, Brazil. Revista Brazileira de Zoología, 20(4): 685-690.

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

Dolbeth, M.; Pardal, M.; Lilleblo, A.; Azeiteiro, U. & Marques, J. (2003). Short- and long-term effects of eutrophication on the secondary production of an intertidal macrobenthic community. Marine Biology, 10(1007): 1133-1135.

Eisenberg, F. & Redford, H. (1999). Mammals of the Neotropics: the Central Neotropics, Vol. 3. The University of Chicago Press, Chicago and London 609 pp.

El Peruano (2012). Ley N° 29895. Ley que modifica el artículo 99 de la Ley 28611, Ley General del Ambiente , e incorpora los páramos y jalcas al conjunto de ecosistemas frágiles. Publicada el 6 de julio del 2012.

Environmental Protection Agency (EPA). (2003). Standard Operating Procedure-SOP #2016, Sediment Sampling Recuperado de https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/r8-src_eh-02.pdf

Fajardo U., Cossíos D. & Pacheco V. (2014). Dieta de Leopardus colocolo (Carnivora: Felidae) en la Reserva Nacional de Junín, Junín, Perú. Rev. Peru. biol. 21(1): 061-070 (Mayo 2014). doi: http://doi. org/10.15381/rpb.v21i1.8248.

Ferreyra, R. (1944). Revisión del género Onoseris. Journal of the Arnold Arboretum, 25(3), 349-395.

Ferreyra, R. (1946). A revision of the Peruvian species of Monnina. Journal of the Arnold Arboretum, 27(2), 123-168.

Flores, E. (1992). Naturaleza y uso de los pastos naturales. Lima: Programa TTA, pp. 1 - 15.

Flores, M., Alegría, J., & Granda, A. (2005). Diversidad florística asociada a las lagunas andinas Pomacocha y Habascocha, Junín, Perú. Revista Peruana de Biología, 12(1), 125-134.

Florez, A. & Malpartida, E. (1987). Manejo de Praderas y Pasturas en la región Altoandina del Perú. Banco Agrario Tomo II.

Franke I. (2011). Importancia de las Lagunas Pequeñas para la Avifauna de la Zona Altoandina. Recuperado en http://avesecologaymedioambiente.blogspot.com/2011/11/importancia-de-los-humedales-pequenos.html.

Franke I. (2017). Las aves de los bofedales altoandinos peruanos. Recuperado http://avesecologaymedioambiente.blogspot.com/2017/04/las-aves-de-los-bofedales-altoandinos.html?q=bofedales.

Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. Journal of Applied Ichthyology 22: 241-253.

Frost, D.R. (2018). Amphibian species of the world: an online reference. Versión 6.0. Museo Americano de Historia Natural. Nueva York, http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html.

Galende, G. I. & Trejo, A. (2003). Depredación del águila mora (Geranoaetus melanoleucus) y el búho (Bubo magellanicus) sobre el chinchillón (Lagidium viscacia) en dos colonias del noroeste de patagonia, Argentina. Mastozoología Neotropical / J. Neotrop. Mammal.; 10(1):143-147.

Gamonal P. Tratamiento de drenajes de ácidos de minas en humedales construidos, file:///D:/D/Bibliograf%C3%ADa/Water/Humedales_retiro%20de%20metales.pdf.

Garcia, E. & Beck, S. G. (2006). Puna, pp. 51-76. En: M. Moraes, B. Øllgaard, L. P. Kivst, F. Borchsenius, & H. Balslev (eds.). Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Nacional Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

Gentry, A. H. (1993). Overview of Peruvian Flora. In Brako, L. & J. Zarucchi, Ctalogue of Flowering Plants and Gymnosperns. Missouri Botanical Garden, Mongraphs in Systematic Botany 45: 29-39.

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.

Gonzáles, P. (2016). Diversidad de asteráceas en los humedales altoandinos del Perú. Científica, 12(2).

Guzmán A.D.; D'Elía G. & Ortiz J. C. (2008) Variación geográfica del zorro Lycalopex culpaeus (Mammalia, Canidae) en Chile: implicaciones taxonómicas. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 57 (1-2): 421-432, March-June 2009.

Guzmán-Sandoval, J., Sielfeld, W., & Ferrú M. (2007). Dieta de Lycalopex culpaeus (Mammalia: Canidae) en el extremo norte de Chile (región de Tarapaca). Gayana 71(1): 1-7.

Halffter, G. y Moreno, C. (2005). Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma, En Halffter, G.; Soberón J.; Koleff, P. & Melic, A. (Eds.), Sobre el significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma (pp. 1-18). México: CONABIO.

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

Hill, M. (1973). Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. Ecology, 54(2): 427-432.

Hilsenhoff, W. (1988). Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. Journal of the North American Benthological Society, 7(1): 65-68.

International Union for the Conservation of Nature (IUCN). 2018. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-1 [Internet] Disponible en: http://www.iucnredlist.org/. [Acceso 5 junio de 2018].

IUCN (2018). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-1. <http://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 01 June 2018

James, S. & Reis, R. (Eds.). (2011). Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes. Berkeley: University of California Press.

John, D. & Tsarenko, P. (2002). Order Chlorococcales. In: The Freshwater Algal Flora of the Britssh Isles. An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae (John DM, Whitton BA, Brook AJ. eds). Cambridge University Press, Cambridge. pp. 327-409.

Jorgenson, J. P.; Rodríguez-Mahecha, J. V.; Constantino, E. & Barrera de Jorgenson, A. (2006). Lobo colorado Lycalopex culpaeus. In: Rodríguez- Mahecha, J. V.; Alberico, M.; Trujillo, F. & Jorgenson, J. eds. Libro rojo de los mamíferos de Colombia. Bogotá, Conservación Internacional Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, p 237-241.

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

Kadlec, et al. (2000). Constructed Wetlands for Pollution Control. Processes, performance, Design and Operation. IWA Specialist Group on the Use of Macrophytes in water pollution control, scientific and technical report No 8, IWA publishing, London.

Krebs, Ch. (1989). Ecological Methodology. Harper and Row Publishers, New York. 654 pp.

Ladouche B. (2005). Hydrochemical assessment of the Rochefort marsh: Role of surface and groundwater in the hydrological functioning of the wetland. Journal of Hydrology, 314, 22-42. doi:10.1016/j.jhydrol.2005.03.018.

León B., J. Roque, C. Ulloa Ulloa, et al. (Editores). 2007. El Libro rojo de las plantas endémicas del Perú, Rev.Per. Biol. Número Especial 13(2). 971 pp.

León, B. & Young, K. R. (1996). Aquatic plants of Peru: diversity, distribution and conservation. Biodiversity & Conservation, 5(10), 1169-1190.

León, B., Roque, J., Ulloa-Ulloa, C, Pitman, N., Jorgensen P. M. & 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). Flora of Peru. Field Museum of Natural History. Botanical Series.

Mackay et al. (1998). Diatom succession trends in recent sediments from Lake Baikal and their relation to atmospheric pollution and to climate change. Philosophical Transactions of the Royal Society of London A, 353: 1011-1055.

Mafla, M. (2005). Guía para evaluaciones ecológicas rápidas con indicadores biológicos en ríos de tamaño mediano. Talamanca – Costa Rica. CATIE Publ., Turrialba, Costa Rica.

Magurran, A. (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.

Martinez, D., Rau, J. & Jaksic, F. (1993). Respuesta numérica y selectividad dietaria de zorros (Pseudalopex sp.) ante una reducción de sus presas en el norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 66: 195- 2002

Matteucci, S. D & 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.

Mazzeo, N.; Clemente, J.; García-Rodríguez, F.; Gorga, J.; Kruk, C.; Larrea, D.; Meerhoff, M.; Quintans, F.; Rodríguez-Gallego, L. & Scasso, F. (2002). Eutrofización: causas, consecuencias y manejo. En: Domínguez, A. & Prieto, R. (eds.). Perfil Ambiental, Nordan-Comunidad, Montevideo. pp: 39-55.

McPherson, L.; Slotte, A.; Kvamme, C.; Meier, S. & Marshall, C. (2011). Inconsistencies in measurement of fish condition: a comparison of four indices of fat reserves for Atlantic herring (Clupea harengus). ICES Journal of Marine Science, 68: 52-60.

Megersa D. (2015). Hydrochemical characterization of various surface water and groundwater resources available in Matahara areas, Fantalle Woreda of Oromiya region. Journal of Hydrology: Regional Studies, 3, 444-456. doi:10.1016/j.ejrh.2015.02.007.

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) (2014). Actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre, aprobada mediante Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI.

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2006). Categorización de especies amenazadas de flora silvestre, aprobada mediante Decreto Supremo N° 043-2006-AG.

Ministerio del Ambiente (MINAM) (2015). Guía de inventario de la fauna silvestre. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima, Perú. 83 pp.

Ministerio del Ambiente (MINAM) (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complemenarias. Aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Lima, Perú.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2012). Lista Anotada de los Peces de Aguas Continentales del Perú. (2da. Edición). Lima. Por Ortega, T.H., Hidalgo M., Correa, E., Trevejo, G., Meza, V., Cortijo, A.M. y Espino, J.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Lima. Por Samanez, V.I., Rimarachín, C.V., Palma G.C., Arana, M.J., Ortega T.H., Correa, R.V. & Hidalgo, D.M.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2015). Guía de inventario de la fauna silvestre. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima, Perú. 83 pp.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2015). Guía de inventario de la flora y vegetación del Ministerio del Ambiente, aprobada mediante Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM por la Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural del Ministerio del Ambiente –21-31 pp.

Molau U. (1990). The genus Bartsia (Scrophulariaceae-Rhinanthoideae). Opera Bot, no 102, p. 1-99.

Montoya, Y. & Aguirre, N. (2013). Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia. Revista Gestión y Ambiente, 16(3): 91-117.

Moreno, C. & Halffter, G. (2001). Spatial and temporal analysis of alpha, beta and gamma diversities of bats in a frag of alpha, beta and gamma diversities of bats in a fragmented landscape. Biodiversity and Conservation, 10: 367-382.

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M & T - Manuales y Tesis SEA, vol 1, Zaragoza, 84 pp.

Moreno, C.; Barragán, F.; Pineda, E. & Pavón, N. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. Revista Mexicana de Biodiversidad, 82: 1249-1261.

Moreno, D.; Quintero, J. & López, A. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. Contactos, 78: 25-33.

Mostacedo, B. & Fredericksen, T. S. (2000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Santa Cruz- Bolivia, Ed. El País, 92 p.

Mostacer J.; Ramirez R. & Mejía F. (2008), Caracterización biológica, física y química de los Humedales altoandinos de la Libertad, Trujillo, Perú.

Natural Resources Conservation Service (NRCS). (2009). Stream Visual Assessment Protocol, Version 2. National Biology Handbook, p. 75. Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.

Noguera-Urbano E. A., Ramírez-Chaves H. E & Torres-Martínez M. (2016). Análisis geográfi co y conservación del zorro andino Lycalopex culpaeus (Mammalia, Canidae) en Colombia. Iheringia. Série Zoologia

Nordstrom, K., Blaine, R., McCleskey, J. & Ball, W. (2008). Sulfur geochemistry of hydrothermal waters in Yellostone National Park: IV Acid-Sulfate waters. US Geological Survey 24, 2: 191-207.

Nowell K. & P. Jackson. (1996). Status Survey and Conservation Action Plan: Wild Cats. IUCN/SSC Cat Specialist Group, Gland, Switzerland. 421 pp.

Odum, E. (1972). Ecología. Editorial Interamericana. México. 639 pp.

ONERN (1984). Inventario y Evaluación de los recursos naturales de la zona altoandina del Perú (reconocimiento) Departamento de Huancavelica. Volumen I. Lima.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2017). Informe N° 088-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA. Informe de la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Utunsa, en el distrito de Quiñota, provincia de Chumbivilcas, departamento de Cusco, y en el distrito de Haquira, provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac.

Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES) (2016). Manual: Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para mercado nacional y de exportación. Recuperado el 10 de octubre del 2017 en http://www.sanipes.gob.pe/procedimientos/6_R_DE_N_057_2016_A1.pdf

Ortega, H. & Hidalgo, M. (2008). Freshwater Fishes and Aquatic Habitats in Peru: Current Knowledge and Conservation. Aquatic Ecosystem Health and Management, 11(3): 257–271.

Palmieri. C. (2011). Algunas consideraciones sobre el mercado de fibra de vicuña en la Argentina Demanda mundial. Revista de Divulgación Técnica Agrícola y Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agrarias – UNCa. Revista Nº 13.

Peet, R. (1974). The measurement of species diversity. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 5: 285–307.

Peters, J. A. & Donoso-Barros, R. (1970). Catalogue of the Neotropical Squamata: Part II. Lizards and Amphisbaenians. Bulletin of the United States National Museum, 297: 1-293.

Pielou, E. (1975). Ecologycal Diversity. Jhon Wiley, New York. 165 pp.

Pielou, E. (1984). The interpretation of ecological data. A primer on classification and ordination. John Wiley, New York. 263 pp.

Plenge, M. A. (2014). Especies y subespecies de las aves del Perú. Lima, Perú. Recuperado en https://sites.google.com/site/boletinunop/subespecies (Acceso 22 mayo del 2018).

Plenge, M. A. (2018). Lista de las Aves de Perú. Recuperado en https://sites.google.com/site/boletinunop/checklist (Acceso 2 de abril del 2018).

Ramirez, O., Arana, M., Bazán, E., Ramirez, A. & Cano, A. (2007). Assemblages of bird and mammal communities in two major ecological units of the Andean Highland plateau of Southern Peru. Ecología Aplicada, 6(1, 2)-139-148.

Rennie, M. & Verdon, R. (2008). Development and evaluation of condition indices for the lake whitefish, Coregonus clupeaformis. North American Journal of Fisheries Management 28: 127-1293.

Ricker, W. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin Fisheries Research. Board of Canada, 191: 382.

Rodriguez, J. R. & Amanzo J. (2001). Medium and large mammals of the southern Vilcabamba region, Peru. En: Biological and Social Assessments of the Cordillera de Vilcabamba, Peru. L. E. Alonzo, T. S. Schulenberg y F. Dollmeier (eds), pp. 117 – 126. Rapid Assessment Program 12. Smithsonian Institution, Monitoring and Assessment of Biodiversity Program.

Rodríguez, L. O., Córdova, J. H. & Icochea, J. (1993). Lista preliminar de los anfibios del Perú. Publicaciones del Museo de Historia Natural. UNMSM (A) 45: 1-22.

Roldán, G. & Ramírez, J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical (2da. edición). Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.

Roldán, G. (2003). Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia. Uso del Método BMWP/Col. Ed Universidad de Antioquia. 170pp. Medellín, Colombia.

Romo M.C. (1995). Food habits of the Andean fox (Pseudalopex culpaeus) and notes on the mountain cat (Felis colocolo) and puma (Felis concolor) in the Río Abiseo National Park, Perú. Mammalia 59(3): 335-343.

Salomons, W. (1995). Environmental impact of metals derived from mining activities: processes, predictions, prevention. Journal Geochemical Exploration 52, 5 -23.

Samanez, I. & López, D. (2014). Distribución geográfica de Boeckella y Neoboeckella (Calanoida: Centropagidae) en el Perú. Revista peruana de biología, 21(3): 223-228.

Schulenberg, T. S., Stotz, D. F., Lane, D. F., O'Neill, J. P., & Parker III, T. A. (2010). Birds of Peru: revised and updated edition. Princeton University Press.

Seebacher, F., & Franklin, C. E. (2005). Physiological mechanisms of thermoregulation in reptiles: a review. Journal of Comparative Physiology B, 175(8), 533-541.

Servat, G. P., Alcocer, F. R. & Larico V. M. (2013). Riqueza y abundancia de las aves de bofedales dentro del área de influencia del gasoducto del Peru LNG en Abra Apacheta y la Cuenca de los ríos Pampas-Palmitos. 371-381 En: Alonso, A., Dallmeier, F. and Servat, G. P. 2013. Monitoreo de Biodiversidad: Lecciones de un Megaproyecto Transandino pp 371-381.

Servat, G.P., Caballero M., K.C. & Velásquez, J. L. (2010). Lista anotada de las aves de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca (Arequipa, Perú) En: Zeballos, H., Ochoa, J. A. y López, J (eds.). 2010. Diversidad biológica de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca, Arequipa – Moquegua. Lima: desco, PROFONANPE, SERNANP, 314 pp.

Shubrha N. (2015). Evaluation of Groundwater Quality and Its Suitability for Domestic and Irrigation Use in Parts of the Chandauli-Varanasi Region, Uttar Pradesh, India. Journal of Water Resource and Protection, 7, 572-587. doi:10.4236/jwarp.2015.77046

Simler, R. (2017). Diagrammes Software version 6.51. Laboratorio de Hidrología de Avignon. Recuperado de http://www.la.univ-avignon.fr/LHA-Logiciels.htm

Sokal, R. & Michener, C. (1958). A statistical method for evaluating systematic relationships. University of Kansas Science Bulletin, 38: 1409-1438.

Sokal, R. & Sneath, P. (1963). Principles of numerical taxonomy. W. H. Freeman, San Francisco.

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

Srinivasamoorthy, M. (2014). Hydrochemical characterization and quality appraisal of groundwater from Pungar sub basin, Tamilnadu, India. Journal of King Saud University - Science, 26, 37-52. doi:10.1016/j.jksus.2013.08.001.

Stolz, D.F.; Fitzpatrick, J. W.; Parker, T.A. & Moskovits, D. K. (1996). Neotropical birds: ecology and conservation: Chicago, EE.UU. Chicago University Press.

Swingle, H. (1969). Methods of Analysis for waters, organic matter and Pond Bottom Soils Used in Fisheries Research. Auburn Univ. Auburn, Ala, 119 pp.

Telleria, J. L., J. L. Venero & T. Santos. (2006). Conserving birdlife of Peruvian highland bogs: effects of patch-size and habitat quality on species richness and bird numbers. Ardeola 53:271-283.

Tobler, M. (2013). Camera Base Version 1.6, User guide. Available on line at http://www.atriumbiodiversity.org/tools/camerabase/files/CameraBaseDoc1.6.pdf

Torres, H. (1992). Background, Objectives, and Limitations of the Action Plan. In: South American Camelids. Hernán Torres (ed.). IUCN/SSC South American Camelid Specialist Group. Gland, Switzerland. Pp 1-4.

Travaini, A.; Zapata, S.; Martínez-Peck, R. & Delibes, M. (2000). Percepción y actitud humanas hacia la predación de ganado ovino por el zorro colorado (Pseudalopex culpaeus) en Santa Cruz, Patagonia Argentina. Mastozoología Neotropical 7(2):117-129

Trudel, M.; Tucker, S.; Morris, J.; Higgs, D. & Welch, D. (2005). Indicators of energetic status in juvenile coho and chinook salmon. North American Journal of Fisheries Management 25: 374-390.

U.S. Environmental Protection Agency. (2001). Methods for Collection Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual. Office of Science &Technology Office of Water. EPA-823-B-01-002. Washington, DC 20460.

Uetz, P., Freed, P. & Hošek, J. (2018) The Reptile Database. Available from: http://www.reptile-database.org (accessed 25 June 2018).

Valencia C. (2011). Química del Hierro y Managaneso en el agua, métodos de remosión (Tesis de obtención al título). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador

Valqui, T. (2005). Perú. Edén natural de aves. Editorial Graph & Consult. Lima.

Vasquez, T., Alfaro J., Sibaja J., Esquivel G., Valdés J. (2012). Composición quimica del agua de lluvia y de niebla recolectada EN la RESERVA biológica monteverde. Uniciencia 26. Pp. 51-63.

Villegas Y. (2011). Agua y SIG - Los diagramas más usados para la interpretación de análisis hidroquímicos. Recuperado de http://www.aguaysig.com/2011/01/los-diagramas-mas-usados-para-la.html.

Vincent, W. (2010). Protists, Bacteria and Fungi: Planktonic and Attached - Cyanobacteria. En: Plankton of Inland Waters (pp. 226-232). Academic Press/Elsevier.

Warwick, R. & Clarke, K. (1995). New 'biodiversity' measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. Marine Ecology Progress Series, 129(2): 301-305.

Washington, H. (1984). Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. Water Research, 18 (6), 653–694.

Webster, J.; Swedlund, P. & Webster, K. (1998). Environmental Science and Technology, 32, 1361-1368.

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

Wetzel R.G. (2001). Limnology. Lake and River Ecosystems. (3ra. edición). San Diego: Academic Press.