



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

Zona Corire

En la Figura 7-85a y 7-85b, se observa que en la temporada de avenida y estiaje los puntos muestreados se agrupan en 2 tipos de agua, el primer tipo corresponde a las quebradas Apacheta (QApac-01, QApac-02, QApac-03, QApac-04, QMill-01 y QCori-02), Katrina (QKatr-01), Misaorcco (QMisa-01), las cuales registraron más del 90 % de aniones como sulfuros y más del 60 % de cationes entre aluminio y calcio, por tanto, se clasificaron como facies sulfatadas aluminicas cálcicas (SO₄-Al>Ca). Respecto a sus concentraciones varían entre 2 a 4 meq/L en la temporada de avenida y entre 2 a 10 meq/L en la temporada de estiaje, sin embargo, se registró un único punto (QApac-01A) con concentración de 50 meq/L en la temporada de estiaje (Anexo A).

El segundo tipo de agua corresponde a los puntos de muestreo ubicadas en las quebradas Corire (QCori-01) y Misaorcco (FMisa-01 y QMisa-01), registraron más del 80 % de aniones como sulfatos y bicarbonatos y más del 70 % de cationes como calcio y magnesio, por tanto, se clasificaron como facies sulfatadas bicarbonatadas cálcicas magnésicas (SO₄>HCO₃-Ca>Mg), con concentraciones que varían entre 1 y 4 meq/L.

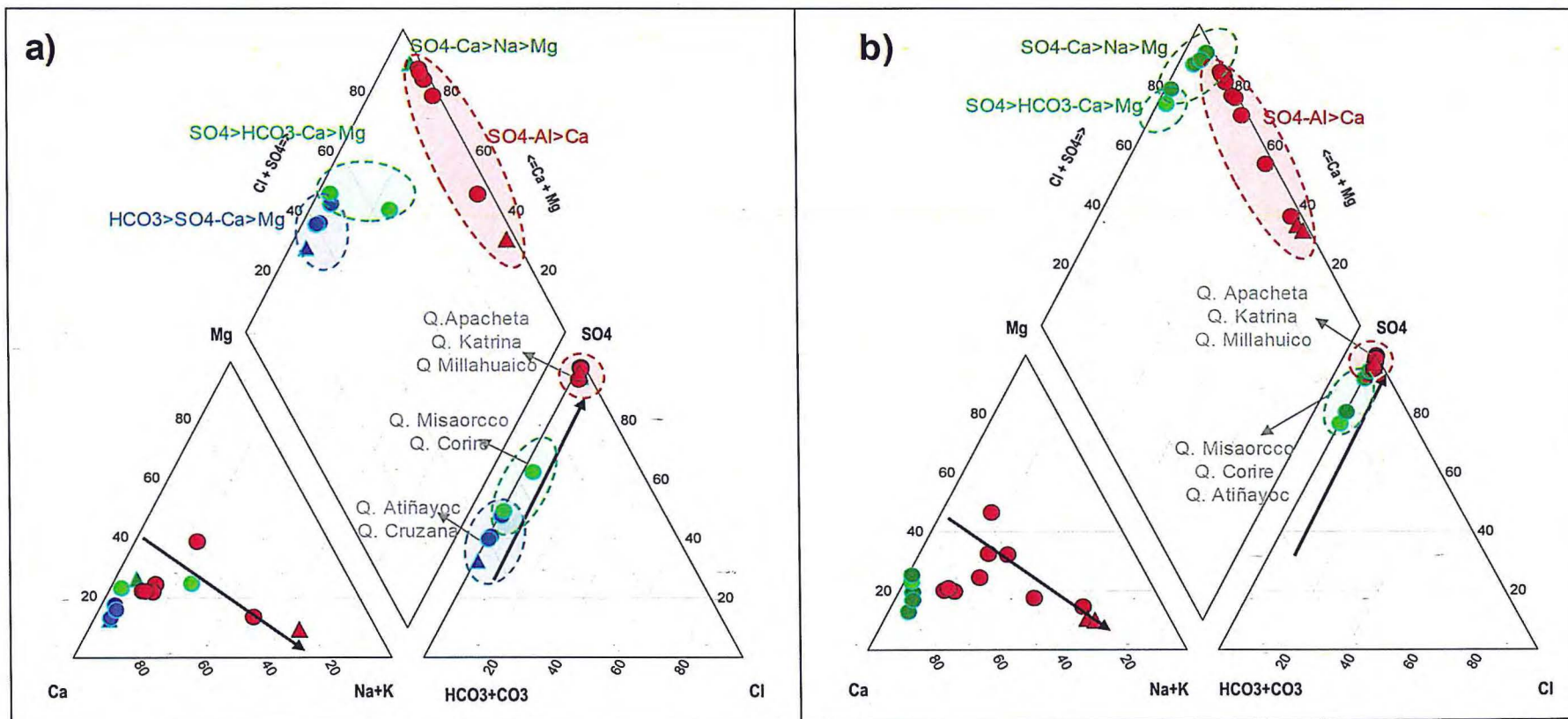
Las quebradas Atiñayoc (QAtiñ-01 y QAtiñ-02) y Cruzana (Qcruz-01), registraron entre 80 y 60 % de aniones como bicarbonatos y sulfatos (predominando los bicarbonatos) y más del 70% de cationes como calcio y magnesio, por lo que se clasificaron como facies bicarbonatadas sulfatadas cálcicas magnésicas ((HCO₃>SO₄ -Ca>Mg) en la temporada de avenida.



Vertical handwritten text and signature on the left side of the page, including the name 'D. P. R.' and a signature at the bottom.



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



Zona Atiñayoc		
Tipo de agua	Manantial	Quebrada
HCO3>SO4-Ca>Mg	▲	●
SO4>HCO3-Ca>Mg	▲	●
SO4-Ca>Na>Mg	▲	

Zona Corire		
Tipo de agua	Manantial	Quebrada
SO4>HCO3-Ca>Mg		●
SO4-Ca>Na>Mg	▲	●
SO4-Al>Ca	▲	●

Figura 7-85. Distribución en el diagrama de Piper de las concentraciones de iones en los puntos de muestreo de agua de la microcuenca Itapallone (sector Corire): a) temporada de avenida y b) temporada de estiaje



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



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

b.2 Diagrama de Ficklin

Zona Atiñayoc

De acuerdo al diagrama de Ficklin (Figura 7-86) la mayoría de puntos de muestreo ubicados en las quebradas Atiñayoc (QAtiñ-01 y QAtiñ-02), Corire (Qcori-01) y Misaorcco (Qmisa-01) correspondieron a aguas con pH casi neutro y baja concentración de metales en ambas temporadas, sin embargo, en la temporada de estiaje los puntos ubicados en las quebradas Cruzana (Qcruz-01) y Atiñayoc (Qatiñ-01) registraron valores de pH ligeramente ácidos con bajas concentraciones de metales.

Zona Corire

En la Figura 7-86 se observa 2 grupos de tendencias similares para ambas temporadas, la primera corresponde a los puntos de muestreo ubicados en la quebrada Millahuaico que registraron valores de pH ácidos con bajas concentraciones de metales y el segundo grupo corresponde a los puntos de muestreo ubicados en las quebradas Apacheta, Katrina y Corire, registró valores de pH ácidos con alta concentración de metales.



Handwritten signature and vertical text: L, P, L, I, g, h, 9, D, B, A, R, SUPA

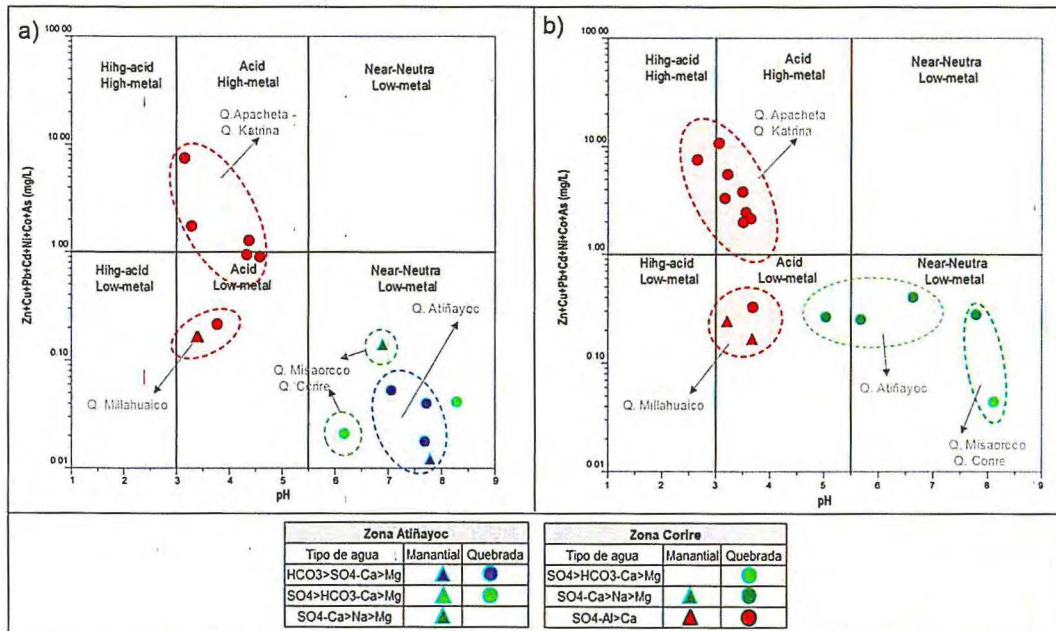


Figura 7-86. Clasificación hidroquímica según el diagrama de Ficklin en la microcuenca Itapallone (sector Corire): a) temporada de avenida y b) temporada de estiaje



7.2.1.3 Microcuenca Chaclaya

a. Parámetros de campo

Potencial de hidrogeno (pH)

En la temporada de avenida los valores de pH en las aguas de los manantiales Jatunpuquio (FJatu-01, FJatu-02 y FJatu-03); Japu (FJapu-01) y LLaullacaso (FLlah-01), presentaron una tendencia neutra (entre 6,91 y 7,42 unidades de pH). Las quebradas Pacolle (QPaco-01) y Llaullacaso (QLlau-01) registraron una tendencia neutra (entre 7,46 y 8,16 unidades de pH), sin embargo, la quebrada Chaclaya registró un pH ligeramente alcalino (QChac-01: 8,67 unidades de pH).

En la temporada de estiaje los valores de pH en las aguas de los manantiales Jatunpuquio (FJatu-01, FJatu-02 y FJatu-03) y LLaullacaso (FLlah-01) registraron tendencias neutras (entre 7,45 y 7,65 unidades de pH) similares al de la temporada de avenida, a diferencia del manantial Japu (FJapu-01: 6,04 unidades de pH) que registró valores ácidos. Las quebradas Chaclaya y Llaullacaso presentaron una tendencia neutra (entre 7,57 y 8,50).

Temperatura

En la temporada de avenida los manantiales registraron temperaturas que varían entre 11,0 °C y 13,4 °C; y las quebradas entre 2,7 °C y 14,7 °C (Anexo B).

En la temporada de estiaje los manantiales registraron temperaturas que varían entre 2,8 °C y 6,0 °C; y las quebradas entre 2,4 °C y 13,6 °C (Anexo B).

Conductividad Eléctrica (CE)

La Figura 7-87, ilustra los valores de CE para la temporada de avenida y estiaje en la zona Chaclaya.

En la temporada de avenida los manantiales Japu (FJapu-01) y LLaullacaso (FLlah-01) registraron valores de CE entre 35,5 μ S/cm y 137,4 μ S/cm; los manantiales Jatunpuquio (FJatu-01, FJatu-02 y FJatu-03) registraron valores de CE entre 256,0 μ S/cm y 425,0 μ S/cm, similares tendencias presentan las quebradas Llaullacaso (QLlau-01) que registró valores de CE de 69,3 μ S/cm, mientras que en las quebradas Pacolle (QPaco-01) y Chaclaya (QChac-01) registraron valores de CE de 320,0 μ S/cm.

En la temporada de estiaje los manantiales Japu (Fjapu-01) y Llaullacaso (Fllah-01) registraron valores de CE entre 49,9 μ S/cm y 200,6 μ S/cm y los manantiales de Jatunpuquio 1, 2 y 3 (FJatu-01, FJatu-02 y FJatu-03) varían entre 256,0 μ S/cm y 429,0 μ S/cm, similares a la temporada de avenida. Los puntos evaluados en las quebradas Llaullacaso (QLlau-01) y Chaclaya (Qchac-01) varían entre 101,5 μ S/cm y 389,0 μ S/cm de CE.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including 'DMPA' at the bottom.



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

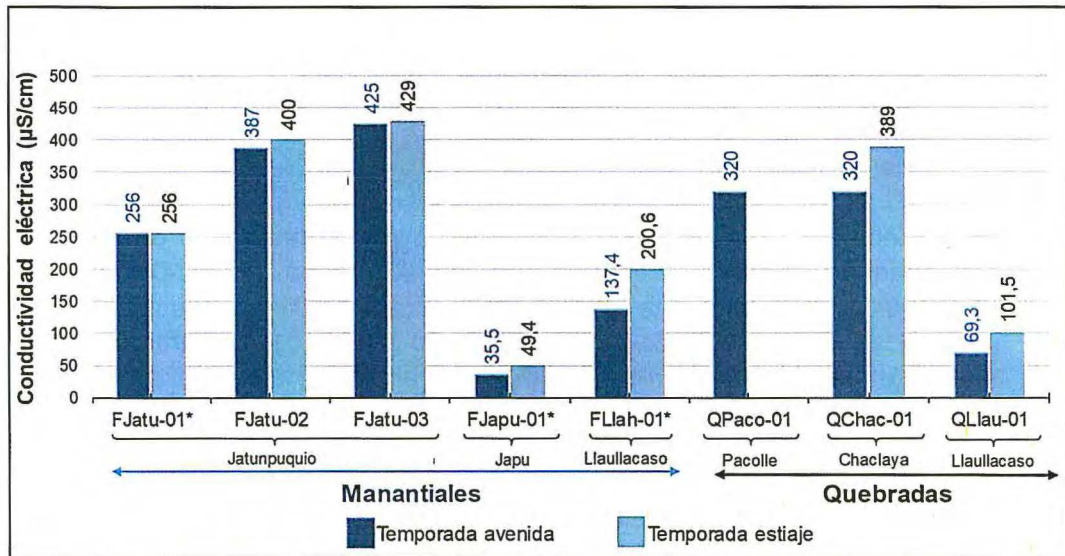


Figura 7-87. Conductividad eléctrica en los cuerpos de agua de la microcuenca Chaclaya, en la temporada de avenida y estiaje

b. Facies hidroquímicos:

En la caracterización iónica de la microcuenca Chaclaya, los puntos de agua se agruparon en 2 tipos o dominios químicos predominantes para la temporada de avenida y estiaje respectivamente (Figura 7-88 y Anexo A).

b.1 Diagramas de Piper y Stiff

En la Figura 7-88, los manantiales Jatunpuquio (FJatu-01, FJatu-02 y FJatu-03); y las quebrada Pacolle (QPaco-01), Chaclaya (QChac-01) y Llaullacaso (QLlah-01) en ambas temporadas, registraron más del 80 % del anión bicarbonato y más del 40 % del anión sulfato, además entre 60 % y 80% de los cationes calcio y magnesio, por lo cual se clasificó como facies bicarbonatada cálcica magnésica (HCO₃-Ca>Mg) y bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica (HCO₃>SO₄-Ca>Mg). Sin embargo, la quebrada Llaullacaso (QLlah-01) en la temporada de estiaje presentó facies sulfatada bicarbonatada cálcica magnésica (SO₄>HCO₃-Ca>Mg) con concentraciones que variaron entre 1meq/L y 4 meq/L.



Vertical handwritten signature and notes in blue ink, including an upward-pointing arrow and several illegible characters.



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

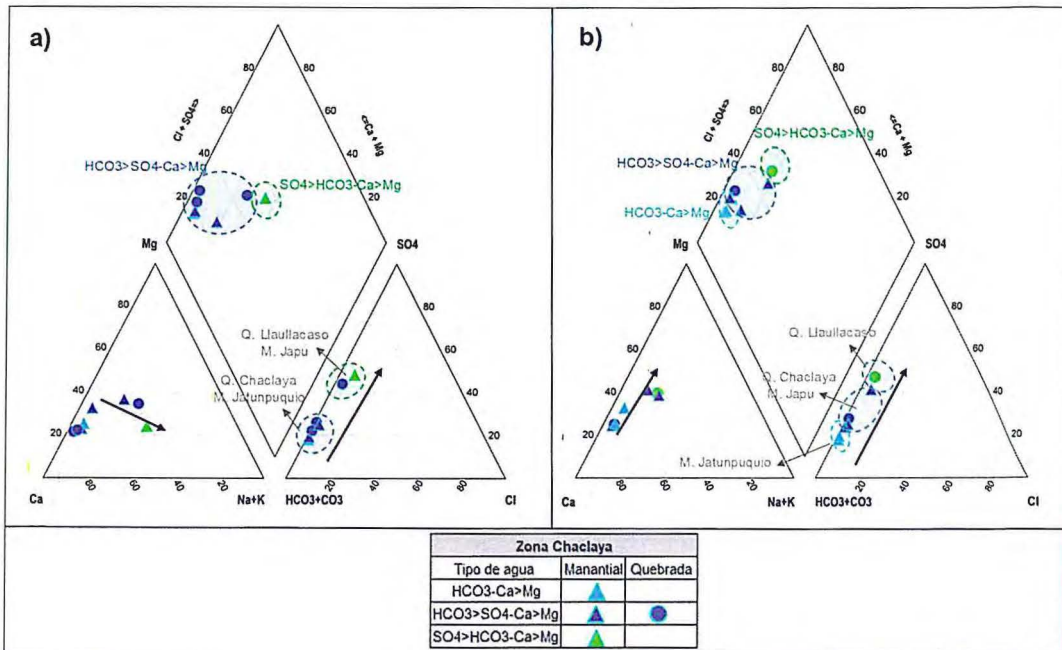


Figura 7-88. Distribución en el diagrama de Piper de las concentraciones de iones en los puntos de muestreo de agua de la microcuenca Chaclaya: a) temporada de avenida y b) temporada de estiaje

b.2 Diagrama de Ficklin

De acuerdo con el diagrama de Ficklin (Figura 7-81), los puntos de muestreo en manantiales Jatunpuquio (FJatu-01, FJatu-02 y FJatu-03), Japu (FJapu-01), y Llaullacaso (FLlah-01) y las quebradas Pacolle (QPaco-01), Chaclaya (QChac-01) y Llaullacaso (QLlah-01) registraron valores de pH con tendencia neutra con baja concentración de metales en ambas temporadas.

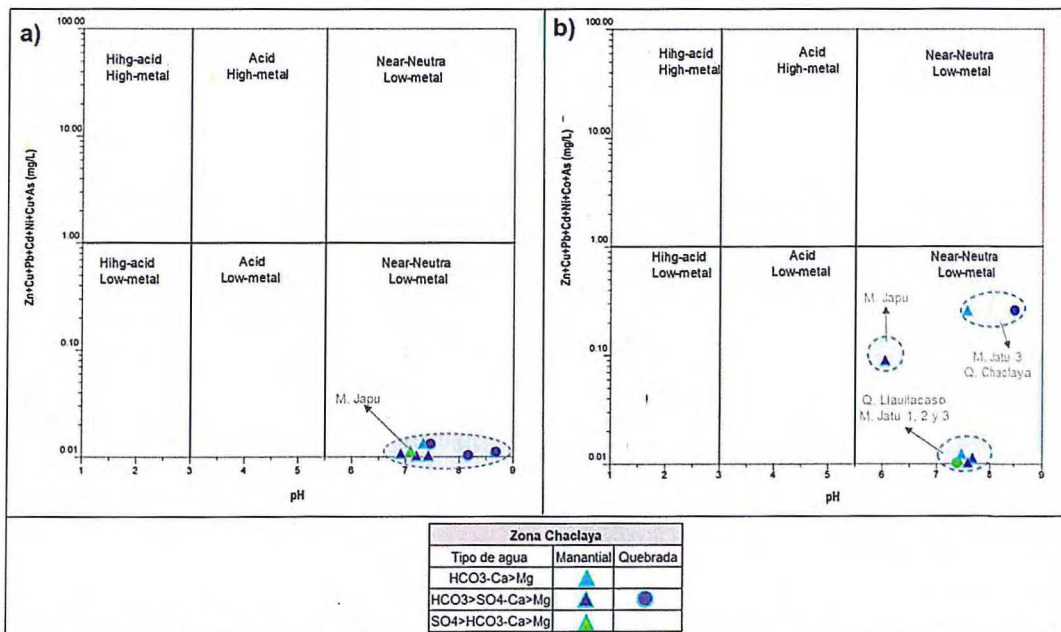


Figura 7-89. Clasificación hidroquímica según el diagrama de Ficklin en la microcuenca Chaclaya: a) temporada de avenida y b) temporada de estiaje



Vertical handwritten text and signatures on the left margin, including 'D. P.' and 'D. R.'.



7.2.1.4 Microcuenca Oyo Oyo

a. Parámetros de campo

Potencial de hidrogeno (pH)

En la temporada de avenida, los valores de pH evaluados en las aguas de los manantiales Churupata 1 y 2 (FChur-01 y FChur-02) presentaron una tendencia neutra (entre 6,94 y 7,24 unidades), mientras que el manantial Saya (FSaya-01) registró un valor de pH ligeramente ácido (pH=5,55 unidades). Las quebradas Oyo Oyo (QOyoo-01) y Chalsani (QChal-01) presentaron una tendencia neutra (entre 7,29 y 8,06 unidades).

En la temporada de estiaje, los valores de pH de los manantiales Churupata 1 y 2 (FChur-01 y FChur-02) registraron tendencias neutras (entre 7,33 y 7,48) similares a los datos de pH registrados en la temporada de avenida. En el manantial Japu (FJapu-01) no fue posible registrar el valor de pH debido a la ausencia de flujo. Las quebradas Oyo Oyo (QOyoo-01) y Chalsani (QChal-01) registraron una tendencia neutra de pH (entre 6,85 y 8,42 unidades).

Temperatura

En la temporada de avenida, las aguas de los manantiales registraron temperaturas que variaron entre 11,1 °C y 14,9 °C; y las quebradas entre 9,8 °C y 13,0 °C (Anexo B).

En la temporada de estiaje, las aguas los manantiales registraron temperaturas que varían entre 11,3 °C y 13,9 °C; y las quebradas entre 8,3 °C y 11,5 °C (Anexo B).

Conductividad Eléctrica (CE)

La Figura 7-90, ilustra los valores de CE para la temporada de avenida y estiaje de la zona Oyo Oyo.

En la temporada de avenida las aguas de los manantiales Saya (FSaya-01) y Churupata 1 y 2 (FChur-01 y FChur-02) registraron valores de CE entre 87,8 µS/cm y 284,0 µS/cm; similares características presentaron las aguas de las quebradas Oyo Oyo (QOyoo-01) y Chalsani (QChal-01) registrando valores de CE que varían entre 115,8 µS/cm y 281,0 µS/cm.

Para la temporada de estiaje las aguas de los manantiales Churupata 1 y 2 (FChur-01 y FChur-02) registraron valores de CE entre 158,6 µS/cm y 322,0 µS/cm; similares características presentaron las aguas de las quebradas Oyo Oyo (QOyoo-01) y Chalsani (QChal-01) registrando valores de CE que varían entre 165,3 µS/cm y 274,0 µS/cm.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including a large arrow pointing up and several illegible signatures.



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

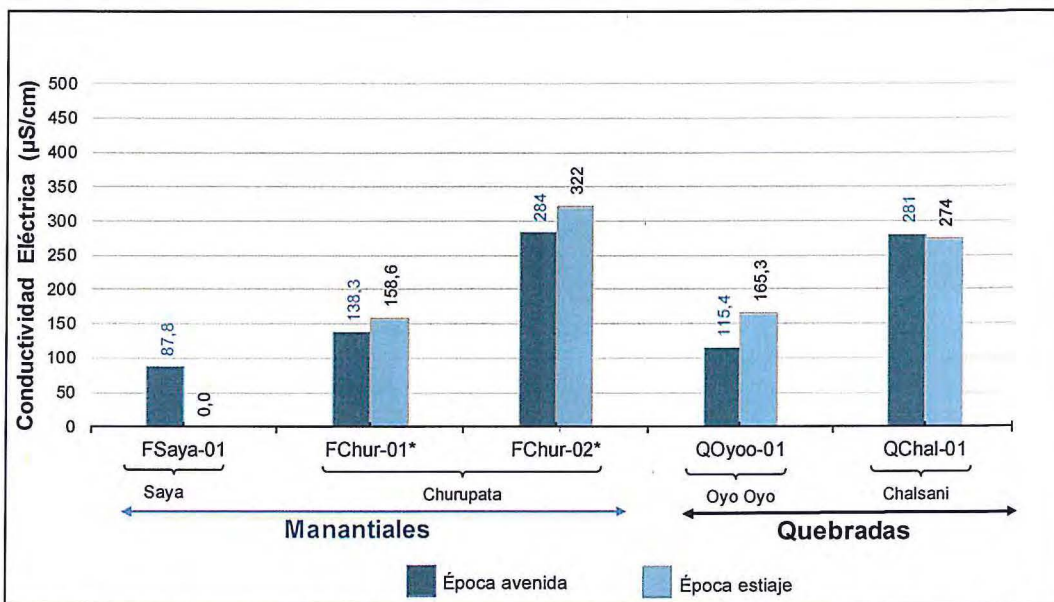


Figura 7-90. Conductividad eléctrica en los cuerpos de agua de la microcuenca Oyo Oyo, en la temporada de avenida y estiaje

b. Facies hidroquímicos:

En la caracterización iónica de la microcuenca Oyo Oyo, que comprende 2 quebradas Oyo Oyo y Chalsani, los puntos de agua se agruparon en 2 tipos o dominios químicos predominantes para la temporada de avenida y estiaje respectivamente (Figura 7-91 y Anexo A).

b.1 Diagramas de Piper y Stiff

En la Figura 7-91 los puntos de muestreo de los manantiales Churupata 1 y 2 (FChur-01 y Fchur-02); y las quebradas Oyo Oyo (QOyoo-01) y Chalsani (QChal-01), en ambas temporadas de avenida y estiaje registraron más del 60 % y 40 % de aniones como bicarbonato y sulfato; y más del 50 % de cationes como calcio y magnesio, clasificando como aguas del tipo bicarbonatado sulfatadas cálcico magnésicas (HCO₃>SO₄-Ca>Mg). Respecto al manantial Saya en la temporada de avenida, registró más del 70 % de aniones como sulfatos y bicarbonatos; y más de 40 % de cationes como calcio y magnesio, presentando un tipo de agua sulfatada bicarbonatada cálcica magnésica (SO₄>HCO₃-Ca>Mg), mientras que en la temporada de estiaje este punto no presentó flujo de agua. Las concentraciones de todos los puntos evaluados varían entre 1 meq/L y 4 meq/L (Anexo B).



Handwritten vertical notes and signatures in blue ink, including an upward-pointing arrow and various initials.



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

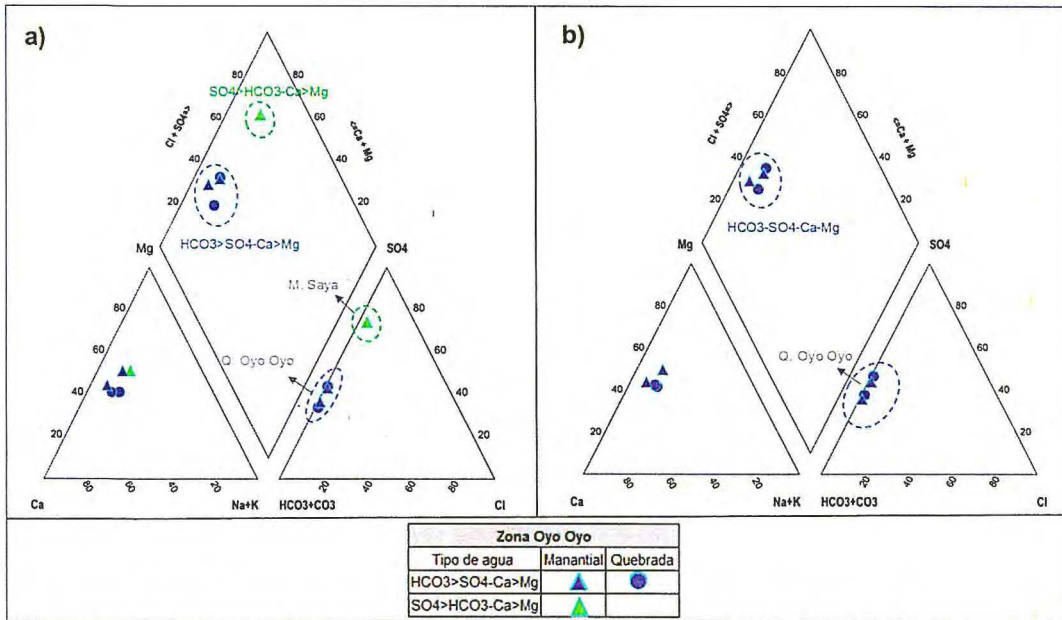


Figura 7-91. Distribución en el diagrama de Piper de las concentraciones de iones en los puntos de muestreo de agua de la microcuenca Oyo Oyo: a) temporada de avenida y b) temporada de estiaje

b.2 Diagrama de Ficklin

De acuerdo con el diagrama de Ficklin (Figura 7-92), las aguas de los de puntos de muestreo en manantiales y quebradas, ubicados en la zona de Oyo Oyo registraron un pH casi neutro con baja concentración de metales.

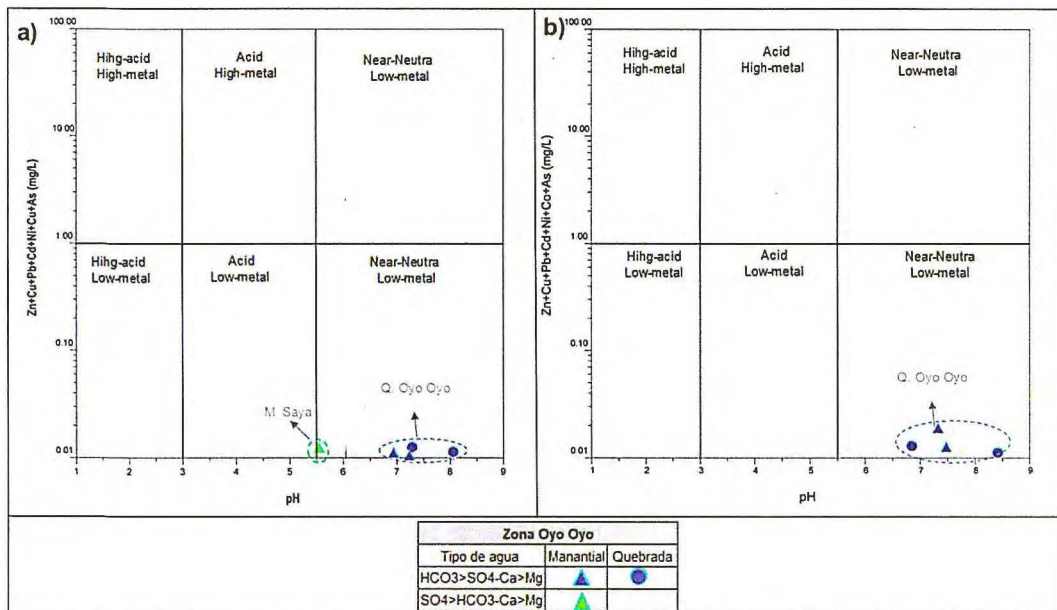


Figura 7-92. Clasificación hidroquímica según el diagrama de Ficklin en la microcuenca Oyo Oyo: a) temporada de avenida y b) temporada de estiaje



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



7.2.2 Nivel de fondo y referencia de suelos

Los resultados del cálculo de nivel de fondo y nivel de referencia de metales y metaloides del suelo se presentan de la siguiente forma: i) resultados en zonas adyacentes a los futuros componentes mineros y ii) zonas de cultivo; Adicionalmente, dentro de este ítem se presentan los resultados de materia orgánica y potencial de hidrógeno (no se consideró pH en las zonas de cultivo). Los mapas de distribución de las concentraciones de metales son presentados en la parte de discusiones.

Para realizar el cálculo del nivel de fondo y referencia se hizo un análisis clúster representado por un dendrograma (Anexo D), en la que indicó que las concentraciones de las muestras no tienen una agrupación por zonas, sino, están entremezcladas, requiriendo para ello un solo cálculo de nivel de fondo; sin embargo, para efectos de diferenciar suelos de zonas adyacentes a los futuros componentes mineros y zonas de cultivo se realizaron dos cálculos de acuerdo al objetivo planteado.

7.2.2.1 Nivel de fondo y de referencia en zonas adyacentes a los futuros componentes mineros

Los resultados de las concentraciones de metales totales, cromo hexavalente y cianuro libre de todos los puntos a partir de los cuales se calcularon los valores de nivel de fondo y de referencia se detallan en el Anexo B: reporte de resultados de laboratorio.

a. Nivel de fondo y referencia de metales y metaloides

En la Tabla 7-29 se presenta los estadísticos generales y valores de nivel de fondo y de referencia de 21 metales (104 muestras) calculados para las zonas adyacentes a los futuros componentes mineros; no se calculó el resto de los metales (incluidos los iones cromo hexavalente y cianuro libre) por tener datos menores al límite de detección en más del 50 % de las observaciones, tal como se detalla en el Anexo D.

Tabla 7-29. Estadísticos generales y valores de nivel de fondo y de referencia determinados para las zonas adyacentes a los futuros componentes mineros

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Tipo de distribución	Nivel de fondo	Nivel de referencia
Aluminio	2903	24365	13030	3741	0,286	Normal	13639	20204
Arsénico	1,2049	169,9	22,02	28,37	1,288	No paramétrica	34,15	102,7
Bario	66,9	1311	225,9	182,3	0,807	Lognormal	244,5	561,8
Boro	0,00203	25,8	7,037	6,384	0,907	No paramétrico	9,766	18,39
Calcio	22,8	12509	1730	1690	0,977	Lognormal	2076	5990
Cobalto	0,0258	12,9	4,432	4,187	0,945	No paramétrica	6,222	11,77
Cobre	9,3	82,1	25,58	12,38	0,484	No paramétrico	27,64	68,3
Cromo	3,9	24,5	11,19	3,08	0,275	Normal	11,69	17,10
Estroncio	4,3	106,7	27,47	13,75	0,501	Lognormal	29,71	58,12
Hierro	8190	66575	23160	9014	0,389	No paramétrica	24542	42383
Magnesio	160	5687	1992	1004	0,504	No paramétrico	2421	4739
Manganeso	152	6425	766,7	866,7	1,13	No paramétrica	1137	3425
Mercurio	0,01	0,49	0,067	0,0739	1,103	No paramétrico	0,0986	0,27
Fósforo	269,2	1476	632,7	198,5	0,314	Normal	665	1013
Silicio	417,4	1755	703,7	232,7	0,331	No paramétrico	742,5	1475
Sodio	65	355	181,1	58,09	0,321	Normal	190,6	292,6
Plomo	1,793	230	30,73	44,21	1,503	No paramétrico	48,3	224
Potasio	868	5523	2114	937,8	0,429	Gamma	2338	4209
Titanio	103,3	1096	435,2	234,2	0,538	Gamma	476,7	992
Vanadio	13,2	87,2	41,74	11,76	0,282	Normal	43,65	64,28
Zinc	29	456,6	79,22	82,33	1,039	No paramétrico	114,4	408,8



Handwritten signatures and initials on the left margin, including an arrow pointing upwards and various initials like 'P.P.', 'J.', 'D.', 'R.', and 'S.M.P.'.



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

b. Materia orgánica

Los resultados de materia orgánica evaluados en muestras compuestas se presentan en la Tabla 7-30. En la Figura 7-93 se detalla las diferencias porcentuales entre los puntos de los suelos evaluados. Los suelos con alto contenido de materia orgánica se encuentran en los suelos hidromórficos o hísticos (bofedales). El resto de los puntos, que corresponden a la gran mayoría de suelos (suelos minerales), los cuales representan mas del 98 % de suelos, tienen contenidos de materia orgánica que están dentro de la clasificación «media» para la zona.

Tabla 7-30. Resultados y clasificación edáfica del contenido de materia orgánica en zonas adyacentes a los futuros componenete mineros

Muestra	Zona evaluada	Ubicación	Contenido de materia orgánica (%)	Clasificación edáfica
Área de influencia del proyecto minero San Gabriel				
zona adyacente a los futuros componenete mineros	CSUE-1	Huayccapata	5,6	Alta
	CSUE-2	Patasura-Japucucho	4,1	Alta
	CSUE-3	Japucucho	7,6	Alta
	CSUE-4	Bofedal Japucucho	25,6	Alta
	CSUE-5	Japucucho	4,1	Alta
	CSUE-6	Cutipata-Ccochayoc	4,2	Alta
	CSUE-7	Jamochini-Añatuya	3,0	Media
	CSUE-8	Bofedal Agani	33,7	Alta
	CSUE-9	Bofedal Ceniguillayoc, Quilcata y Ansamani	17,2	Alta
	CSUE-10	Pachacútec	4,1	Alta
	CSUE-11	Putusi	3,5	Media
	CSUE-12	Pachacútec	3,1	Media
CSUE-15	Bofedal Jamochini	17,6	Alta	
Fuera del área de influencia del proyecto minero San Gabriel				
zona adyacente a los futuros componenete mineros	CSUE-13	Pampa Chucapaca	2,5	Media
	CSUE-14	Quebrada Corire	5,1	Alta
	CSUE-16	Chaclaya	2,6	Media
	CSUE-17	Llapapampa	2,2	Media
	SUEB-10	Bofedal Corire	18,3	Alta



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including an arrow pointing up and the name 'DUPAZ' at the bottom.



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

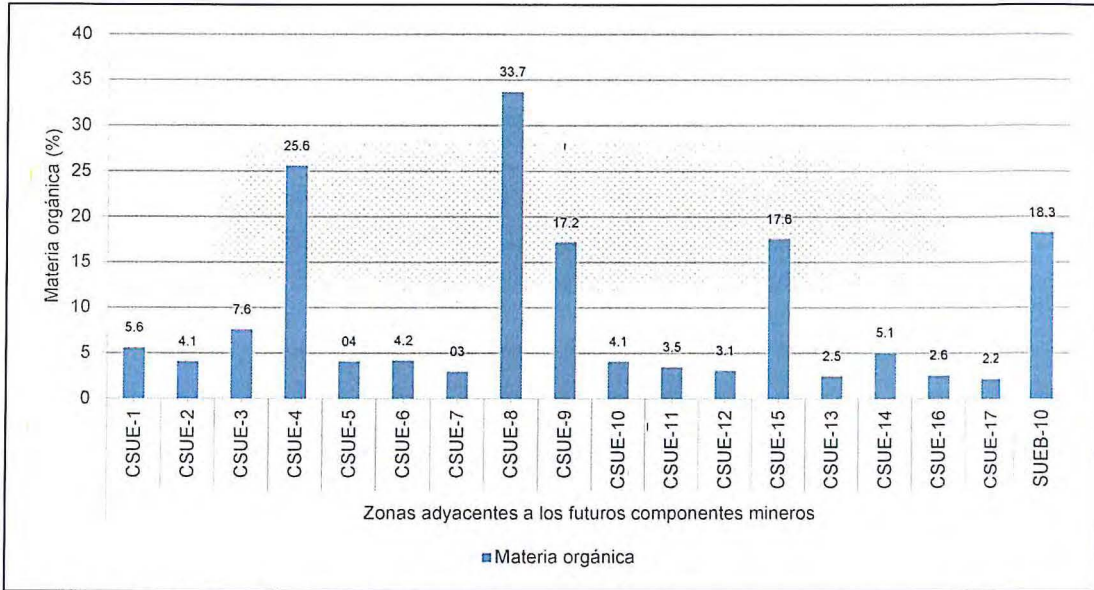


Figura 7-93. Contenido de materia orgánica en suelos en zonas adyacentes a los futuros componente mineros

c. Potencial de hidrógeno (pH)

Los resultados de pH evaluados en muestras compuestas de suelos, 19 en zona adyacente a los futuros componente mineros, tanto en el área de influencia del PM San Gabriel como fuera de ella se presentan en la Tabla 7-31, y en la Figura 7-94 se detalla las diferencias de pH entre los puntos de los suelos evaluados.

Tabla 7-31. Resultados y clasificación edáfica del potencial de hidrógeno en zonas adyacentes a los futuros componente mineros

Muestra	Zona evaluada	Ubicación	pH (unidades de pH)	Clasificación edáfica
Área de influencia del proyecto minero San Gabriel				
zona adyacente a los futuros componente mineros	CSUE-1	Huayccapata	5,42	Fuertemente ácido
	CSUE-2	Patasura-Japucucho	4,98	Muy fuertemente ácido
	CSUE-3	Japucucho	4,76	Muy fuertemente ácido
	CSUE-4	Bofedal Japucucho	5,3	Fuertemente ácido
	CSUE-5	Japucucho	4,6	Muy fuertemente ácido
	CSUE-6	Cutipata-Ccochayoc	4,9	Muy fuertemente ácido
	CSUE-7	Jamochini-Añatuya	4,6	Muy fuertemente ácido
	CSUE-8	Bofedal Agani	5,3	Fuertemente ácido
	CSUE-9	Bofedal Ceniguillayoc, Quilcata y Ansamani	5,91	Fuertemente ácido
	CSUE-10	Pachacútec	4,95	Muy fuertemente ácido
	CSUE-11	Putusi	5,75	Fuertemente ácido
	CSUE-12	Pachacútec	5,09	Fuertemente ácido
	CSUE-15	Bofedal Jamochini	5,53	Fuertemente ácido
Fuera del área de influencia del proyecto minero San Gabriel				
zona adyacente a los futuros componente mineros	CSUE-13	Pampa Chucapaca	4,92	Muy fuertemente ácido
	CSUE-14	Quebrada Corire	5,49	Fuertemente ácido



Vertical handwritten signature and date: 2014

Handwritten initials: J.M.P.A.



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

Muestra	Zona evaluada	Ubicación	pH (unidades de pH)	Clasificación edáfica
	CSUE-16	Chaclaya	5,68	Fuertemente ácido
	CSUE-17	Llapapampa	4,95	Muy fuertemente ácido
	SUEB-10	Bofedal Corire	4,63	Muy fuertemente ácido
	MRes-1	Qda. Corire	4,39	Muy fuertemente ácido

De acuerdo con lo observado en la Tabla 7-30 y Figura 7-94, los pH de los suelos del área de estudio presentaron poca variabilidad (Tabla 7-31), los cuales tienen un rango de muy fuertemente ácido (>4 – 5 unidades de pH) a fuertemente ácido (>5 – 6 unidades de pH); la mayor acidez corresponde a la muestra MRes-1.

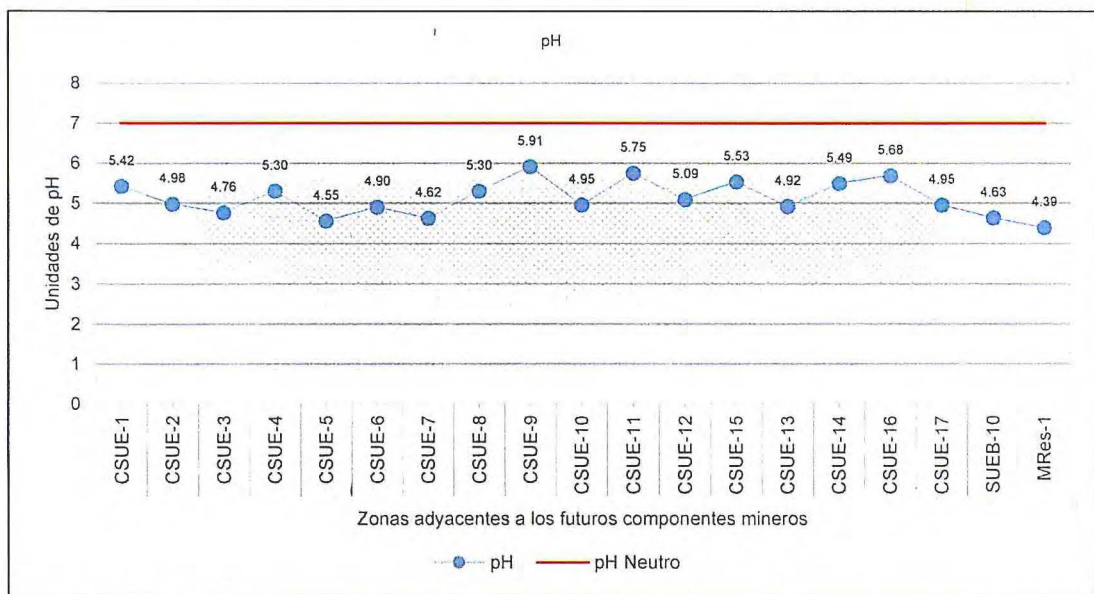


Figura 7-94. pH en en zonas adyacentes a los futuros componentes mineros

Tabla 7-32. Estadísticas generales del parámetro de pH

N° de muestras	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variabilidad
19	4,39	5,91	5,112	0,437	0,0855

7.2.2.2 Nivel de fondo y referencia en zonas de cultivo

Los resultados de las concentraciones de metales totales, cromo hexavalente y cianuro libre de todos los puntos a partir de los cuales se calcularon los valores de nivel de fondo y de referencia para las zonas de cultivo se detallan en el Anexo C: reporte de resultados de laboratorio.

a. Nivel de fondo y referencia de metales y metaloides

En la Tabla 7-33 se presenta los estadísticos generales y valores de nivel de fondo y de referencia de 21 metales (20 muestras) calculados para las zonas de cultivo; no se calculó el resto de los metales (incluidos los iones cromo hexavalente y cianuro libre) por tener datos menores al límite de detección en más del 50 % de las observaciones, tal como se detalla en el Anexo D.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

Tabla 7-33. Estadísticos generales y valores de nivel de fondo y referencia en suelos de zonas de cultivo de las comunidades de San Juan de Miraflores y Santa Cruz de Oyo Oyo

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Tipo de distribución	Nivel de fondo	Nivel de referencia
Aluminio	8873	16544	11453	1889	0,165	Normal	12183	15979
Arsénico	2,773	33,3	10,03	7,02	0,7	Gamma	13,03	29,29
Bario	166,3	443,1	287,7	80,74	0,281	Normal	318,9	481,1
Boro	0,849	19,1	8,419	7,244	0,86	No paramétrico	15,48	19,1
Calcio	1853	5650	3106	1063	0,342	Normal	3517	5654
Cobalto	6,1	10,7	9,056	1,116	0,123	Normal	9,513	11,79
Cobre	21,2	36,8	27,49	4,468	0,163	Normal	29,22	38,2
Cromo	8,5	15,8	11,88	1,797	0,151	Normal	12,57	16,18
Estroncio	23,3	41,1	32,74	6,426	0,196	Normal	35,22	48,13
Hierro	17011	28636	23167	3000	0,129	Normal	24327	30355
Magnesio	1208	3522	2229	572	0,257	Normal	2450	3600
Manganeso	301	627	514,1	86,74	0,169	Normal	547,6	721,9
Mercurio	0,03	0,22	0,0905	0,0607	0,671	Gamma	0,12	0,279
Fósforo	374,5	1058	634,4	193	0,304	Normal	709	1097
Silicio	598,2	2473	925,5	432,9	0,468	Lognormal	1071	2013
Sodio	105	237	167,5	39,84	0,238	Normal	182,9	263
Plomo	10	42	24,2	9,249	0,382	Normal	27,78	46,36
Potasio	1840	3537	2771	510	0,184	Normal	2968	3993
Titanio	128,7	566,9	333,6	141,5	0,424	Normal	388,3	672,6
Vanadio	26,9	60,8	41,28	8,354	0,202	Normal	44,51	61,3
Zinc	39,5	83,8	60,52	11,23	0,186	Normal	64,86	87,42

b. Materia orgánica

Los resultados de materia orgánica evaluados en dos muestras compuestas en las zonas de cultivo corresponden a porcentajes de 2,4 % y 2,8 %, los cuales están clasificados como de contenido «medio» para la zona evaluada.



2.2.3 Valores de nivel de fondo y valores de los ECA suelo agrícola e industrial-extractivo

Como se observa en la Tabla 7-34, los valores calculados de nivel de fondo para las zonas adyacentes a los futuros componentes mineros y zonas de cultivo están por debajo de los valores de los ECA para suelo industrial/extractivo y agrícola respectivamente (comparados referencialmente).

Tabla 7-34. Valores de nivel de fondo y referencia y valores de los ECA suelo agrícola e industrial/extractivo

N.º	Variable	zona adyacente a los futuros componente mineros		Zonas de cultivo		ECA para suelo agrícola*	ECA para suelo industrial/extractivo*
		Nivel de fondo	Nivel de referencia	Nivel de fondo	Nivel de referencia		
1	Aluminio	13639	20204	12183	15979	-	-
2	Arsénico	34,15	102,7	13,03	29,29	50	140
3	Bario	244,5	561,8	318,9	481,1	750	2000
4	Boro	9,766	18,39	15,48	19,1	-	-
5	Calcio	2076	5990	3517	5654	-	-
6	Cobalto	6,222	11,77	9,513	11,79	-	-
7	Cobre	27,64	68,3	29,22	38,2	-	-
8	Cromo	11,69	17,10	12,57	16,18	-	1000
9	Estroncio	29,71	58,12	35,22	48,13	-	-
10	Hierro	24542	42383	24327	30355	-	-
11	Magnesio	2421	4739	2450	3600	-	-
12	Manganeso	1137	3425	547,6	721,9	-	-
13	Mercurio	0,0986	0,27	0,12	0,279	6,6	24
14	Fósforo	665	1013	709	1097	-	-
15	Silicio	742,5	1475	1071	2013	-	-



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

N.º	Variable	zona adyacente a los futuros componentes mineros		Zonas de cultivo		ECA para suelo agrícola*	ECA para suelo industrial/extractivo*
		Nivel de fondo	Nivel de referencia	Nivel de fondo	Nivel de referencia		
16	Sodio	190,6	292,6	182,9	263	-	-
17	Plomo	48,3	224	27,78	46,36	70	800
18	Potasio	2338	4209	2968	3993	-	-
19	Titanio	476,7	992	388,3	672,6	-	-
20	Vanadio	43,65	64,28	44,51	61,3	-	-
21	Zinc	114,4	408,8	64,86	87,42	-	-

(-) Parámetro no contemplado en el ECA para suelo

(*) Estándar de Calidad Ambiental para Suelo, aprobado con Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM

Como se observa en la Tabla 7-34, los valores calculados de nivel de fondo están por debajo de los valores de los ECA para suelo (2017) agrícola e industrial/extractivo; sin embargo, los valores de referencia superan el valor de los ECA para suelo agrícola en As y Pb.

Tabla 7-35. Valores de nivel de fondo y referencia y valores de los ECA suelo agrícola e industrial-extractivo

N.º	Variable	Zona adyacente a los futuros componentes mineros		Zonas de cultivo		ECA para suelo agrícola*	ECA para suelo industrial/extractivo*
		Nivel de fondo	Nivel de referencia	Nivel de fondo	Nivel de referencia		
1	Aluminio	13639	20204	12183	15979	-	-
2	Arsénico	34,15	102,7	13,03	29,29	50	140
3	Bario	244,5	561,8	318,9	481,1	750	2000
4	Boro	9,766	18,39	15,48	19,1	-	-
5	Calcio	2076	5990	3517	5654	-	-
6	Cobalto	6,222	11,77	9,513	11,79	-	-
7	Cobre	27,64	68,3	29,22	38,2	-	-
8	Cromo	11,69	17,10	12,57	16,18	-	1000
9	Estroncio	29,71	58,12	35,22	48,13	-	-
10	Hierro	24542	42383	24327	30355	-	-
11	Magnesio	2421	4739	2450	3600	-	-
12	Manganeso	1137	3425	547,6	721,9	-	-
13	Mercurio	0,0986	0,27	0,12	0,279	6,6	24
14	Fósforo	665	1013	709	1097	-	-
15	Silicio	742,5	1475	1071	2013	-	-
16	Sodio	190,6	292,6	182,9	263	-	-
17	Plomo	48,3	224	27,78	46,36	70	800
18	Potasio	2338	4209	2968	3993	-	-
19	Titanio	476,7	992	388,3	672,6	-	-
20	Vanadio	43,65	64,28	44,51	61,3	-	-
21	Zinc	114,4	408,8	64,86	87,42	-	-

(-) Parámetro no contemplado en los ECA para suelo

(*) Estándar de Calidad Ambiental para Suelo, aprobado con Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM.

7.2.3 Caracterización geológica

El contexto geológico en el área de estudio corresponde principalmente al afloramiento de rocas sedimentarias del Jurásico-Cretácico con intrusión de rocas ígneas del Mioceno el cual permitió formar el depósito Canahuire y otras zonas mineralizadas como Katrina. En zonas de baja pendiente los depósitos cuaternarios fluvio-glaciares y/o morrénicos cubren a los afloramientos rocosos, formando diferentes tipos de suelos.





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

7.2.3.1 Contexto metalogenético y mineralización

El proyecto minero San Gabriel administrado por la compañía de Minas Buenaventura S.A.A., corresponde a un yacimiento epitermal de intermedia sulfuración con contenido de oro, cobre y plata en sulfuros.

Según el mapa metalogenético del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), este proyecto se ubica dentro de la Franja XXI (A y B) que corresponde a yacimientos epitermales de Au-Ag del mioceno, hospedado en rocas sedimentarias y volcánicas, este último relacionado al Complejo volcánico de Chucapaca (Figura 7-95).

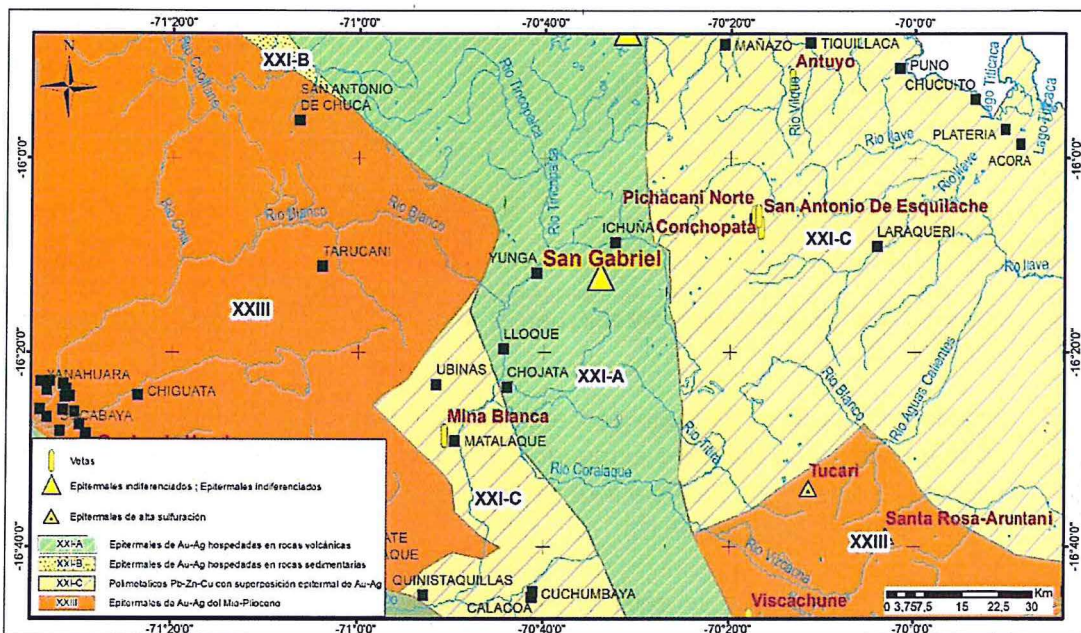


Figura 7-95. Mapa metalogenético con la ubicación del PM San Gabriel
Fuente: Mapa metalogenético del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

La zona de estudio consta de varias zonas de mineralización (Figura 7-96), el primero se refiere a brechas y mantos del Mioceno (13,5 Ma) hospedado en rocas sedimentarias del Grupo Yura y el segundo relacionado a epitermales del Mioceno (14,5 Ma) asociado al Complejo volcánico Chucapaca, y en menor proporción, se observó mantos de carbón ubicadas en la base de la Formación Hualhuani.



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



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

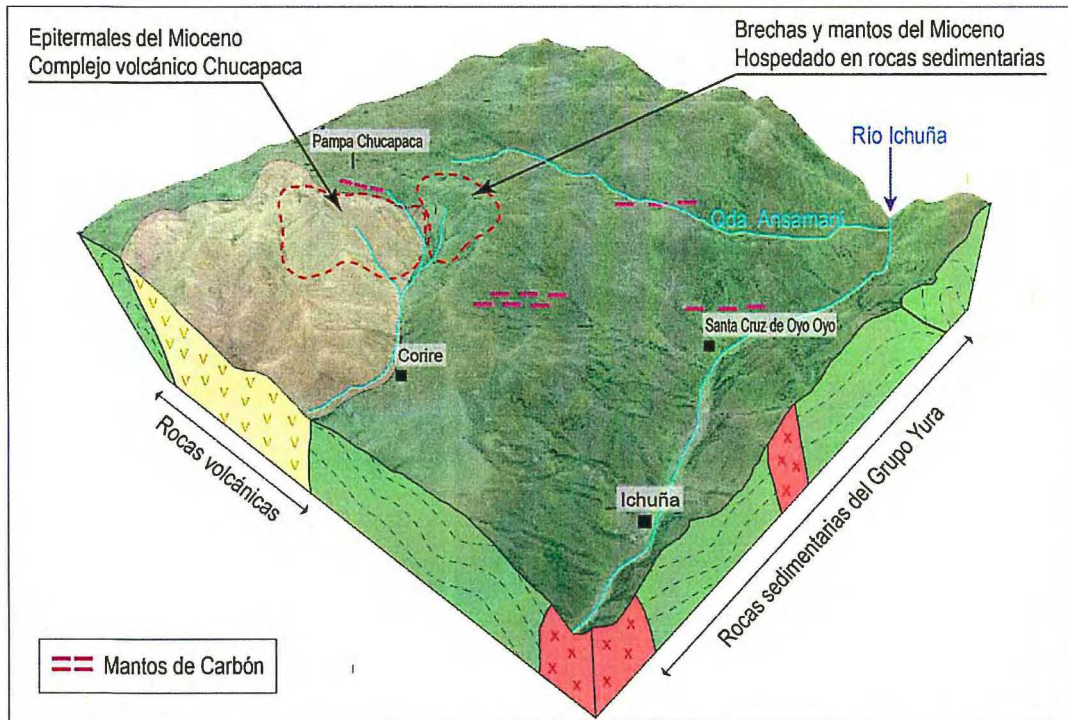


Figura 7-96. Tipos de mineralización en el área de influencia y zonas aledañas del PM San Gabriel

La mineralogía en el depósito de Canahuiri se presenta en la Tabla 7-35, este sector corresponde a una diatrema elongada de 300 m por 1200 m en dirección N 70°O, las brechas tienen origen múltiple incluyendo procesos freatomagmáticos, hidrotermales y tectónicos (Vidal *et al.*, 2010).

Tabla 7-36. Mineralogía del depósito Canahuire

Grupos de minerales	Minerales
Minerales de mena principal	Siderita (FeCO ₃), pirita (FeS ₂), oro nativo (Au), arsenopirita (FeAsS) y calcopirita (CuFeS ₂)
Minerales de mena subordinada	Magnetita (Fe ₂ +Fe ₃ +2O ₄), marcasita (FeS ₂), bismutinita (Bi ₂ S ₃), estibina (Sb ₂ S ₃), tetraedrita ([Cu,Fe] ₁₂ Sb ₄ S ₁₃), wolframita ([Fe,Mn,Mg]WO ₄), esfalerita (SZn), galena (PbS), cuarzo (SiO ₂) y adularia ([Si ₆ O ₁₈]Al ₂ Be ₃)
Minerales de alteración principal	Caolinita (Al ₂ Si ₂ O ₅ [OH] ₄), illita ([K,H ₃ O][Al, Mg, Fe] ₂ [Si, Al] ₄ O ₁₀) y esmectita (Al ₂ O ₃ · 2SiO ₂ · 2H ₂ O)

7.2.3.2 Geología local

Las unidades litoestratigráficas reconocidas en el área del PM San Gabriel y zonas aledañas corresponden a rocas sedimentarias del Grupo Yura, Formación Murco, Grupo Puno, Formación Pichu, Grupo Tacaza que han sido intruidas por *stocks* riolíticos dacíticos (Complejo Volcanico Chucapaca). El control estructural coincide con la dirección andina NO-SE y en menor proporción se presentan fallas de dirección NE-SO. (Figura 7-97).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including 'D.M.P.A.' at the bottom.

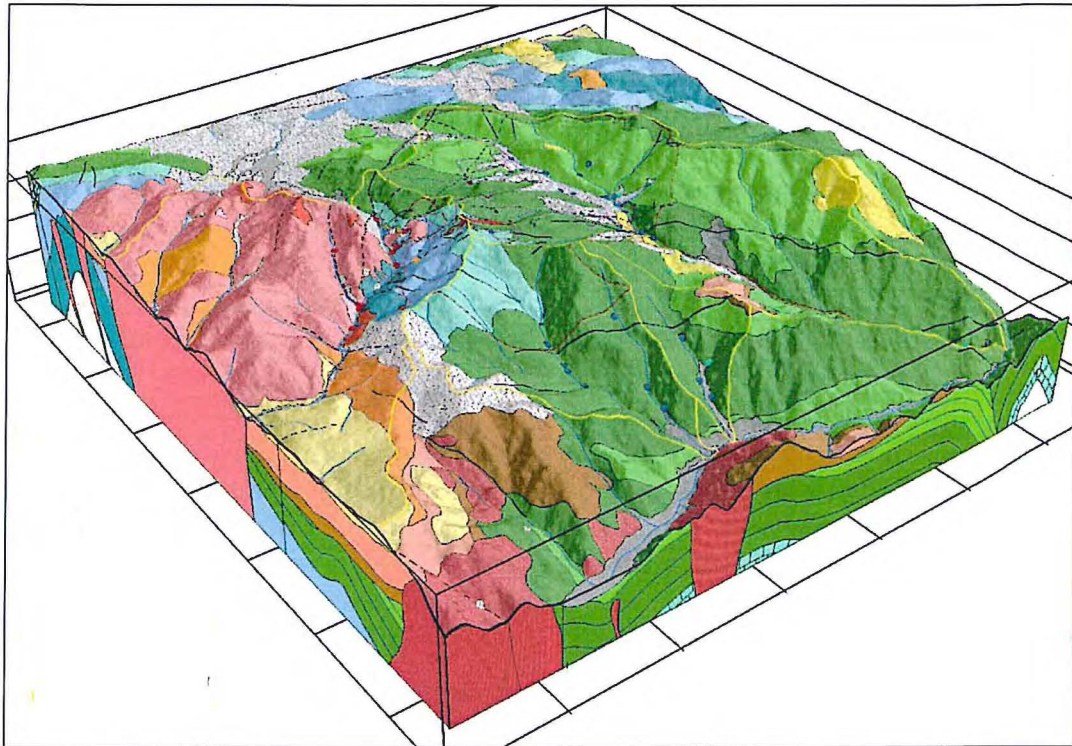


Figura 7-97. Unidades geológicas de las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (Sector Corire) Chaclaya y Oyo Oyo

a) Estratigrafía

Las unidades litoestratigráficas del área de influencia del proyecto minero San Gabriel, varían desde el Jurásico hasta depósitos recientes cuaternarios, en este contexto se emplazó el Complejo Volcánico Chucapaca (14,5 Ma) contemporáneo al vulcanismo del Grupo Maure, posteriormente, un millón de años después, se desarrolló la diatrema de Canahuiri, hospedado en rocas sedimentarias.

Las rocas más antiguas de este sector están representadas por el Grupo Yura y concordante a estas secuencias yace la Formación Murco. Posteriormente y en discordancia se depositaron las capas rojas del Grupo Puno y secuencias volcano-sedimentarias de la Formación Pichu, sobre estas se tiene las rocas volcánicas del Grupo Tacaza y secuencias volcano-sedimentarias del Grupo Maure. Finalmente se identificaron depósitos cuaternarios (glaciar, aluvial, residual y biogénico) ubicados en las laderas y fondo de los valles (Anexo D).

a.1 Grupo Yura

- Formación Cachíos (Jm-la)

Esta Formación fue reconocida como parte del Grupo Yura por Jenks (1948) y Benavides (1962). Los afloramientos se ubican en la quebrada Yunga (eje del anticlinal del mismo nombre), quebrada Potosí y en la quebrada Apacheta. Litológicamente está compuesto por lutitas carbonosas piritosas con intercalaciones



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing up and the signature 'SHPB' at the bottom.



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

menores de areniscas grises, el espesor aproximado de esta unidad se estimó en 450 m (Remigio, 2012).

- **Formación Labra (Js-l)**

La Formación Labra fue identificado por Vicente *et al.*, (1979). Yace concordante sobre la Formación Cachíos y aflora en la quebrada Yunga (flancos del anticlinal del mismo nombre), quebrada Potosí, en la quebrada Apacheta, quebrada Cruzana y Quebrada Atiñayoc. La litología consiste en areniscas grises intercaladas con lutitas carbonosas con predominio de limolitas hacia la parte superior de esta unidad. El espesor aproximado en este sector es de 450 m.

En la quebrada Katrina se observaron niveles de lutitas negras y areniscas feldespáticas en estratos delgados de 10 a 20 cm de grosor, además presenta óxidos de hierro en fracturas. En el punto de observación geológica (POG) LM-Kat-01, se observó mantos de cuarzo con mineralización de galena, pirita, arsenopirita, rejalgam y óxidos de hierro, asimismo, los bordes del afloramiento presentan eflorescencia de sulfatos (Figura 7-98).



Figura 7-98. Estructura mineralizada en areniscas de la Formación Labra en la quebrada Katrina (Sector Corire)

- **Formación Gramadal (Js-g)**

Esta unidad fue reconocida por Vicente (1981) y Maroco (1966) como secuencias de calizas o unidad carbonatada que conforma al Grupo Yura. Se realizaron estudios detallados de estratigrafía y geoquímica por considerarse un metalotecto de mineralización.

Los afloramientos se encuentran en los flancos del anticlinal Yunga, en el cerro Paco Ccahua, cerro Potosí y cerro Canahuiiri (zona mineralizada). Esta formación yace sobre las areniscas de la Formación Labra y está compuesto por calizas fosilíferas intercaladas con niveles delgados de areniscas calcáreas y lutitas, se estima un espesor de 280 m (Remigio, 2012).



Vertical handwritten notes in blue ink, including an upward arrow and various symbols and characters.



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

En el cerro Canahuiri se presentan abundantes afloramientos de la Formación Gramadal. El punto de observación geológica (POG) CG-SG-04, corresponde a calizas grises intensamente fracturadas con venillas de calcita con deformación en echelon. Los estratos tienen de 20 a 50 cm de grosor y presenta abundantes fósiles de ostras < 1 cm (Figura 7-99). En el POG CG-SG-07 ubicado en la naciente de la quebrada Atiñayoc se observó calizas grises mudstone en estratos menores a 1 m y moderado contenido de ostras.



Figura 7-99. Calizas grises fosilíferas de la Formación Gramada en el cerro Canahuire

- Formación Hualhuani (Ki-hu)

De igual modo a la Formación anterior, Vicente (1981) y Maroco (1966) reconocieron secuencias de cuarcitas en estratos masivos y de espesores métricos que sobreyacen a las unidades calcáreas de la Formación Gramadal.

Los afloramientos de esta unidad predominan en el área de influencia, observándose en el cerro Ichu Collo, Santa Cruz de Oyo Oyo y alrededor del cerro Canahuire. La litología consiste en areniscas cuarzosas con niveles delgados de lutitas carbonosas, además, en la base de esta unidad se tiene niveles de lutitas gris oscura asociada a lentes de carbón (inundación somera). El espesor total aproximado para esta unidad es de 1000 m (Remigio, 2012).

En la naciente de la quebrada Jamochini y Jamochini 2 se tomó las muestras RC-Ja2-1, RC-Ja2-2 y RC-Ja-1 en las rocas sedimentarias de la Formación Hualhuani. La litología de este sector consta de areniscas cuarzosas blancas a grises con estructuras oblicuas y óxidos de hierro en puntos y fracturas, estas secuencias se intercalan con esporádicos niveles de lutitas rojas, verdes y grises con óxidos de hierro en venillas (Figura 7-100).



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing up and several initials.

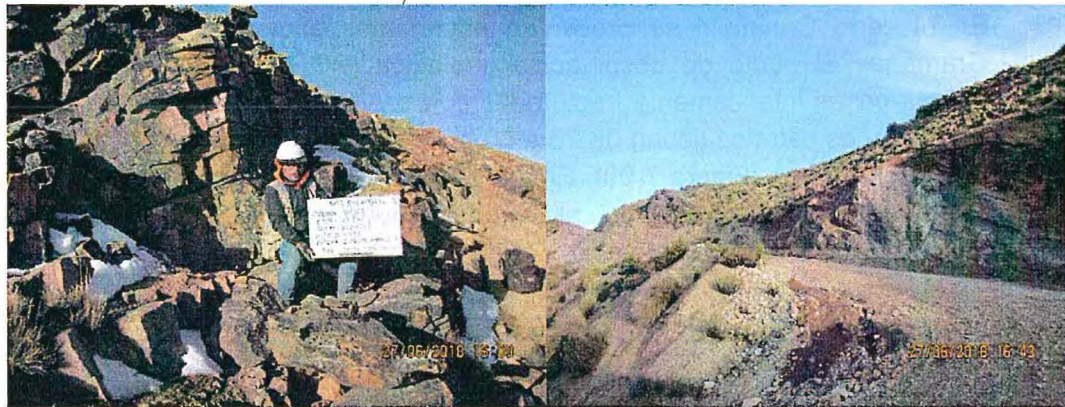


Figura 7-100. Areniscas y lutitas de la Formación Hualhuani en la quebrada Jamochini 2

a.2 Formación Murco

Vicente (1981) y Maroco (1966) describen secuencias rojas de areniscas y lutitas, que yacen concordante sobre las areniscas de la Formación Hualhuani.

Aflora principalmente en la naciente de la quebrada Agani, quebrada Velatea, cerro Quivani y en la parte baja del río Ichuña (altura de Santa Cruz de Oyo Oyo). Litológicamente está compuesto por areniscas rojas a violáceas, conglomerados arenosos intercaladas con lutitas de colores verde y rojo púrpura. Esta secuencia de capas rojas presenta un grosor de 900 m.

La litología en la naciente de la quebrada Agani y quebrada Ceniguiyalloc consiste en areniscas cuarzosas, areniscas feldespáticas y lutitas verdes, con ligera inclinación hacia el SO (Figura 7-101). Además, en este sector se ubica el proyecto Pachacutec que corresponde a brechas monomícticas y polimícticas con contenido de oro, plata y cobre.



Vertical handwritten text in blue ink, possibly a signature or list of names, including 'D.M.A.' at the bottom.

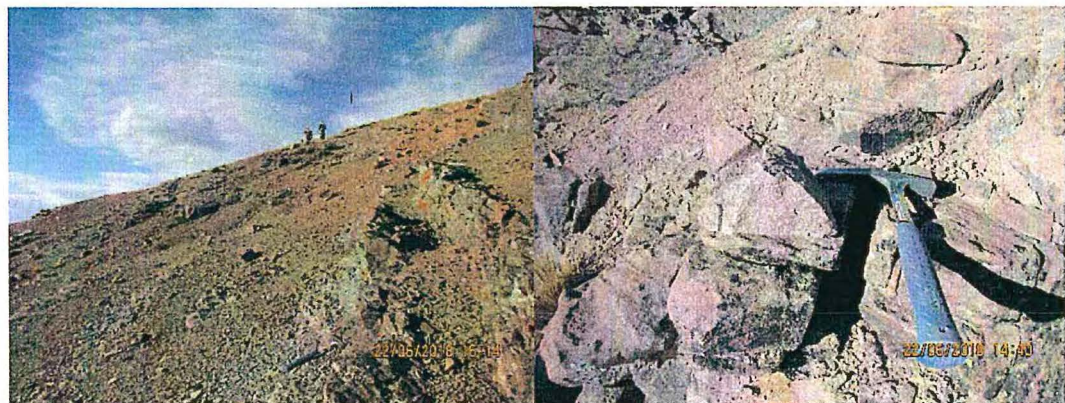


Figura 7-101. Afloramientos de lutitas y areniscas feldespáticas rojizas de la Formación Murco

a.3 Grupo Puno

Esta unidad aflora en el cerro Quivani, cerro Sayhuan y en el sector Churopata (frente a Santa Cruz de Oyo Oyo). Corresponde a niveles de conglomerados gruesos de color rojizo y brechas conglomerádicas intercaladas con niveles de areniscas gruesas, que yacen discordante sobre el Grupo Yura y Formación Murco (Remigio, 2012).



a.4 Formación Pichu

Esta unidad fue descrita por primera vez por Marocco y Del Pino (1966) como parte del Grupo Puno Bellon y Lefevre (1976) basado en la datación de 16 Ma realizado en ignimbritas lo consideró como Grupo Maure, por otra parte, la Formación Pichu fue considerada por Lipa *et al.*, (2001) como parte del Grupo Tacaza. Para objeto de este estudio la Formación Pichu se desarrolla como unidad separa al Grupo Puno y Tacaza.

Los afloramientos de distribuyen de forma discordante sobre el Grupo Puno y Grupo Yura y se ubican en la quebrada Hapallone y cerro Yanaccaccay. Litológicamente está compuesto por lavas andesíticas, brechas piroclásticas, aglomerados, areniscas y calizas y en la parte superior está conformada por tobas brechas y tobas de líficos de coloración verde (ACT1, INGEMMET³⁰).

a.5 Grupo Tacaza

Reconocido por primera vez por Jenks (1946) y Newell (1949) en la cual se refiere a niveles de lavas basálticas, brechas, aglomerados y tobas con intercalación de conglomerados. Se encuentra discordante sobre la Formación Pichu y subyace a las rocas del Grupo Maure. Aflora en el sector de Corire y cerro Canllamoco y la litología consiste en brechas y lavas basálticas a andesíticas grises.

a.6 Grupo Maure

Definido por primera vez por Wilson y García (1962) como niveles de piroclastos y rocas sedimentarias posteriores al Grupo Tacaza. Los afloramientos se observan en el sector Chalhuane, Huanacamayo, Corire, Tula Quinray y Pampa Llapapata. La litología consiste en sedimentos lacustres, tobas soldadas, areniscas tobáceas y limolitas tobáceas.

Al frente del sector de Corire (antiguo campamento) se observan tobas blancas que sobreyacen concordantes a las lavas andesíticas del Grupo Tacaza. (Figura 7-102).

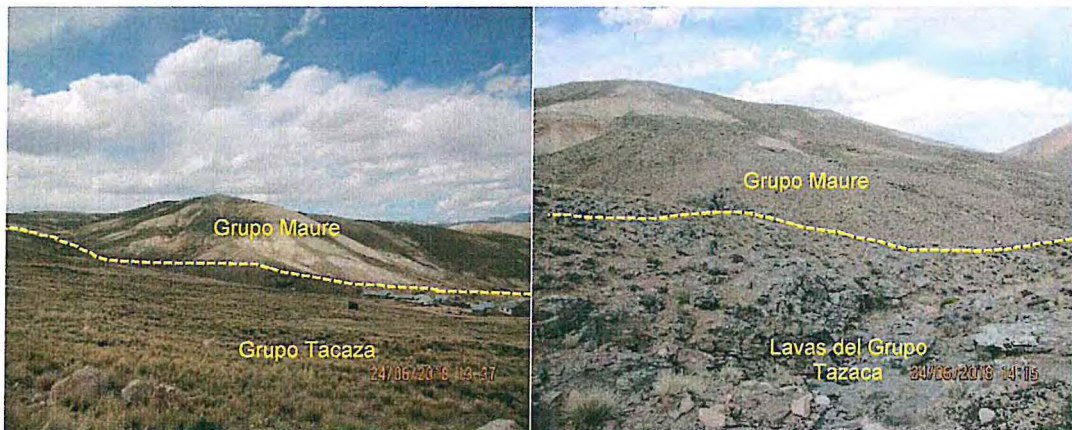


Figura 7-102. Contacto del Grupo Maure con las lavas del Grupo Tacaza, en el sector de Corire

³⁰Estudio litogeoquímico de la subcuenca de río Ichuña – cuenca del río tambo. ACT1: Línea de base ambiental del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET.

Handwritten notes and stamps on the left margin. At the top is a circular blue stamp: 'ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - MINISTERIO DEL AMBIENTE' with 'SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA' in the center. Below the stamp are several vertical handwritten lines and symbols, including 'P.', '↓', and a signature at the bottom.



a.7 Formación Llallahui

Esta Formación aflora en la margen izquierda de la naciente de la quebrada Agani y en el sector Cala Cala Consiste en lavas, tobas dacíticas y lapilli, que cubren en discordancia a las formaciones Hualhuani y Murco.

a.8 Depósitos cuaternarios

Los depósitos glaciares se distribuyen como morrenas laterales, basales y frontales con varios estadios de erosión, cuya extensión es variable (hasta 2 km). Se ubican en ambos márgenes de la quebrada Agani y Ceniguillayoc, Pampa Chucapaca y cerro Canllamoco. En el sector de Agani y Pampa Chucapaca este depósito está compuesto por fragmentos subangulosos de areniscas cuarzosas grises con óxidos de hierro en fracturas, englobados en matriz arenosa.

Los depósitos aluviales se ubican en los márgenes del río Ichuña (terrazas aluviales). Este depósito está constituido por gravas subredondeadas polimícticas y heterométricas con matriz arenolimosas.

Los depósitos residuales corresponden a material de poco transporte ubicado en las laderas de los cerros. En el lado oeste del cerro Chucapaca están constituidos por fragmentos subangulosos de rocas volcánicas englobados en matriz arcillolimosas.

Los depósitos coluvio-deluviales se ubican en las partes bajas de las laderas del sector Santa Cruz de Oyo Oyo, quebrada Ansamani y quebrada Atiñayoc. Está compuesto por fragmentos subangulosos, heterométricos de rocas sedimentarias (areniscas y lutitas) englobados en matriz arenolimosas. En el sector de Santa Cruz de Oyo Oyo, estas laderas presentan andenes donde se desarrolla intensa actividad agrícola.

Finalmente, los depósitos químicos-ferricretas, afloran en la base de las quebradas Millahuaico y Apacheta, consisten en costras compuestas por clastos subangulosos englobadas y cementadas por óxidos de hierro, precipitados a partir de la lixiviación de sulfuros primarios, asociados a aguas en condiciones ácidas provenientes del complejo volcánico Chucapaca y stock ubicados en la quebrada Katrina.

b) Rocas subvolcánicas

Las rocas subvolcánicas corresponden a *stocks* de pórfido andesítico, domo riódacítico y domo riolítico. Los primeros afloran en las márgenes del río Ichuña (frente a Santa Cruz de Oyo Oyo y distrito Ichuña) y en el sector de Palca, estos *stocks* cortan a las rocas sedimentarias del Grupo Yura, Grupo Puno y Formación Pichu, por lo que se le asigna la edad Paleógena-Neógena. Por otro lado, los subvolcánicos dacíticos y riódacíticos afloran en la loma Cachipata y cerro Perusa y se encuentran cortando a rocas sedimentarias del Grupo Yura y Formación Murco.

Las rocas del complejo volcánico de Chucapaca forman parte del conjunto de eventos volcánicos relacionados al Grupo Sillapaca, datado por Klinck *et al.*, (1986) con edades de $14,0 \pm 0,6$ a $12,8 \pm 0,4$ Ma, parcialmente contemporáneos a los sedimentos lacustrinos del Grupo Maure (Remigio, 2012).



Vertical handwritten signature and initials in blue ink, including 'D. P. A.', 'M.', 'R.', and 'D. M. P. A.' at the bottom.



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

Las rocas de este complejo volcánico se ubican principalmente en el cerro Chucapaca (Figura 7-103), intruyen a rocas sedimentarias del Grupo Yura, Tacaza y Maure y están compuesto por domos riolíticos, cúpulas de riolita y reducidos afloramientos de bloques y cenizas y flujos piroclásticos. La petrografía de las riolitas consiste en fenocristales de cuarzo, plagioclasa y biotita con escasa presencia de sanidina. Los bloques y cenizas presentan composición riolítica, cortado por venillas de hematita y sílice opalina (Remigio, 2012).

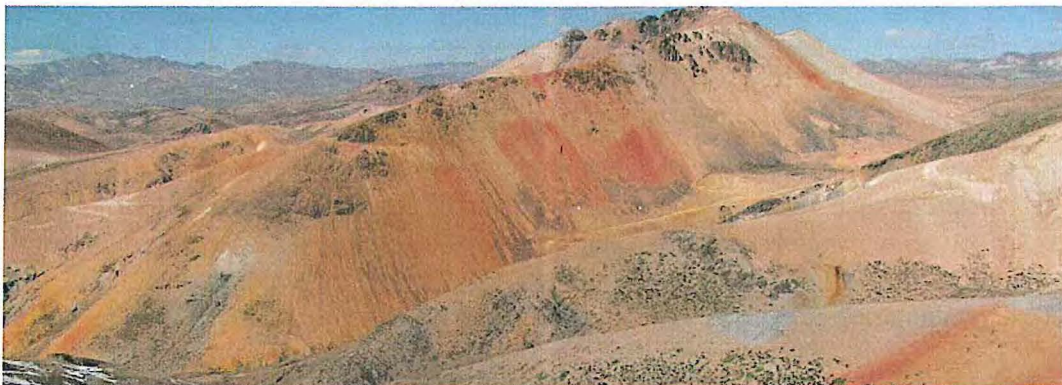


Figura 7-103. Cerro Chucapaca, compuesto por domos riolíticos, cúpulas de riolita y reducidos afloramientos de bloques y cenizas y flujos piroclásticos

c) Análisis Estructural

Los diferentes episodios tectónicos desde el Jurásico-Cretácico sobre rocas mesozoicas y cenozoicas generaron un complejo o sistema de fallas y pliegues que determinaron la disposición de las formaciones y la configuración el relieve actual (Anexo A). La dirección predominante de estas estructuras coincide con la dirección andina NO-SE y en menor proporción se presentan fallas de dirección NE-SO.

Las fallas inversas se observan en el sector de Santa Cruz de Oyo Oyo y en la naciente de la quebrada Agani, ambos con vergencia hacia el este. Además, se tiene otra falla inversa de dirección andina en el cerro Canahuire, con vergencia al oeste. Los pliegues principales corresponden al anticlinal de Yunga y anticlinal de Chucapaca con sinclinales laterales. Estas estructuras resaltan principalmente en rocas sedimentarias del Grupo Yura y Formación Murco.

La sección geológica A-A' (Figura 7-104) se extiende desde la quebrada Fara Mayu hasta el distrito de Ichuña, con vista hacia el NO, en la cual se observa varias fallas inversas con vergencia hacia el este, los mismos que se correlacionan a los anticlinales y sinclinales desarrollados en las rocas sedimentarias del Grupo Yura y Formación Murco. En esta sección se puede observar que el cerro Canahuire presenta una diatrema con brechas controlado por fallas laterales, hospedado en calizas de la Formación Gramadal y en la parte superior de la Formación Labra. Además, se observa el contexto sedimentario de las microcuencas Agani-manzamani y Chaclaya.



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including an arrow pointing up and various initials.



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

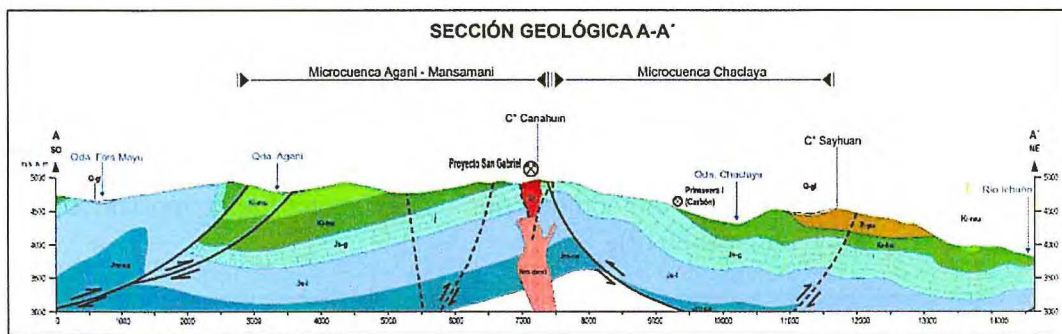


Figura 7-104. Sección geológica A-A'

La sección B-B' (Figura 7-105) se extiende del sector Antajahua hasta el cerro Huiya Tauco, con vista hacia el NE. Se observa dos contextos geológicos, al lado NO en la microcuena Agani-Ansamani predominan las rocas sedimentarias del Grupo Yura con secuencias ligeramente plegadas a favor de la pendiente; sin embargo, el lado SE, en la microcuena Itapallone (Sector Corire), se observan rocas subvolcánicas con pequeños cuerpos, que en general, cortan a las rocas sedimentarias Mesozoicas.

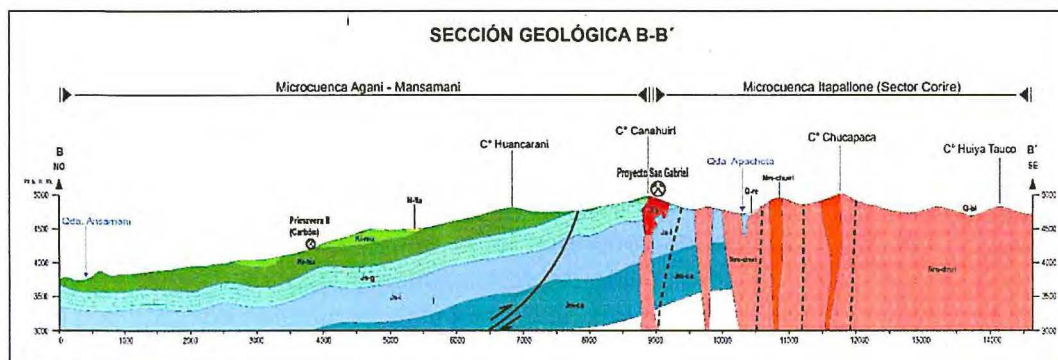


Figura 7-105. Sección geológica B-B'



Vertical handwritten notes in blue ink, including the letters 'P.', 'J.', 'I.', 'G.', 'D.', 'R.', 'A.', 'R.', and a signature at the bottom.

7.2.4 Caracterización de drenaje ácido de roca

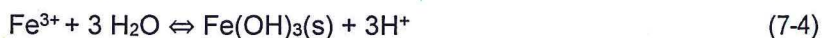
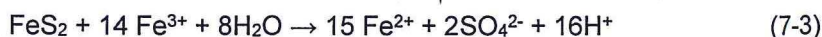
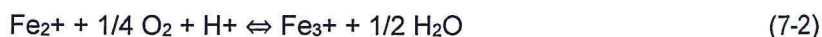
La caracterización de los drenajes ácidos de roca (en adelante llamado DAR) se realizó en la parte alta de la microcuena Itapallone (Sector Chucapaca, Millahuaico, Katrina, Misaorcco, Atiñayoc y Corire). Se encuentra relacionadas a las zonas mineralizadas Katrina, Misaorcco y Canahuire; y al Centro Volcánico Chucapaca en los cuales se observó la presencia de minerales de sulfuros y óxidos emplazados en las unidades geológicas que afloran en este sector.

El sulfuro con mayor predominancia es la pirita (FeS_2), sin embargo, la oxidación de la pirita en este sector ocurre en varias etapas, incluida la formación de minerales meta-estables como ferrihidrita ($5Fe_2O_3 \cdot 9H_2O$), schwertmannita ($Fe_8O_8(OH)_6SO_4$), jarosita ($KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$) y hematita (Fe_2O_3), estos minerales se comparten de manera más estable y de ellos depende las condiciones geoquímicas presentes en el agua (Nordstrom, 1982).

Teóricamente de acuerdo con Moses *et ál.*, 1987 y Nordstrom *et ál.*, 1979, se puede decir que la oxidación de la pirita ocurre en 3 fases principales: (1) oxidación de azufre (ecuación 7-1); (2) oxidación de hierro ferroso (ecuación 7-2); y (3) hidrólisis (ecuación 7-3) y precipitación de minerales y complejos férricos (ecuación 7-4).



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



Adicionalmente de la pirita, macroscópicamente se observan sulfuros de plomo y zinc principalmente en la zona de Katrina acompañados de óxidos de hierro (Figura 7-106).



Figura 7-106. Presencia de pirita, sulfuros y óxidos en el sector de Katrina: **a)** Venillas y patinas de pirita, ferrihidrita, goetita; **b)** goetita y hematita; **c)** venillas de galena, esfalerita y calcopirita

7.2.4.1 Caracterización geoquímica de las rocas

Para la caracterización geoquímica de las zonas mineralizadas que tienen una alta probabilidad de generación ácido de roca se evaluaron 12 puntos de metales totales incluido el cianuro total. El listado con todos los resultados de metales se adjuntan en la Tabla B.5.1-1 del Anexo B.



Vertical handwritten text in blue ink: 'DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL' and a signature 'DMPB'.



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

Se tomaron muestras en 3 sectores: Centro Volcánico Chucapaca (RC-Chu-1, RC-Chu-2, RC-Chu-3 y RC-Chu-4), zonas mineralizadas Katrina (RC-Kat-1 y C-Kat-2), Misaorcco (RC-Misa-1) y Canahuire (RC-Ca-1), también se consideró tomar muestras en rocas sedimentarias como la zona de Atiñayoc (RC-Ati-1) en la Formación Gramadal...

En la Figura 7-107 se ilustra las concentraciones del contenido de metales en las rocas dividido por zonas: Centro volcánico Chucapaca, zonas mineralizadas y rocas sedimentarias.

Los metales que están presentes en mayor proporción en la composición total de las rocas del Centro Volcánico Chucapaca fueron: arsénico (As), selenio (Se), cadmio (Cd), antimonio (Sb), bario (Ba), mercurio (Hg), talio (Tl), plomo (Pb) y bismuto (Bi). En las zonas mineralizadas como Katrina, Misaorcco y Canahuire predominaron en la composición total de la roca los metales como: manganeso (Mn), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), arsénico (As), selenio (Se), cadmio (Cd), antimonio (Sb), mercurio (Hg), bario (Ba), mercurio (Hg), talio (Tl), plomo (Pb) y bismuto (Bi).

En las rocas sedimentarias ubicadas en el sector de Atiñayoc y parte media de las quebradas Jamochini 1 y 2 se observó mayor proporción de metales en la composición total de la roca como calcio (Ca), talio (Tl) y bismuto (Bi) y en menor proporción hierro (Fe), cobre (Cu), arsénico (As), selenio (Se), cadmio (Cd), antimonio (Sb), mercurio (Hg), talio (Tl) y plomo (Pb).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.

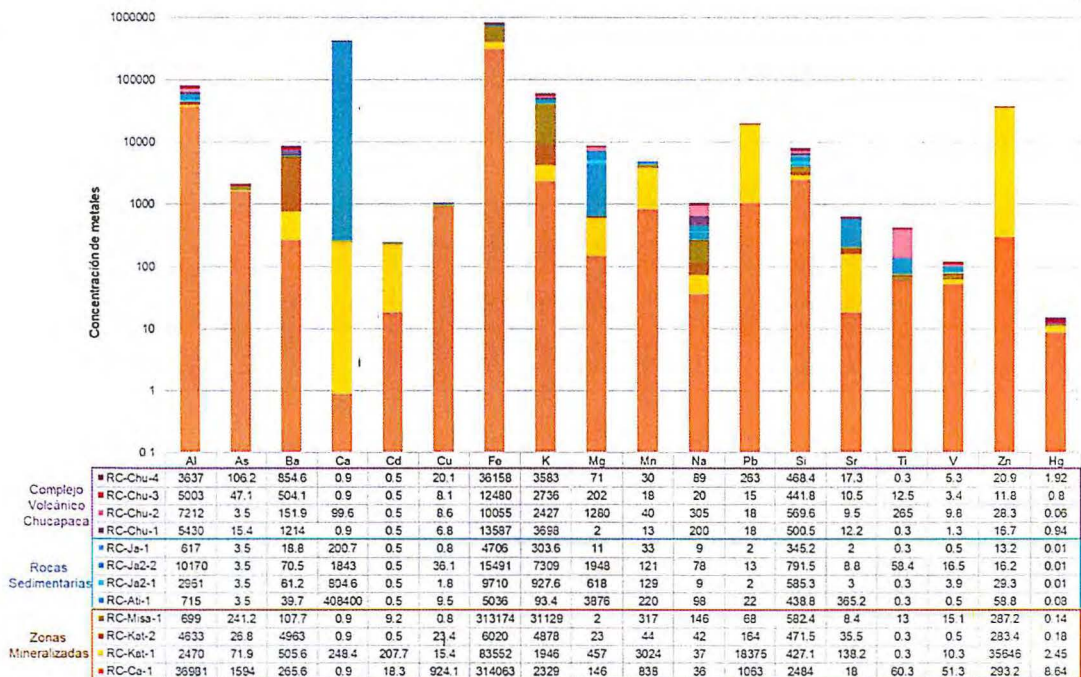


Figura 7-107. Concentración de metales distribuidos en el Centro Volcánico Chucapaca, zonas mineralizadas (Katrina y Canahuire) y rocas sedimentarias correspondientes a la Formaciones Hualhuani y Gramadal

**7.2.4.2 Lixiviación de metales y/o potencial de generación de acidez**

Para evaluar la generación de drenaje ácido, el potencial de lixiviación de metales y la biodisponibilidad de metales en la parte alta del sector Corire se realizaron pruebas geoquímicas estáticas de lixiviación (ABA y SPLP) y extracción secuencial mediante la metodología de Tessier.

a) Prueba estática de balance ácido-base (ABA)

El estudio de la generación de acidez de las zonas mineralizadas (Katrina y Canahuire) y el Centro Volcánico Chucapaca, se llevó a cabo mediante la prueba ABA (por sus siglas en inglés), los resultados son reportados en la Tabla 7-36.

Los valores de pH para la zona mineralizadas de Katrina y Canahuire mostraron características ácidas que varían entre 3,22 y 4,92 unidades; mientras que las muestras del Centro Volcánico Chucapaca registraron valores de pH ácido a ligeramente ácido que varían entre 4,44 a 6,16 unidades.

El potencial de neutralización Sobek para la mayoría de los puntos no registró valores, lo que conlleva a suponer que la presencia de carbonatos es muy baja, por ende, aunque haya muy poco sulfuro y/o hidróxidos de hierros, el sistema será ácido.

La capacidad de neutralización es negativa con valores que van de -16,3 a -0,63 kg CaCO₃/Ton, esto podría indicar que la concentración de alcalinidad es insuficiente para contrarrestar la oxidación de sulfuros.

La identificación del potencial de generación de acidez de las muestras de las rocas analizadas se realizó en función de la diferencia y proporción del potencial de acidez máximo (MPA) y potencial de neutralización neto (NNP), en base al criterio 2 especificado en la Tabla 7-36, todas las muestras presentaron un potencial generador de acidez (PGA).

Tabla 7-37. Resultados de laboratorio de la prueba estática de balance ácido-base ABA en las muestras evaluadas

Parámetros	Unidad	Katrina		Canahuire	Centro Volcánico Chucapaca		
		RC-Kat-1	RC-Kat-2	RC-Ca-1	RC-Chu-1	RC-Chu-2	RC-Chu-3
Azufre total	%	10	0,36	1,2	0,66	0,66	0,22
Fizz Rating	-	0	0	0	0	0	0
pH pasta	-	4,92	3,22	4,22	5,85	4,44	6,16
Potencial de acidez máximo (MPA)	kg CaCO ₃ /Ton	28,1	0,625	6,25	5,94	15,3	0,625
Potencial de neutralización neto (NNP)	kg CaCO ₃ /Ton	-16,3	-0,63	-6,25	-5,94	-15,3	-0,63
Potencial de neutralización Sobek	kg CaCO ₃ /Ton	11,8	0	0	0	0	0
Ratio Potencial de neutralización (RNP)	-	0,42	0	0	0	0	0



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

Parámetros	Unidad	Katrina		Canahuire	Centro Volcánico Chucapaca		
		RC-Kat-1	RC-Kat-2	RC-Ca-1	RC-Chu-1	RC-Chu-2	RC-Chu-3
Sulfato total	%	9,1	0,34	1	0,47	0,17	0,2
Sulfuro total	%	0,9	0,02	0,2	0,19	0,49	0,02
NNP-MPA	-	-44,4	-1,2	-12,5	-11,8	-30,6	-1,2
NNP/MPA	-	-0,6	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Potencial DAR Conclusión de criterio 1 (PNN) ^(a)		Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre	Incertidumbre
Potencial DAR Conclusión de criterio 2 (ratio RPN) ^(b)		PGA	PGA	PGA	PGA	PGA	PGA
PGA	Potencial generador de acidez						
^(a) Criterio 1: Para un PNN que varía entre -20 y +20 kg CaCO ₃ /Ton de muestra, se encuentra en un rango de «incertidumbre». Para valores mayores a +20 kg CaCO ₃ /Ton, se considera a la muestra con «potencial no generador de ácido»; mientras que para valores menores a -20 kg CaCO ₃ /Ton se considera con «potencial generador de ácido»							
^(b) Criterio 2: Proporción entre PN y PA, para un RPN= PN/PA < 1:1 es «probable que se genere acidez», mientras que para el rango de PN/PA entre 1:1 y 3:1 corresponde a una zona de «incertidumbre». Cuando el PN/PA > 3:1, la muestra es «potencial no generador de acidez»							

b) Evaluación de lixiviación mediante la prueba SPLP

La prueba de lixiviación por procesos de precipitación ácida (SPLP-*Synthetic Precipitation Leaching Procedure*), simula el efecto que tiene la lluvia al incidir en una muestra sólida, lixiviando en un medio ácido los metales contenidos en esta. Con esta prueba es posible determinar la lixiviación (movilidad) de analitos inorgánicos presentes en las zonas mineralizadas de Katrina y Canahuire; y el Centro Volcánico Chucapaca (Figura 7-108).

La Figura 7-108a muestra los metales lixiviados en las zonas mineralizadas de Katrina (RC-Kat-1 y RC-Kat-2) y Canahuire (RC-Ca-1) desde la fase sólida hacia la fase acuosa en condiciones ambientales simuladas por la prueba, dando como resultado la presencia de aluminio (Al), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), potasio (K), zinc (Zn) y en menor proporción calcio (Ca) y plomo (Pb). Las muestras con mayores concentraciones de metales lixiviados pertenecen a la zona de Katrina.

La Figura 7-108b muestra los metales lixiviados en el Centro Volcánico Chucapaca (RC-Chu-1, RC-Chu-2 y RC-Chu-3) desde la fase sólida hacia la fase acuosa en condiciones ambientales simuladas por la prueba, dando como resultado la presencia de aluminio (Al), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), potasio (K), zinc (Zn) y en menor proporción plomo (Pb), calcio (Ca) y cobre (Cu).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including an upward-pointing arrow and various initials.



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

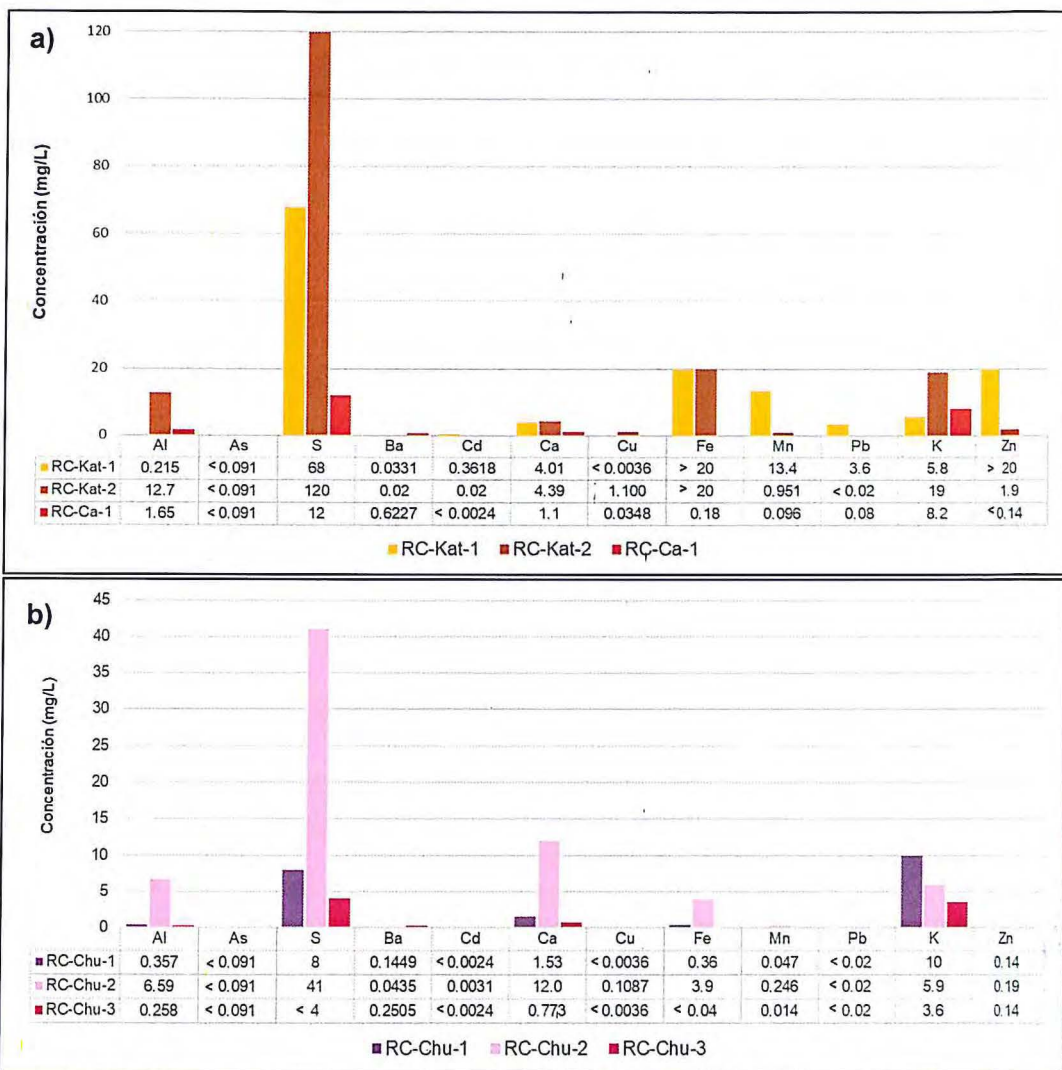


Figura 7-108. Concentración de metales lixiviados mediante la prueba de SPLP: a) Zonas mineralizadas Katrina y Canahuire y b) Centro Volcánico Chucapaca

c) Análisis Tessier

Los estudios de biodisponibilidad de los metales de las rocas fueron llevados a cabo mediante la técnica de extracción química secuencial Tessier. La metodología incluye el análisis de 34 analitos. Los metales biodisponibles en las zonas mineralizadas de Katrina (RC-Kat-1 y RC-Kat-2), Canahuire (RC-Ca-1) y los sectores de Misaorcco (RC-Misa-1) y Chucapaca (RC-Chu-1) se muestran en la Figura 7-109.

La Figura 7-109a muestra que las concentraciones de aluminio soluble (Al) se registraron en 4 fracciones, siendo la fracción 5 (asociada a minerales secundarios y primarios) la que presentó mayores concentraciones.

En la Figura 7-109b se observó que las concentraciones de azufre soluble (S) se registraron en las 5 fracciones, siendo la fracción 5 la de mayores concentraciones, además se registraron concentraciones en las fracciones 1 y 2 relacionadas a iones intercambiables y enlazado a carbonatos respectivamente.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including 'P.P.', '7.2.2', and 'J.R.M.'.



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

Respecto a la concentración de hierro soluble (Fe) se registraron en 4 fracciones, encontrándose las concentraciones mayores en la fracción 5, asociada a minerales primarios y secundarios, mientras que en las fracciones 1 y 2 se registraron concentraciones significantes solo en la zona de Katrina y Chucapaca (Figura 7-109c).

En la Figura 7-109d se observa que la concentración de manganeso soluble (Mn) se registraron en las 5 fracciones, encontrándose las concentraciones mayores en la fracción 5 (asociada a minerales primarios y secundarios), mientras que en las fracciones 1 y 2 se registraron concentraciones solo en la zona de Katrina y Misaorcco.

En la Figura 7-109e se observa que la concentración de plomo soluble (Pb) se registraron en las 5 fracciones encontrándose las concentraciones mayores en la fracción 5 (asociada a minerales primarios y secundarios), mientras que en las fracciones 1, 2 y 3 se registraron concentraciones solo en la zona de Katrina y Canahuire similar al comportamiento del manganeso soluble.

En la Figura 7-109f se observa que las concentraciones de zinc soluble (Zn) se registraron en 3 fracciones, encontrándose las concentraciones mayores en la fracción 5 (asociado a minerales primarios y secundarios), mientras que en las fracciones 1 y 2 se registraron concentraciones solo en la zona de Katrina (RC-Kat-1).

En la Figura 7-109g se observa que las concentraciones de cobre soluble (Cu) se registraron en las fracciones 4 y 5 (asociados a minerales primarios y secundarios; y materia orgánica), mientras que, en la fracción 2 se registró concentraciones solo en la zona de Katrina y en la fracción 3 se registró concentraciones solo en la zona de Canahuire.

En la Figura 7-109h se observa que las concentraciones de calcio soluble (Ca) se registraron en las fracciones 1, 3, 4 y 5; la concentración más elevada se observó en la fracción 5 (asociados a minerales secundarios y primarios). En la fracción 2 no se registraron concentraciones de este analito.

En la Figura 7-109i, se muestra que las concentraciones de bario soluble (Ba) se registraron en 4 fracciones, siendo la fracción 5 (asociada a minerales secundarios y primarios) la que mayores concentraciones presentó. Además, en la fracción 1 (asociado a iones intercambiables) se registró este analito tan solo en el sector Chucapaca.

En la Figura 7-109j, se observa que las concentraciones de cadmio soluble (Cd) se registraron en la fracción 5 (asociados a minerales primarios y secundarios). En las fracciones 3 (asociado a la presencia de óxidos de hierro y manganeso) y 4 solo se registró concentraciones de este analito en el sector Katrina (Rc-Kat-1).

La Figura 7-109k se observa que las concentraciones de arsénico soluble (As) se registraron en la fracción 5 (asociada a minerales primarios y secundarios), únicamente en los sectores de Misaorcco y en menor proporción en Chucapaca.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including an upward arrow and various initials.



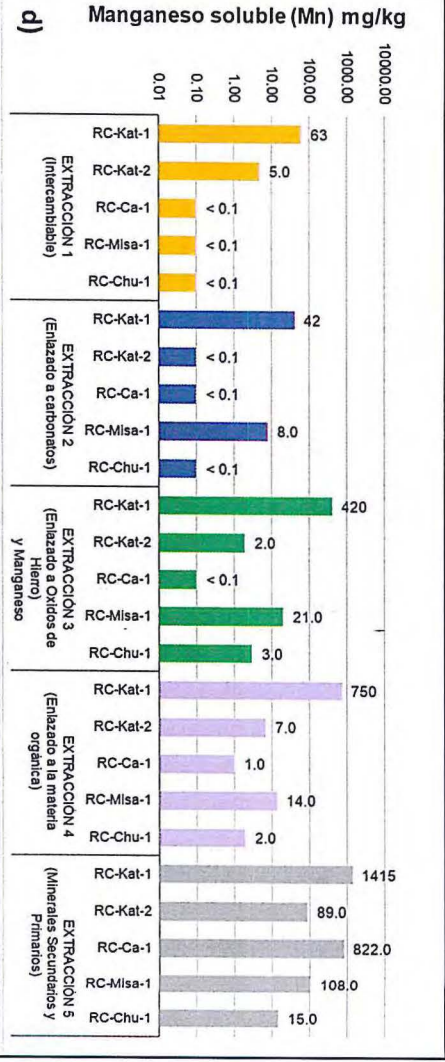
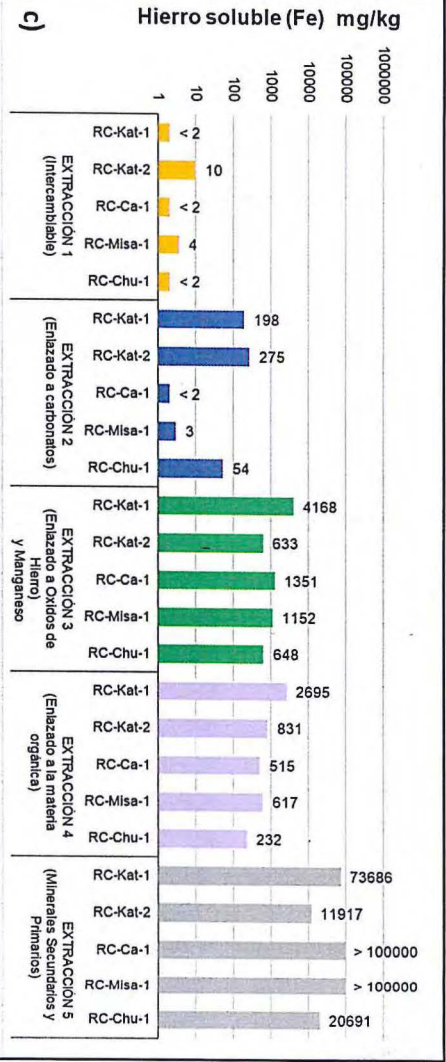
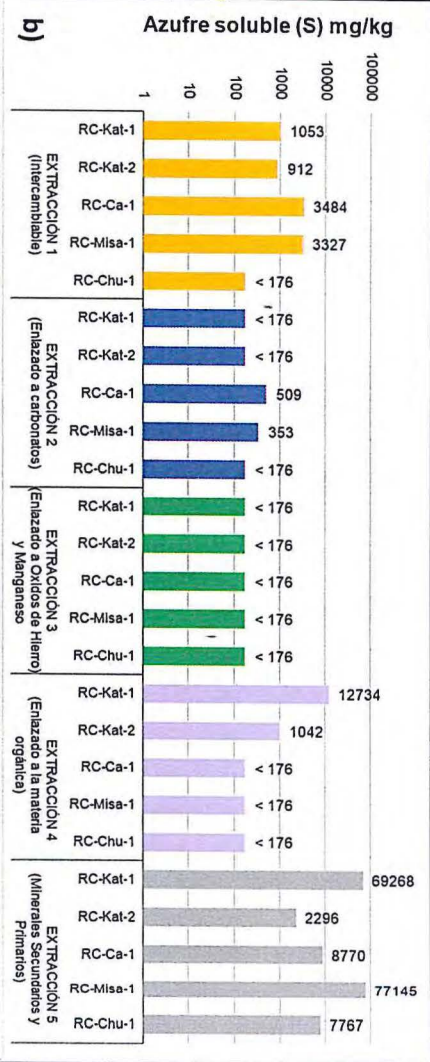
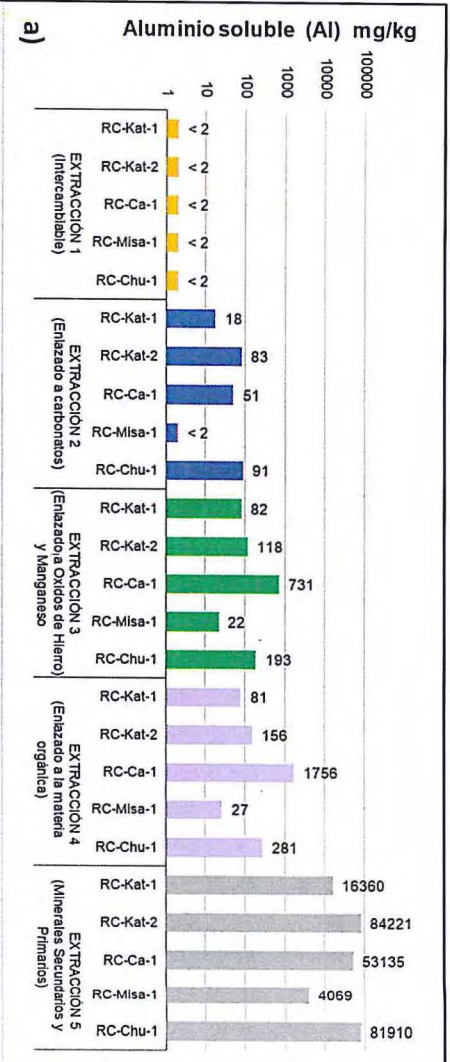
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

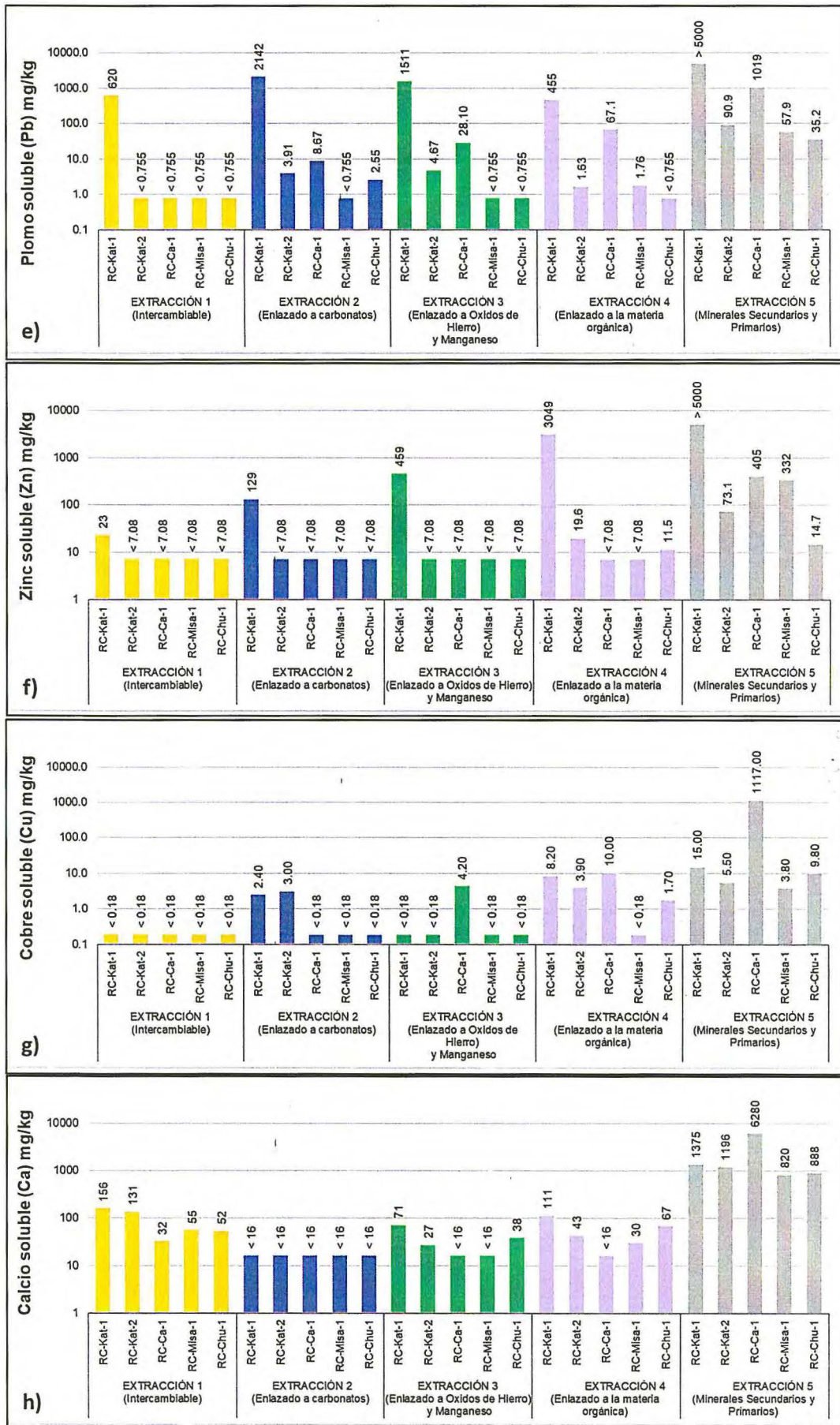
Dirección de Evaluación Ambiental

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





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



Handwritten signature and notes in blue ink.



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

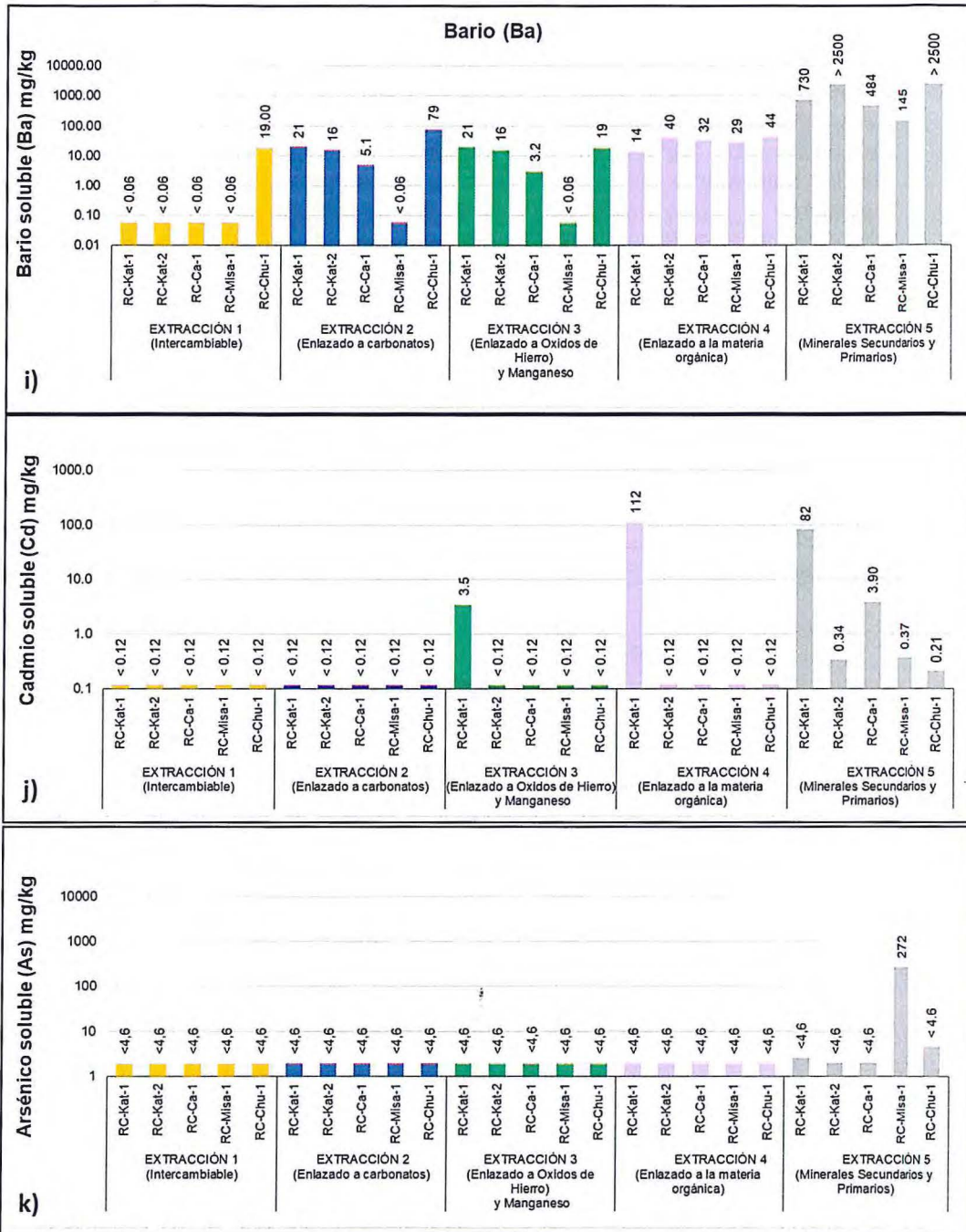


Figura 7-109. Extracciones secuenciales de: a) Aluminio soluble, b) Azufre soluble, c) Hierro soluble, d) Manganeso soluble, e) Plomo soluble, f) Zinc soluble, g) Cobre soluble, h) Calcio soluble, i) Bario soluble, j) Cadmio soluble y k) Arsénico soluble

7.2.5 Flora silvestre

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



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

7.2.5.1 Composición florística

- Composición florística en el área de estudio

Se identificaron 262 especies de plantas vasculares, agrupadas en 4 clases, 43 familias botánicas y 130 géneros (Anexo C). La clase Magnoliopsida (angiospermas) representó el grupo dominante con 191 especies (72,9 %), seguidas de la clase Liliopsida (angiospermas) con 62 especies (24,0 %). Una menor diversidad presentó la clase Polypodiopsida (helechos) con 8 especies (2,7%) y Gnetopsida (gimnospermas) con una especie (0,4 %). Tabla 7-37 y Figura 7-110.

Tabla 7-38. Número de familias, géneros y especies por cada clase registrada en el área de estudio

Clase	Familia	Género	Especie
Gnetopsida	1	1	1
Liliopsida	7	27	62
Polypodiopsida	4	6	8
Magnoliopsida	31	96	191

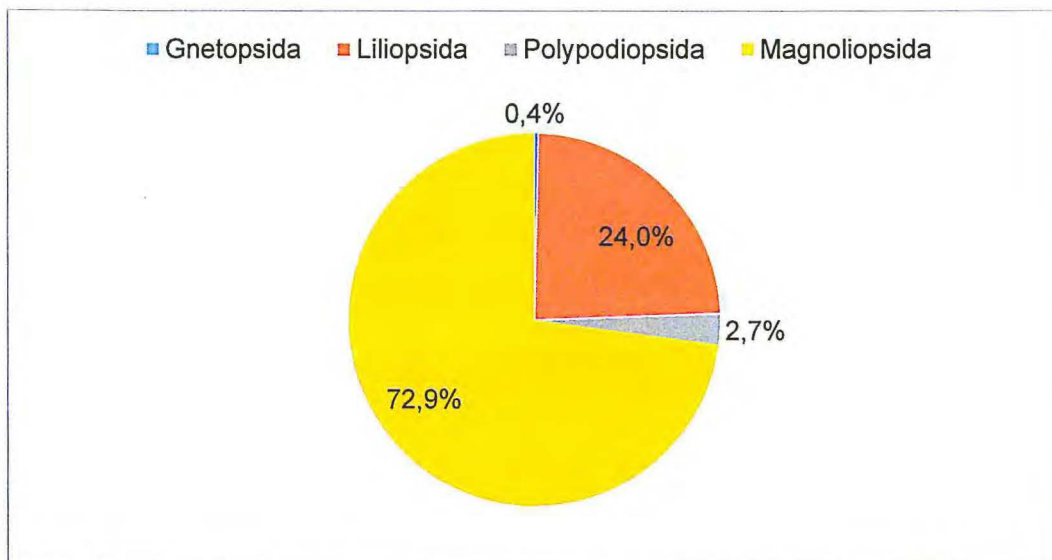


Figura 7-110. Porcentaje de especies por clase registrado en el área de estudio

Las familias más diversas fueron Asteraceae con 87 especies en 35 géneros y Poaceae con 47 especies en 14 géneros; en conjunto solo estas 2 familias agruparon el 51 % del total de especies, la mitad del total presentes en el área de estudio. En general, estas familias son las más frecuentes (diversas) en áreas altoandinas. Entre otras familias más diversas tenemos a Brassicaceae y Caryophyllaceae con 13 especies cada una. Además, entre las 8 familias más diversas se agruparon el 73 % del total de especies registradas en el área de estudio (Figuras 7-111 y 7-112).



Vertical handwritten text in blue ink, possibly a signature or list of names.



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

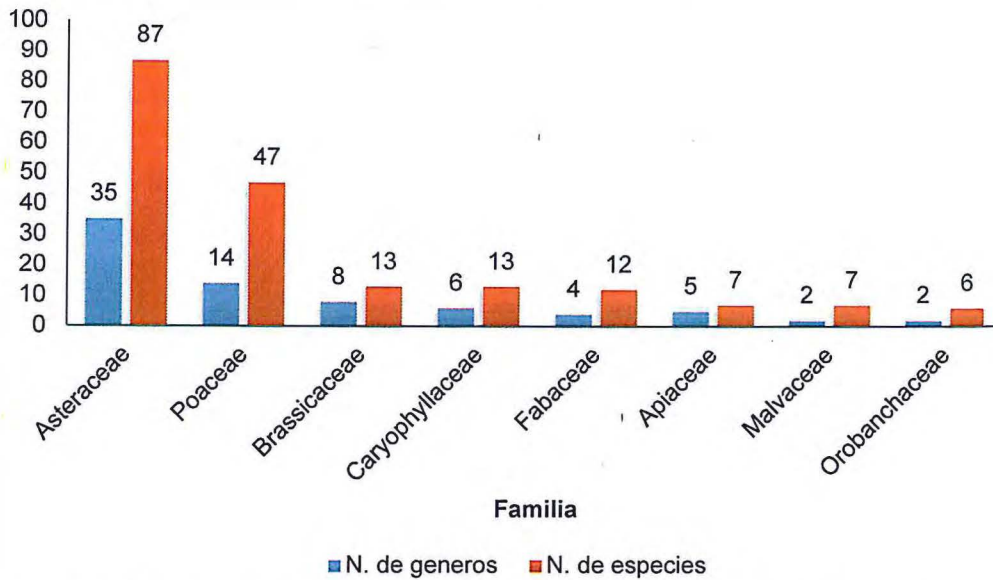


Figura 7-111. Familias más diversas, indicando número de géneros y especies, registradas en el área de estudio

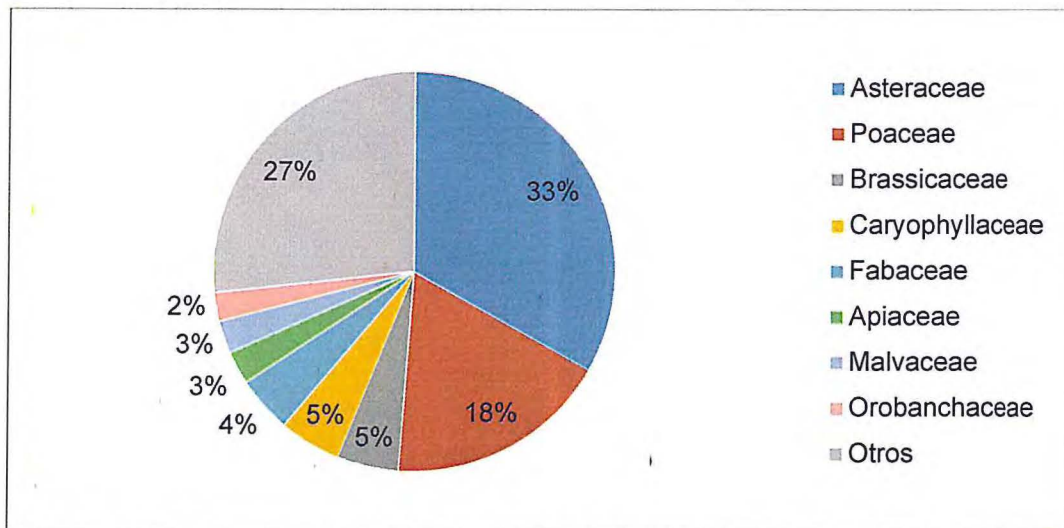


Figura 7-112. Familias con mayor porcentaje de especies, por encima del 2 % de especies registradas en el área de estudio

Los géneros con mayor número de especies fueron *Senecio* y *Calamagrostis* con 16 y 15 especies respectivamente. Estos 2 géneros de la familia Asteraceae y Poaceae respectivamente, son los más diversos de estas familias en el Perú y con mayor frecuencia en los Andes. Entre otros géneros tenemos a *Poa* y *Werneria* con 11 y 10 especies respectivamente. Entre los 10 géneros más diversos agruparon el 32,1 % de todas las especies registradas en el área de estudio (Figura 7-113).



Handwritten notes and signatures on the left margin, including an arrow pointing up and several illegible signatures.



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

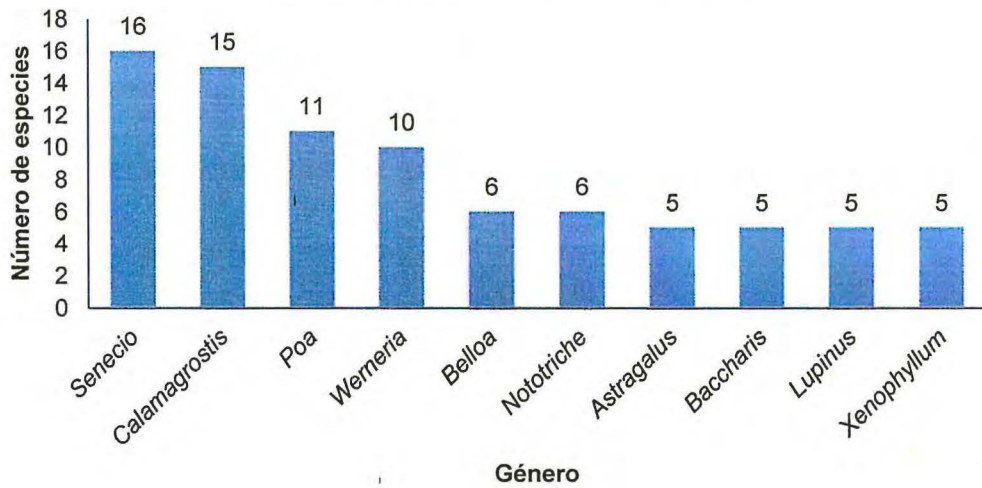


Figura 7-113. Géneros con mayor número de especies registradas en el área de estudio

Las especies con forma de crecimiento herbáceo fueron las más comunes en el área de estudio, la cual con 220 especies representó el 84 % del total de las especies, seguida de los arbustos con 26 especies (9,9 %). Mientras que, las formas de crecimiento menos frecuentes fueron sufrútice con 14 especies y cactoide con 2 especies (Figura 7-114).

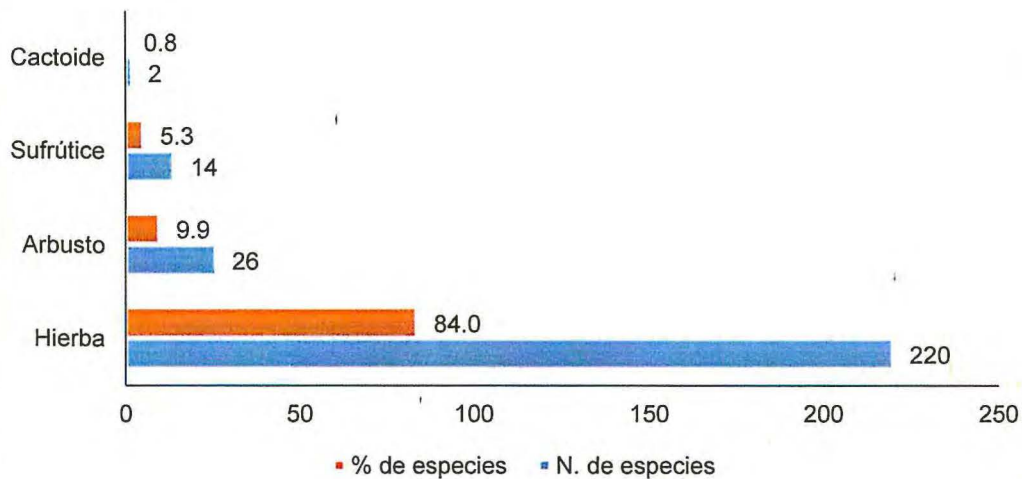


Figura 7-114. Formas de crecimiento de la flora vascular registrada en el área de estudio

- **Composición florística por formación vegetal**

En el área de estudio se identificaron 5 formaciones vegetales, las mismas que se detallan a continuación:

a. Bofedal

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



Handwritten signature and vertical text on the left margin.



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

en terrenos relativamente planos (en los fondos de quebrada) a pendientes moderadas, donde las aguas poco o nada fluentes se concentran. Los bofedales cumplen un rol central en la ecología altoandina, como hábitat de muchas especies de plantas y animales, y como importante fuente de agua y recursos para la flora, fauna y pobladores locales. En consecuencia, es uno de los ecosistemas más afectados del mundo y se ha clasificado como un ecosistema con una alta prioridad de conservación. En esta formación se registraron 60 especies agrupadas en 18 familias y 44 géneros (Figura 7-115). En su mayoría son especies que requieren ambientes saturados de agua para poder desarrollar, con algunas especies que provienen de ecosistemas contiguos (matorral mixto y vegetación de roquedal).

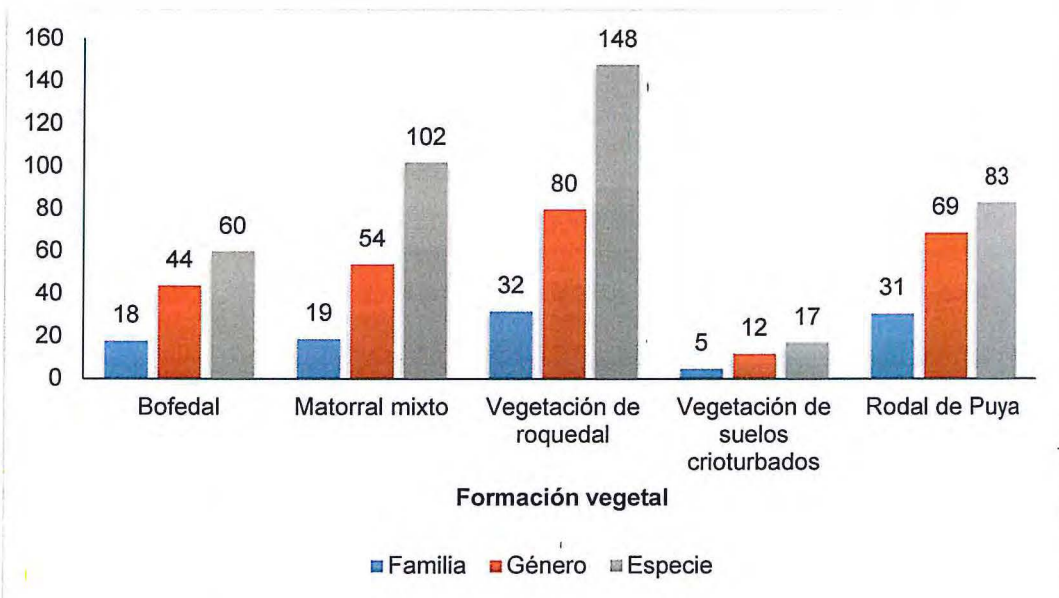


Figura 7-115. Número de especies, géneros y familias presentes en las 5 formaciones vegetales presentes en el área de estudio

b. Matorral mixto

Los matorrales son comunidades vegetales en donde el estrato dominante es el arbustivo, se encuentran alternado con especies herbáceas y otras formas de vida que crecen en los espacios dejados por estos. En algunos casos estas formaciones se encuentran alternando con macollos de gramíneas, las que tienen una representación importante, es entonces que recibe el nombre de matorral mixto. Esta formación vegetal se presentó principalmente en las laderas de los cerros y presenta una considerable extensión. En esta formación se registraron 102 especies agrupadas en 19 familias y 54 géneros (Figura 7-115).

c. Vegetación de roquedal

Los afloramientos rocosos y zonas de la puna con grandes rocas y piedras albergan una vegetación muy variada, debido a los numerosos microhábitats que ofrece. Los arbustos y helechos destacan por su diversidad y aprovechan los intersticios rocosos para establecerse; además de numerosas especies herbáceas en el área de estudio estos roquedales presentaron influencia de los suelos crioturbados y de los matorrales mixtos. En esta formación se registraron la mayor riqueza de especies con 148 especies agrupadas en 32 familias y 80 géneros (Figura 7-115).

[Handwritten signature and notes in blue ink]



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

d. Vegetación de suelos crioturbados

Esta formación se registra a grandes altitudes y se caracteriza por presentar un suelo suelto, con escasa vegetación y que pasa por procesos de congelamiento y descongelamiento continuo. En esta formación se registraron 83 especies agrupadas en 31 familias y 69 géneros (Figura 7-115).

e. Rodal de Puya

Esta formación está conformada por la especie *Puya raimondii* Harms, las que vegetativamente pueden alcanzar los 3 a 4 m y hasta 12 m con inflorescencia, generalmente se presenta en áreas rocosas de pendiente pronunciada. Se identificó esta formación fuera del área de influencia de proyecto minero San Gabriel en la microcuenca Oyo Oyo. En esta formación se registraron 17 especies agrupadas en 5 familias y 12 géneros (Figura 7-115).

- Composición florística por microcuenca

En el área de estudio se evaluaron 5 ecosistemas frágiles con sus formaciones vegetales asociados (EF) y una Zona, en 6 zonas presentes en 3 microcuencas en el área de estudio, las mismas que se detallan a continuación.

a. Microcuenca Agani-Ansamani

i. Zona Japucucho-Agani 2 (EF4)

En esta zona se registraron 131 especies agrupadas en 23 familias y 69 géneros (Figura 7-116). Las familias más diversas fueron Asteraceae con 52 especies, Poaceae con 41 y Cariophyllaceae con 9 (Figura 7-117).

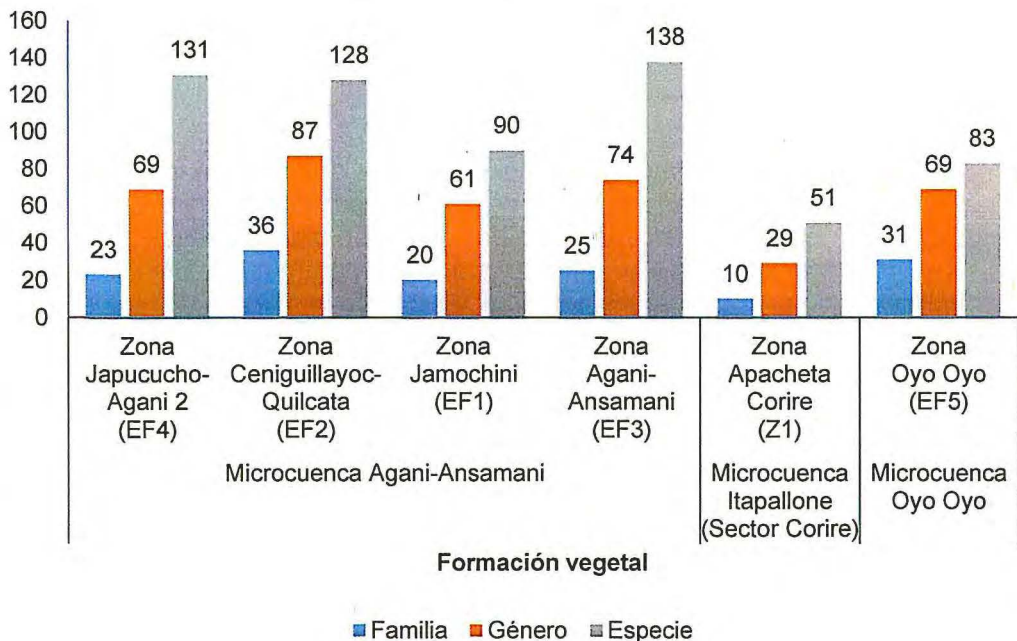


Figura 7-116. Número de especies, géneros y familias por microcuenca y zonas, presentes en en el área de estudio



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

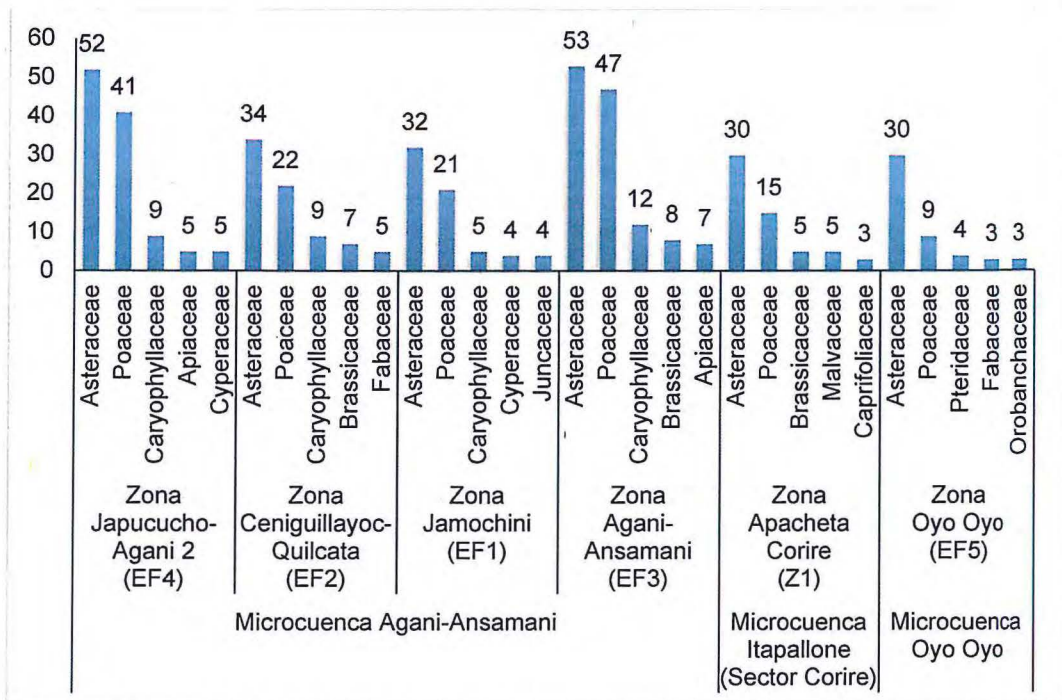


Figura 7-117. Familias mas diversas por microcuenca y zonas, presentes en el área de estudio

En esta zona se evaluaron las formaciones vegetales de bofedal, matorral mixto y vegetación de roquedal. En el bofedal se registró 43 especies agrupadas en 13 familias y 30 géneros (Figura 7-117). En donde las familias más diversas fueron Poaceae, Asteraceae y Cyperaceae con 10, 10 y 5 especies respectivamente; entre otras familias están Apiaceae y Gentianaceae con 3 especies cada uno (Figura 7-118).



Vertical handwritten signature and notes on the left margin.



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

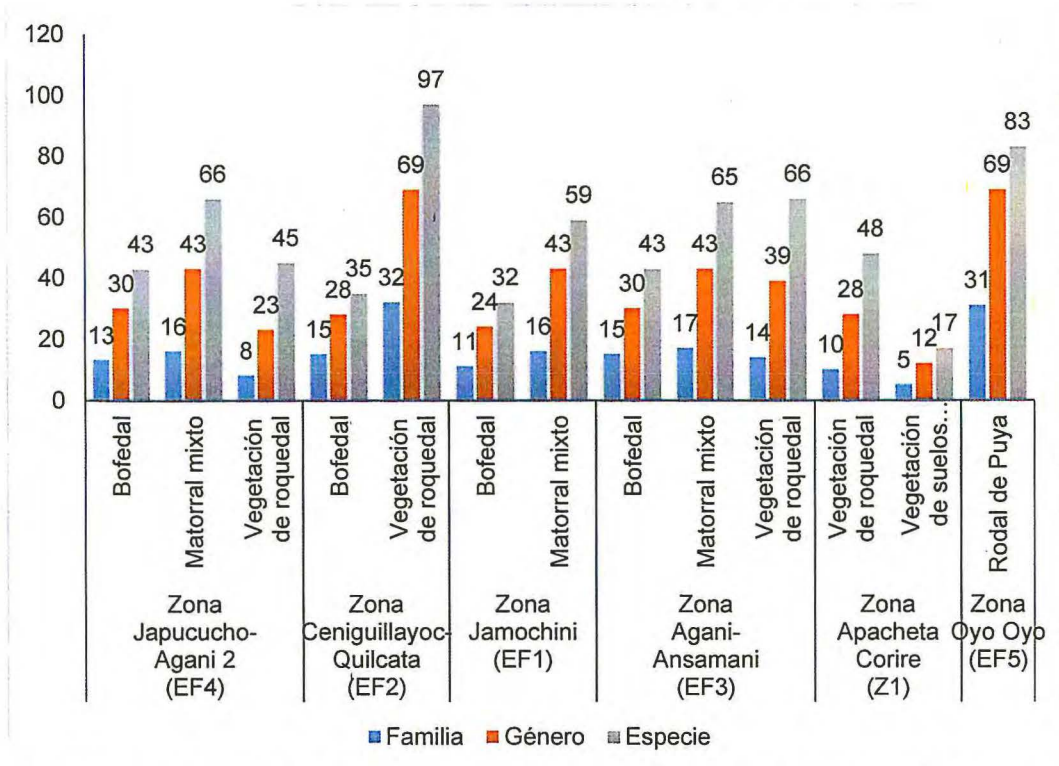


Figura 7-118. Número de especies, géneros y familias por formación vegetal, presentes en las zonas del área de estudio

En el matorral mixto se registró 66 especies agrupadas en 16 familias y 43 géneros (Figura 7-117). En donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae con 20 y 18 especies respectivamente; entre otras familias están Caryophyllaceae con 6 especies y Fabaceae con 5 especies (Figura 7-118).

En la vegetación de roquedal se registró 45 especies agrupadas en 8 familias y 23 géneros (Figura 7-117). En donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae con 22 y 13 especies respectivamente; entre otras familias están Malvaceae con 3 especies y Caprifoliaceae con 2 especies (Figura 7-118).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including a large arrow pointing upwards and several illegible signatures.



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

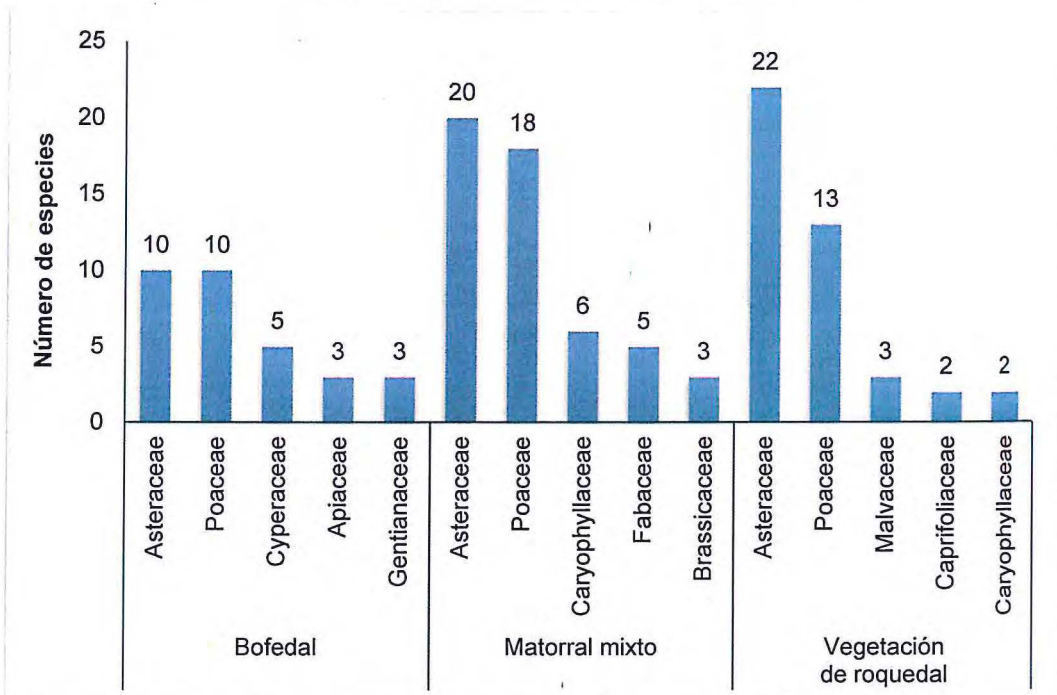


Figura 7-119. Familias más diversas por formación vegetal, presentes en la zona Japucucho-Agani 2 (EF4)

ii. Zona Ceniguillayoc-Quilcata

En esta zona se registraron 128 especies agrupadas en 36 familias y 87 géneros (Figura 7-116). Las familias más diversas fueron Asteraceae con 34 especies, Poaceae con 22 y Caryophyllaceae con 9 (Figura 7-117).

En esta zona se evaluaron las formaciones vegetales de bofedal y vegetación de roquedal. En el bofedal se registró 35 especies agrupadas en 15 familias y 28 géneros (Figura 7-118). Las familias más diversas fueron Asteraceae con 7 especies y Poaceae, Cyperaceae y Juncaceae con 3 especies cada una; entre otras familias se registraron Gentianaceae y Caryophyllaceae con 3 y 2 especies respectivamente (Figura 7-120).

En la vegetación de roquedal se registró 97 especies agrupadas en 32 familias y 69 géneros (Figura 7-118). Las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae con 27 y 18 especies respectivamente; entre otras familias se registraron Caryophyllaceae con 7 especies y Brassicaceae con 6 especies (Figura 7-120).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including an arrow pointing up and several illegible signatures.



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

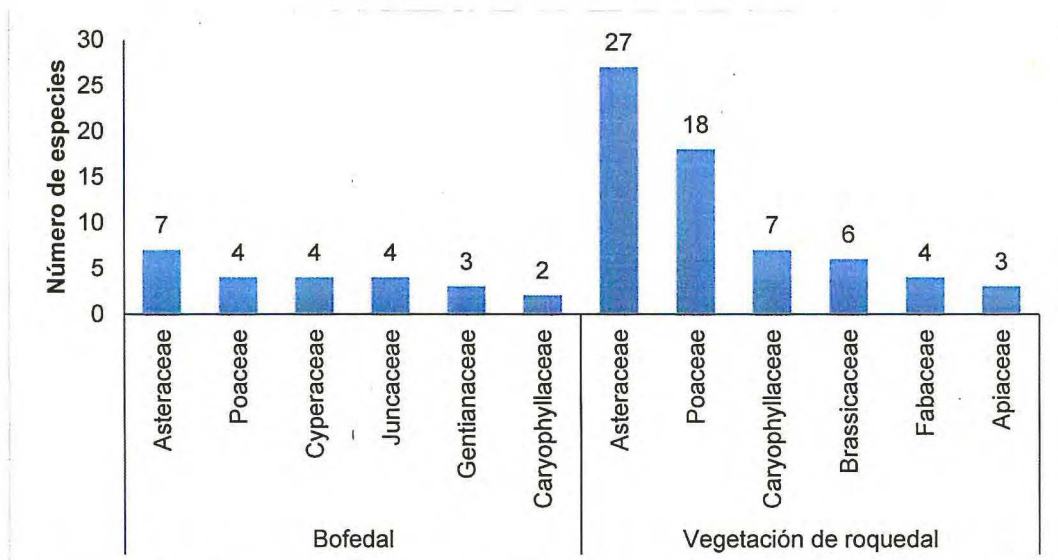


Figura 7-120. Familias más diversas por formación vegetal, presentes en la zona Ceniguillayoc-Quilcata (EF2)

iii. Zona Jamochini (EF1)

En esta zona se registraron 90 especies agrupadas en 20 familias y 61 géneros (Figura 7-116). Las familias más diversas fueron Asteraceae con 32 especies, Poaceae con 21 y Caryophyllaceae con 15 (Figura 7-117).

En esta zona se evaluaron las formaciones vegetales de bofedal y matorral mixto. En el bofedal se registró 32 especies agrupados en 11 familias y 24 géneros (Figura 7-118). Las familias más diversas fueron Poaceae y Asteraceae con 8 y 6 especies respectivamente; entre otras familias se registraron Cyperaceae y Juncaceae con 4 especies cada una (Figura 7-121).

En el matorral mixto se registró 59 especies agrupadas en 16 familias y 43 géneros (Figura 7-118). En donde las familias más diversas fueron Poaceae, y Asteraceae con 28 y 13 especies respectivamente; entre otras familias se registraron Caryophyllaceae con y Brassicaceae con 5 y 3 especies respectivamente (Figura 7-121).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

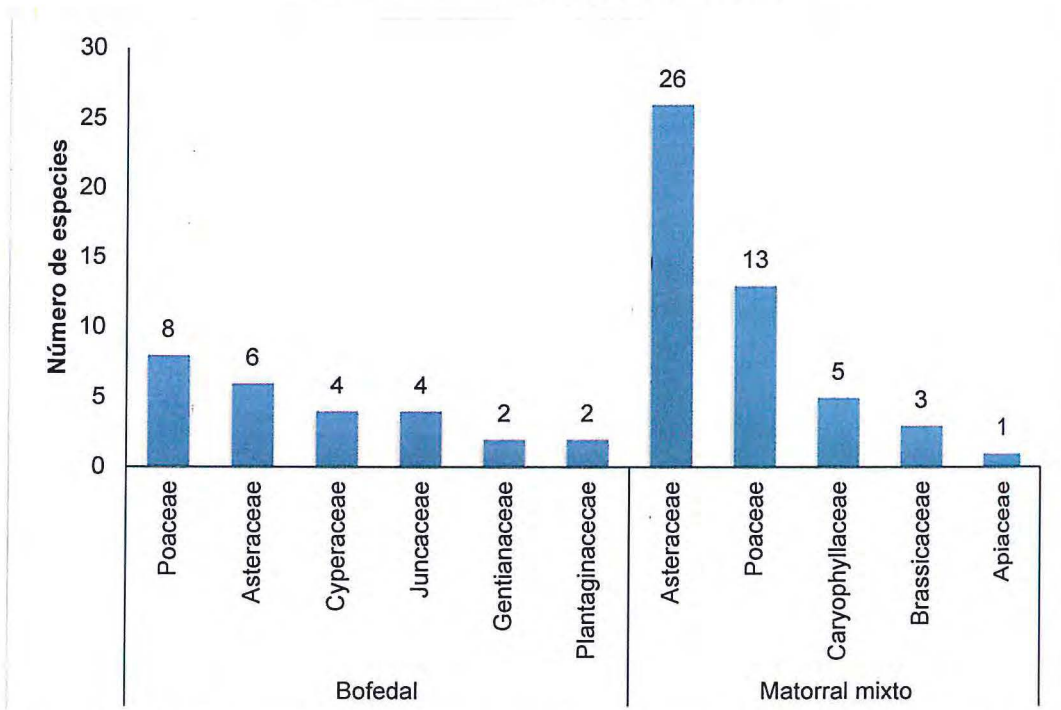


Figura 7-121. Familias más diversas por formación vegetal, presentes en la Zona Jamochini (EF1)

iv. Zona Agani-Ansamani (EF3)

En esta zona se evaluó solo la parte alta, correspondiente al sector Pachacutec. En donde se registraron 138 especies agrupadas en 25 familias y 74 géneros (Figura 7-116). Las familias más diversas fueron Asteraceae con 53 especies, Poaceae con 47 y Caryophyllaceae con 12 (Figura 7-117).

En esta zona se evaluaron las formaciones vegetales de bofedal, matorral mixto y vegetación de roquedal. En el bofedal se registró 43 especies agrupadas en 15 familias y 30 géneros (Figura 7-118). Las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae con 7 especies cada uno; entre otras familias se registraron Cyperaceae y Juncaceae con 5 y 3 especies respectivamente (Figura 7-122).

En el matorral mixto se registró 65 especies agrupadas en 17 familias y 43 géneros (Figura 7-118). Las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae con 20 y 18 especies respectivamente; entre otras familias se registraron Brassicaceae y Caryophyllaceae con 6 especies cada una (Figura 7-122).

En la vegetación de roquedal se registró 66 especies agrupadas en 14 familias y 39 géneros (Figura 7-118). En donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae con 24 y 20 especies respectivamente; entre otras familias se registraron Caryophyllaceae con 5 especies y Fabaceae con 3 (ver Figura 7-122).



Handwritten notes and signatures on the left margin, including a vertical list of names and initials.



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

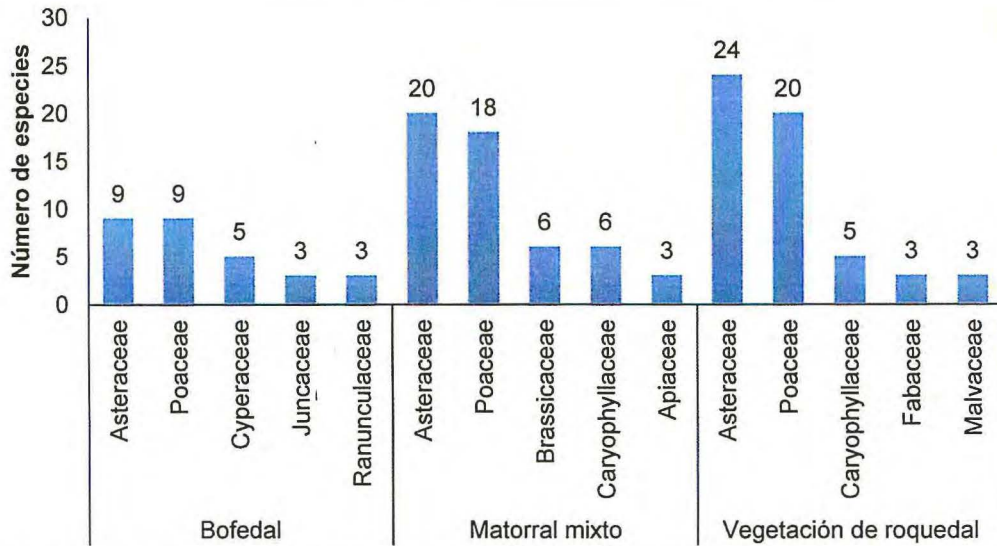


Figura 7-122. Familias más diversas por formación vegetal, presentes en la Zona Agani-Ansamani (EF3)

- b. Microcuenca Itapallone (Sector Corire)
- i. Zona Apacheta Corire (Zona I)

En esta zona se registraron 51 especies agrupadas en 10 familias y 29 géneros (Figura 7-116). Las familias más diversas fueron Asteraceae con 30 especies, Poaceae con 15 y Brassicaceae con 5 (Figura 7-117).

En esta zona se evaluaron las formaciones vegetales de vegetación de roquedal y vegetación de suelos crioturbados. En la vegetación de roquedal se registró 48 especies agrupadas en 10 familias y 28 géneros (Figura 7-118). Las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae con 23 y 10 especies respectivamente; entre otras familias se registraron Brassicaceae con 4 especies y Caryophyllaceae y Malvaceae con 3 especies cada uno (Figura 7-123).

En la vegetación de suelos crioturbados se registró 17 especies agrupadas en 5 familias y 12 géneros (Figura 7-118). En donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae con 7 y 5 especies respectivamente; entre otras familias se registraron Caprifoliaceae y Malvaceae con 2 especies cada una (Figura 7-123).



Vertical handwritten text and signatures on the left margin, including an upward-pointing arrow and the name 'J.M.P.' at the bottom.



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

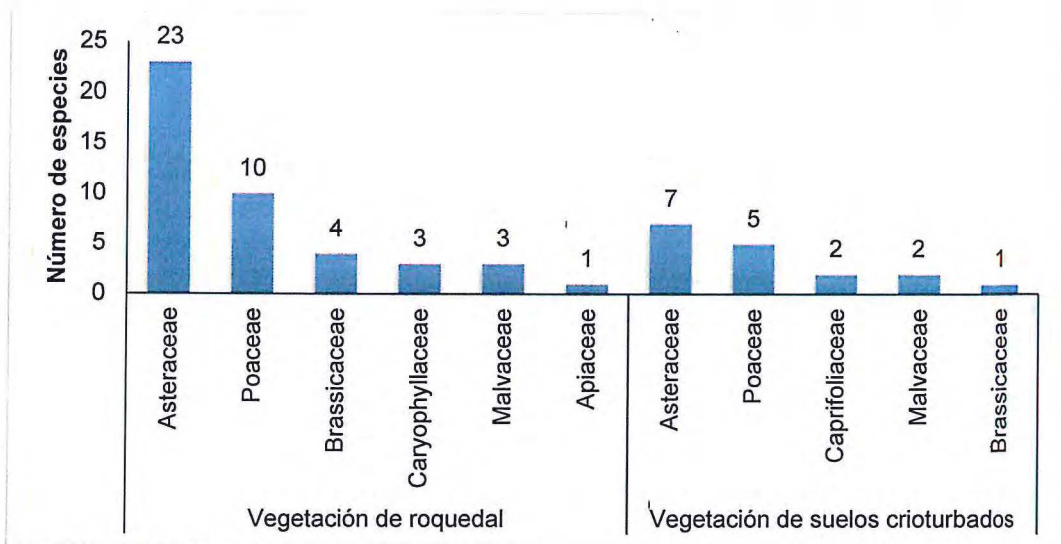


Figura 7-123. Familias más diversas por formación vegetal, presentes en la Zona Apacheta Corire (Zona 1)

- c. Microcuenca Oyo Oyo
- i. Zona Oyo Oyo (EF5)

En esta zona se evaluó la formación vegetal de rodal de Puya y se registraron 83 especies agrupadas en 31 familias y 69 géneros (Figura 7-116, 7-118). Las familias más diversas fueron Asteraceae con 30 especies, Poaceae con 9 y Pteridaceae con 4; entre otras familias se registraron Fabaceae, Orobanchaceae y Solanaceae con 3 especies cada una (Figura 7-117, 7-124).

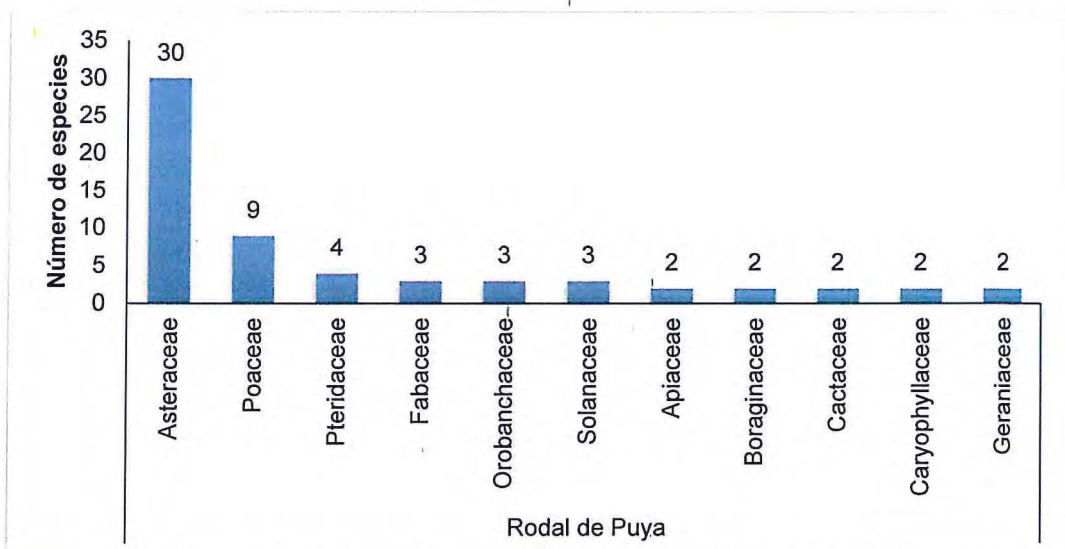


Figura 7-124. Familias más diversas por formación vegetal, presentes en la Zona Oyo Oyo (EF5)



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

7.2.5.2 Abundancia relativa y cobertura vegetal

- Cobertura vegetal

Los valores de cobertura de la vegetación en el área de estudio presentaron valores de moderados a altos, que varían entre el 18 y 100 %.

En la zona Japucucho-Agani 2, la cobertura vegetal oscila entre 22 y 100 % (61,9 % en promedio), presentando una cobertura promedio de 86 % en el bofedal, 54,3 % en el matorral mixto y 25 % en la vegetación de roquedal. En la zona Ceniguillayoc-Quilcata la cobertura vegetal oscila entre 38 y 99 % (74,1 % en promedio), presentando una cobertura promedio de 95,5 % en el bofedal y 45,7 % en la vegetación de roquedal. En la zona Jamochini la cobertura vegetal oscila entre 55 y 99 % (74,6 % en promedio), presentando una cobertura promedio de 87,3 % en el bofedal y 55,5 % en el matorral mixto. En la zona Agani-Ansamani (sector Pachacutec) la cobertura vegetal oscila entre 36 y 92 % (68,8 % en promedio), presentando una cobertura promedio de 90 % en el bofedal, 58,7 % en el matorral mixto y 41,5 % en la vegetación de roquedal. En la zona Apacheta Corire la cobertura vegetal oscila entre 18 y 31 % (24,5 % en promedio), presentando una cobertura promedio de 26,7 % en la vegetación de roquedal y 18 % en la vegetación de suelos crioturbados (Tabla 7-38).

Tabla 7-39. Cobertura vegetal por transecto, formación vegetal, ecosistema Frágil y Microcuenca, presente en el área de influencia de proyecto minero San Gabriel

Microcuenca	Zonas	Ecosistema Frágil	Código T. Evaluado	Formación Vegetal	Cobertura	Cobertura promedio por FV (%)	Cobertura promedio por EF (%)
Agani-Ansamani	Japucucho-Agani 2	EF4	SGFL10	Vegetación de roquedal	22	25,0	61,9
			SGFL11	Vegetación de roquedal	28		
			SGFL13	Matorral mixto	53	54,3	
			SGFL14	Matorral mixto	54		
			SGFL18	Matorral mixto	56	86,0	
			SGFL15	Bofedal	100		
			SGFL16	Bofedal	87		
			SGFL17	Bofedal	96		
	Ceniguillayoc-Quilcata	EF2	SGFL19	Vegetación de roquedal	38	45,7	74,1
			SGFL21	Vegetación de roquedal	52		
			SGFL25	Vegetación de roquedal	47		
			SGFL20	Bofedal	99	95,5	
			SGFL22	Bofedal	90		
			SGFL24	Bofedal	96		
Jamochini	EF1	SGFL30	Bofedal	75	87,3	74,6	
		SGFL32	Bofedal	88			
		SGFL33	Bofedal	99	55,5		
		SGFL31	Matorral mixto	56			
		SGFL34	Matorral mixto	55			



Handwritten signature and date: 2018



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

Microcuenca	Zonas	Ecosistema Frágil	Código T. Evaluado	Formación Vegetal	Cobertura	Cobertura promedio por FV (%)	Cobertura promedio por EF (%)
	Agani-Ansamani (Sector Pachacutec)	EF3	SGFL1	Bofedal	91	90,0	68,8
			SGFL6	Bofedal	92		
			SGFL7	Bofedal	92		
			SGFL8	Bofedal	85	41,5	
			SGFL2	Vegetación de roquedal	47		
			SGFL4	Vegetación de roquedal	36		
			SGFL3	Matorral mixto	56	58,7	
			SGFL5	Matorral mixto	65		
			SGFL9	Matorral mixto	55		
Itapallone (Sector Corire)	Apacheta Corire	Zona I	SGFL26	Vegetación de roquedal	31	26,7	24,5
			SGFL27	Vegetación de roquedal	22		
			SGFL29	Vegetación de roquedal	27	18,0	
			SGFL28	Vegetación de suelos crioturbados	18		

- Abundancia relativa en el área de estudio

Considerando todos los transectos evaluados en el área de estudio se pudo observar que la composición de especies fue muy variada. Las especies con mayor abundancia relativa en el área de estudio fue *Distichia muscoides* con un 10,7 %, esto debido a la presencia de bofedales densos en el área de estudio. Entre otras especies dominantes se registraron *Oxychloe andina* (9,2 %), *Anatherostipa rosea* (7,3 %), *Baccharis tola* (5,7 %) y *Werneria pygmaea* (2,8 %). Figura 7-125.

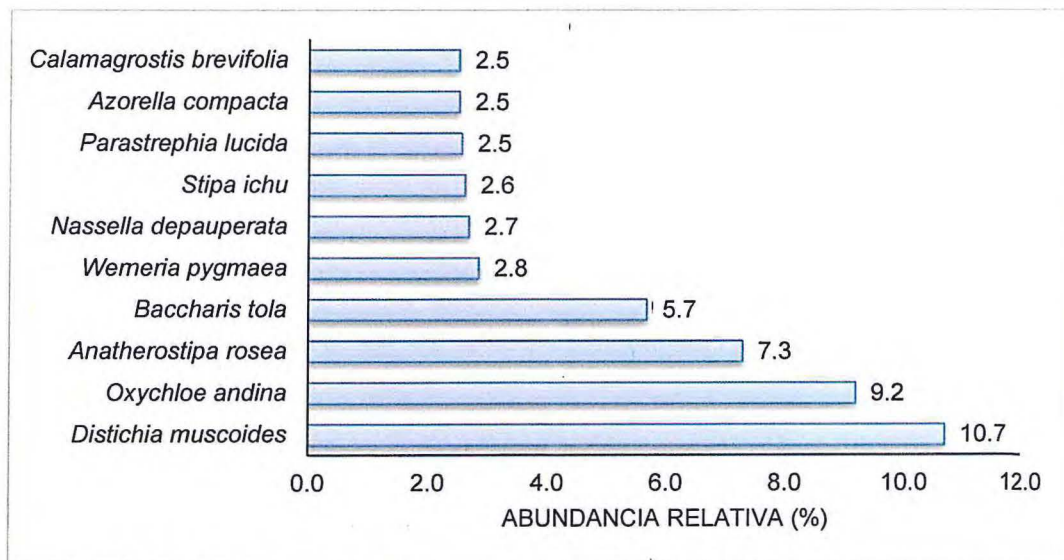


Figura 7-125. Especies vegetales con mayor abundancia relativa



Vertical handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin.



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

- **Abundancia relativa por formación vegetal**

a. Bofedal

Las especies registradas con mayor abundancia relativa en esta formación pertenecen principalmente a las familias Juncaceae, Asteraceae y Poaceae, aunque entre ellas tenemos a especies de las familias Rosaceae y Plantaginaceae. Las especies con mayor abundancia relativa fueron *Distichia muscoides* con 17,2 %, esta especie es una de las especies principales que forman este tipo de ecosistemas y *Oxychloe andina* con 20,8 % especie propia de bofedales al sur del Perú. Entre otras especies dominantes se registraron a *Wemeria pygmaea* (6,4 %), *Calamagrostis brevifolia* (5,7 %), *Calamagrostis chrysantha* (4,2 %) y *Lachemilla diplophylla* (4,1 %), todas especies higrófilos³¹; también se registraron a *Plantago tubulosa* (3,6 %) y *Calamagrostis rigescens* (3,4 %) (Figura 7-126).

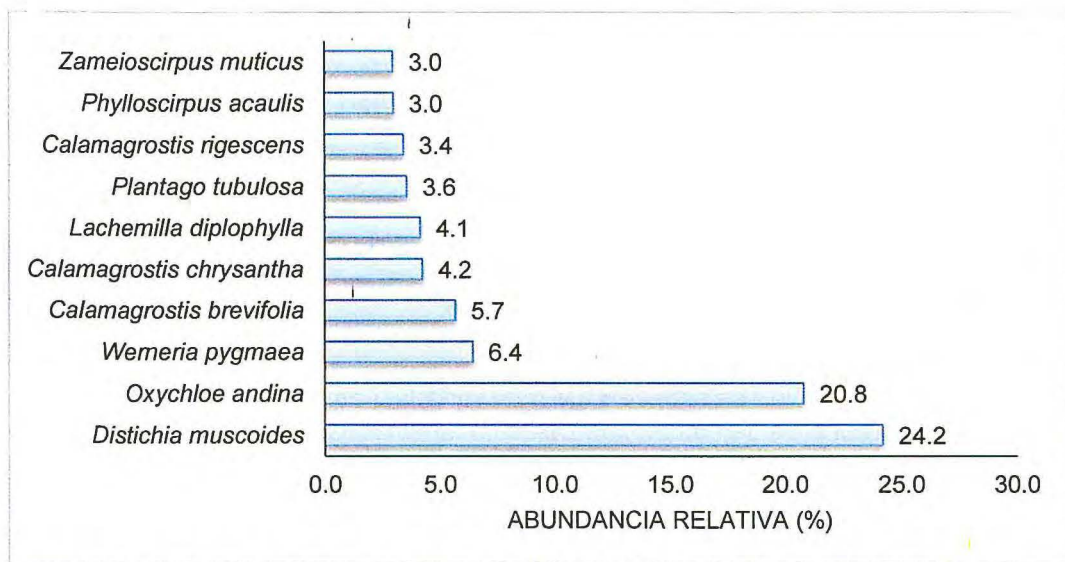


Figura 7-126. Especies vegetales con mayor abundancia relativa en el bofedal

b. Matorral mixto

Las especies registradas con mayor abundancia relativa en esta formación pertenecen principalmente a las familias Asteraceae y Poaceae. Las especies con mayor abundancia relativa fueron *Baccharis tola* con 20,8 % y *Anatherostipa rosea* con 14,7 %, especies que forman principalmente el estrato arbustivo y los macollos que alternan con estos, seguidas de *Parastrephia quadrangularis* (8,1 %) y *Stipa ichu* (7,5 %). Entre otras especies dominantes se registraron a *Parastrephia lucida* (7,0 %), *Nassella depauperata* (6,8 %), *Calamagrostis vicunarum* (6,6 %). Figura 7-127.



Vertical handwritten notes in blue ink, including an upward-pointing arrow and several illegible characters and symbols.

³¹ Especies que tienen una mayor afinidad por el agua.



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

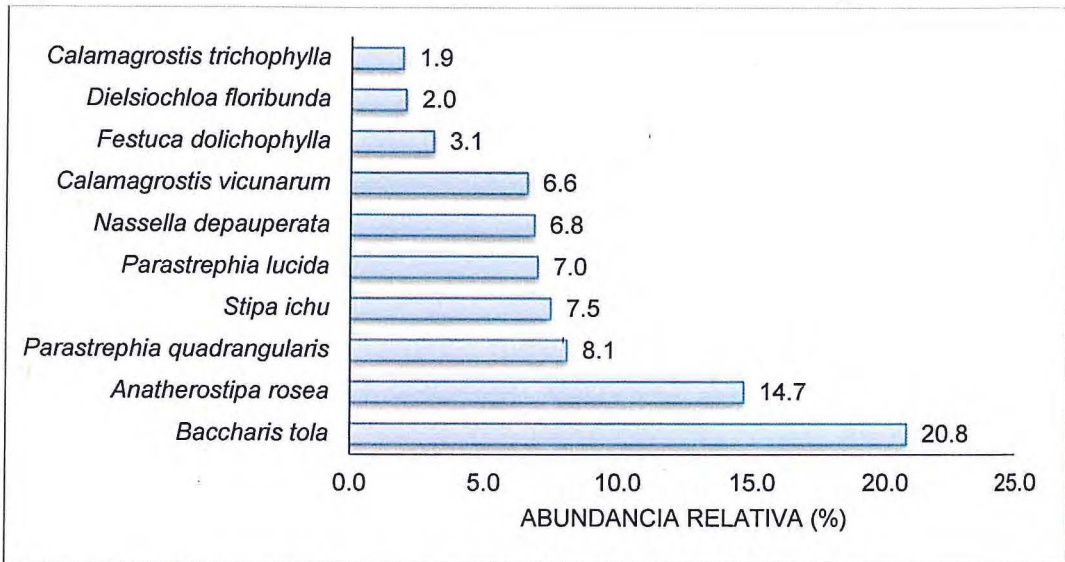


Figura 7-127. Especies con mayor abundancia relativa en el matorral mixto

c. Vegetación de roquedal

Las especies registradas con mayor abundancia relativa en esta formación pertenecen principalmente a las familias Asteraceae, Apiaceae y Poaceae. Las especies con mayor abundancia relativa fueron *Anatherostipa rosea* con 13,0 % y *Azorella compacta* con 7,6 %, seguidas de *Pycnophyllum molle* (5,4 %) y *Calamagrostis cephalantha* (4,8 %). Entre otras especies dominantes registradas tenemos a *Nassella depauperata* (3,6 %), *Calamagrostis breviaristata* (3,6 %), *Anatherostipa hans-meyeri* (7,0 %). Figura 7-128.

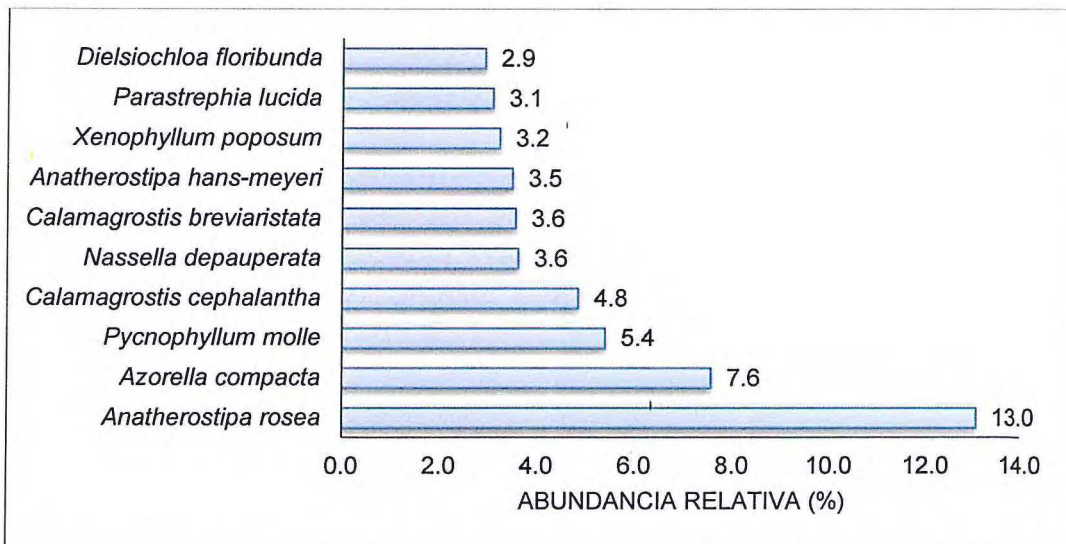


Figura 7-128. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal

d. Vegetación de suelos crioturbados

Las especies registradas con mayor abundancia relativa en esta formación pertenecen principalmente a las familias Asteraceae y Caprifoliaceae. Las especies con mayor abundancia relativa fueron *Xenophyllum weddellii* con 42,9 % y *Senecio nutans* con 28,6 %. Entre otras especies tenemos a *Stangea sp.* (14,3 %) (Figura 7-129).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including a large arrow pointing up and several initials.



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

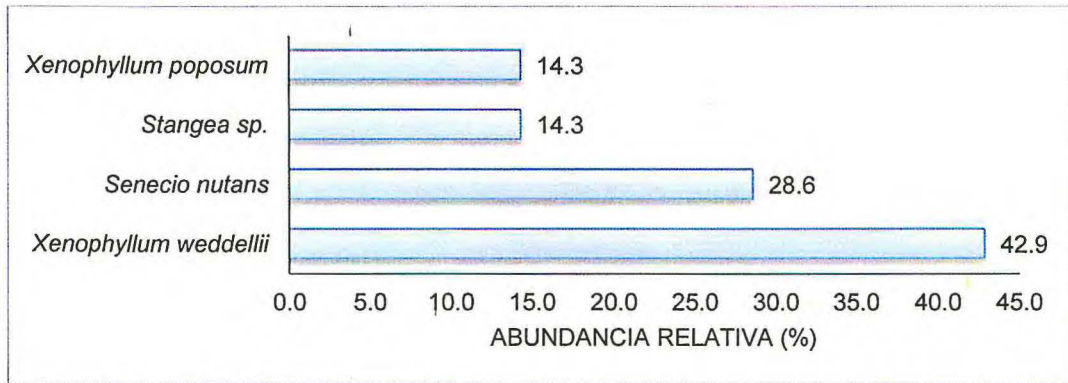


Figura 7-129. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de suelos crioturbados

- **Abundancia relativa por microcuenca**

- a. Microcuenca Agani-Ansamani
- i. Zona Japucucho-Agani 2 (EF4)

En esta zona las especies registradas con mayor abundancia relativa en el bofedal pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Juncaceae. La especie con mayor abundancia relativa fue *Oxychloe andina* con 30,6 %, seguidas de *Calamagrostis brevifolia* con 17,0 % y *Distichia muscoides* con 14,9 %. Entre otras especies dominantes se registraron a *Calamagrostis chrysantha* (13,2 %) y *Werneria pygmaea* (7,7%). Figura 7-130.

Las especies registradas con mayor abundancia relativa en el matorral mixto pertenecen principalmente a las familias Asteraceae y Poaceae. La especie con mayor abundancia relativa fue *Baccharis tola* con 24,5 % especie arbustiva que forma estos ecosistemas, seguidas de *Parastrephia quadrangularis* con 12,0 % y *Calamagrostis vicunarum* con 9,4 %. Entre otras especies dominantes se registraron a *Stipa ichu* (5,9 %) y *Nassella depauperata* (5,4 %). Figura 7-130.

Las especies registradas con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal pertenecen principalmente a las familias Caryophyllaceae, Poaceae y Asteraceae. La especie con mayor abundancia relativa fue *Pycnophyllum molle* con 18,9 %, seguidas de *Calamagrostis cephalantha* con 12,9 % y *Senecio rufescens* con 15 %. Entre otras especies dominantes se registraron a *Xenophyllum poposum* (11,7 %) y *Valeriana nivalis* (8,0 %). Figura 7-130.



Vertical handwritten notes in blue ink, including an upward arrow and the word 'DADA' at the bottom.



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

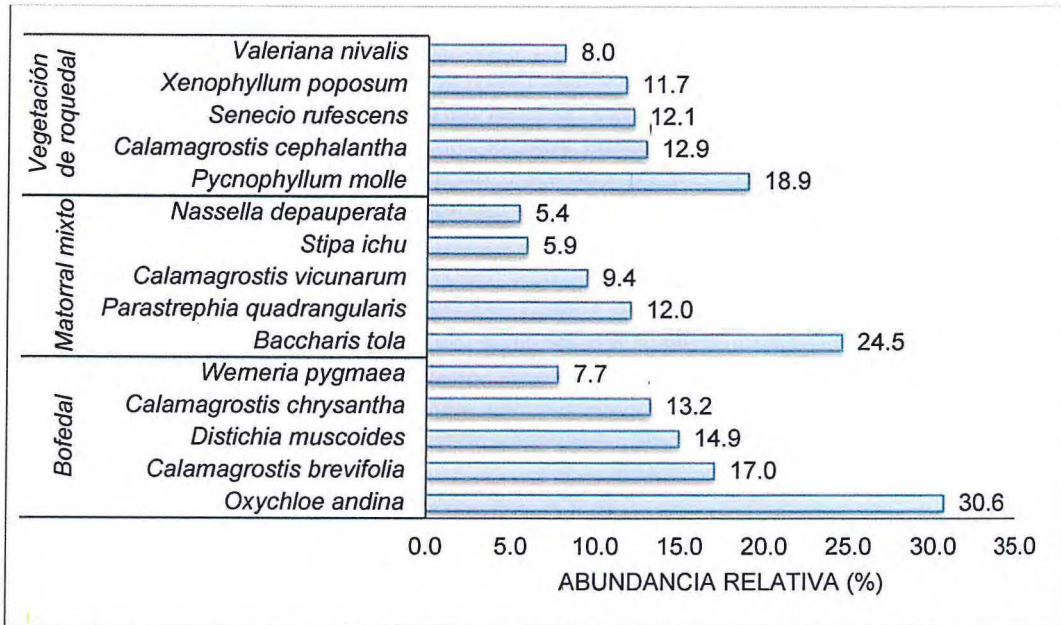


Figura 7-130. Especies con mayor abundancia relativa en la zona Japucucho-Agani 2

ii. Zona Ceniguillayoc-Quilcata (EF2)

En esta zona las especies registradas con mayor abundancia relativa en el bofedal pertenecen principalmente a las familias Juncaceae, Cyperaceae y Asteraceae. La especie con mayor abundancia relativa fue *Distichia muscoides* con 32,2 %, seguidas de *Oxychloe andina* con 13,2 % y *Patosia clandestina* con 10,0 %. Entre otras especies dominantes se registraron *Phylloscirpus acaulis* (6,5 %) y *Wemeria pygmaea* (6,1%) (Figura 7-131).

Las especies registradas con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Asteraceae. La especie con mayor abundancia relativa fue *Anatherostipa rosea* con 21,5 %, seguidas de *Stipa ichu* con 9,6 % y *Loricaria graveolens* con 8,6 %. Entre otras especies dominantes se registraron *Baccharis tola* (7,2 %) y *Nassella depauperata* (4,2 %) (Figura 7-131).

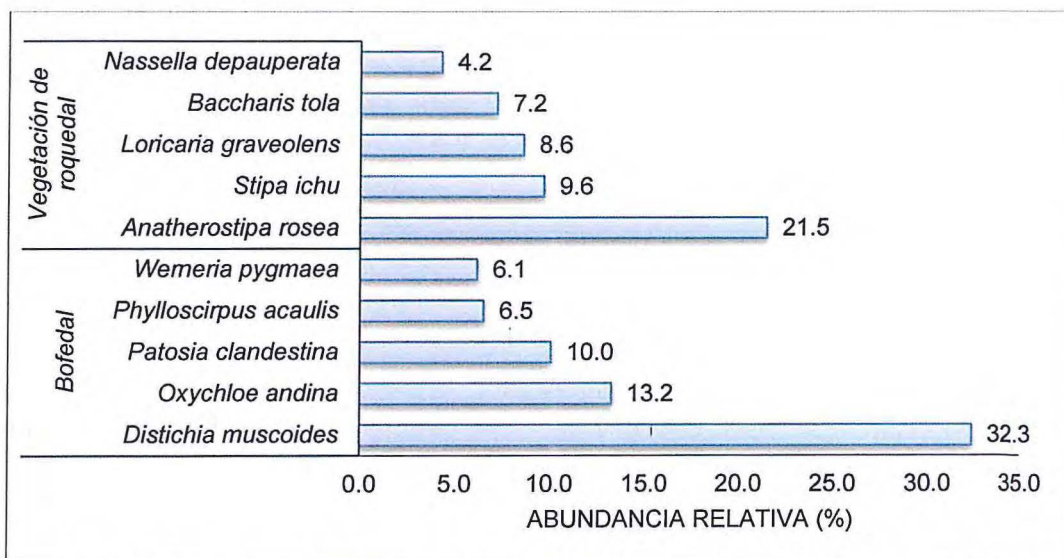


Figura 7-131. Especies con mayor abundancia relativa en la zona Ceniguillayoc-Quilcata



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including an upward-pointing arrow and various initials.



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

iii. Zona Jamochini (EF1)

En esta zona las especies registradas con mayor abundancia relativa en el bofedal pertenecen principalmente a las familias Juncaceae, Rosaceae y Asteraceae. La especie con mayor abundancia relativa fue *Distichia muscoides* con 35,5 %, seguida de *Oxychloe andina* con 24,6 %. Entre otras especies dominantes se registraron *Lachemilla diplophylla* (7,4 %), *Wemeria pygmaea* (7,0 %) y *Plantago tubulosa* (4,0 %). Figura 7-132.

Las especies registradas con mayor abundancia relativa en el matorral mixto pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Asteraceae. La especie con mayor abundancia relativa es *Anatherostipa rosea* con 35,7 %, seguidas de *Baccharis tola* con 17,3 % y *Parastrephia lucida* con 11,9 %. Entre otras especies dominantes se registraron *Nassella depauperata* (5,9 %) y *Parastrephia quadrangularis* (5,5 %). Figura 7-132.

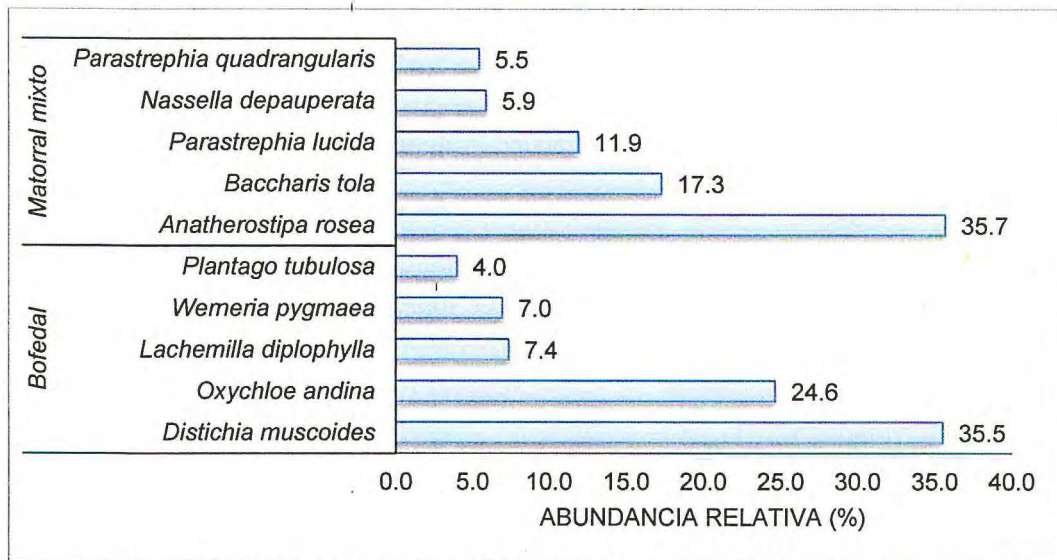


Figura 7-132. Especies con mayor abundancia relativa en formaciones vegetales de la zona Jamochini

iv. Zona Agani-Ansamani (EF3)

En esta zona se evaluó solo la parte alta, correspondiente al sector Pachacutec. En donde las especies registradas con mayor abundancia relativa en el bofedal pertenecen principalmente a las familias Juncaceae, Poaceae y Plantaginaceae. La especie con mayor abundancia relativa fue *Distichia muscoides* con 16,9 %, seguidas de *Oxychloe andina* con 15,7 % y *Festuca rigescens* con 10,0 %. Entre otras especies dominantes se registraron *Plantago tubulosa* (8,3 %) y *Calamagrostis rigescens* (7,7 %). Figura 7-133.

Las especies registradas con mayor abundancia relativa en el matorral mixto pertenecen principalmente a las familias Asteraceae y Poaceae. La especie con mayor abundancia relativa fue *Baccharis tola* con 19,3 %, seguidas de *Stipa ichu* con 11,9 % y *Anatherostipa rosea* con 10,2 %. Entre otras especies dominantes se registraron *Nassella depauperata* (8,9 %) y *Calamagrostis vicunarum* (7,0 %). Figura 7-133.

Las especies registradas con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal pertenecen principalmente a las familias Poaceae, Rosaceae y Caryophyllaceae. La especie con mayor abundancia relativa fue *Anatherostipa rosea* con 32,9 %, seguidas



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including a date '10/10/2017' and initials 'D.P.', 'J.P.', 'R.P.', 'R'.



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

de *Nassella depauperata* con 11,7 % y *Tetraglochin cristatum* con 6,4 %. Entre otras especies dominantes tenemos a *Pycnophyllum molle* (5,5 %) y *Ephedra rupestris* (4,3 %). Figura 7-133.

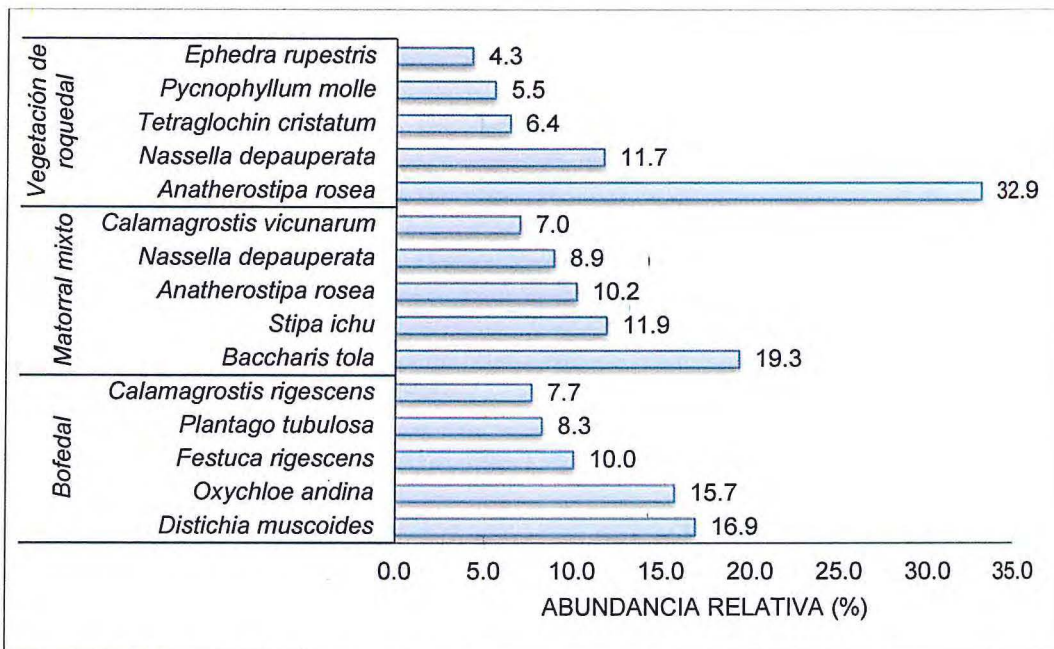


Figura 7-133. Especies con mayor abundancia relativa en la zona Agani-Ansamani

- b. Microcuenca Itapallone (sector Corire)
- i. Zona Apacheta Corire (Zona I)

En esta zona las especies registradas con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal pertenecen principalmente a las familias Apiaceae y Poaceae. La especie con mayor abundancia relativa fue *Azorella compacta* con 20,3 %, seguidas de *Calamagrostis breviaristata* con 10,9 % y *Anatherostipa hans-meyeri* con 9,0 %. Entre otras especies dominantes se registraron *Dielsochloa floribunda* (7,5 %) y *Calamagrostis cephalantha* (6,4 %). Figura 7-134.

Las especies registradas con mayor abundancia relativa en la vegetación de suelos crioturbados pertenecen principalmente a las familias Asteraceae y Caprifoliaceae. Las especies con mayor abundancia relativa son *Xenophyllum weddellii* con 42,9 % y *Senecio nutans* con 28,6 %. Entre otras especies se registraron *Stangea sp.* (14,3 %) Figura 7-134.



Vertical handwritten text and signatures on the left margin.



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

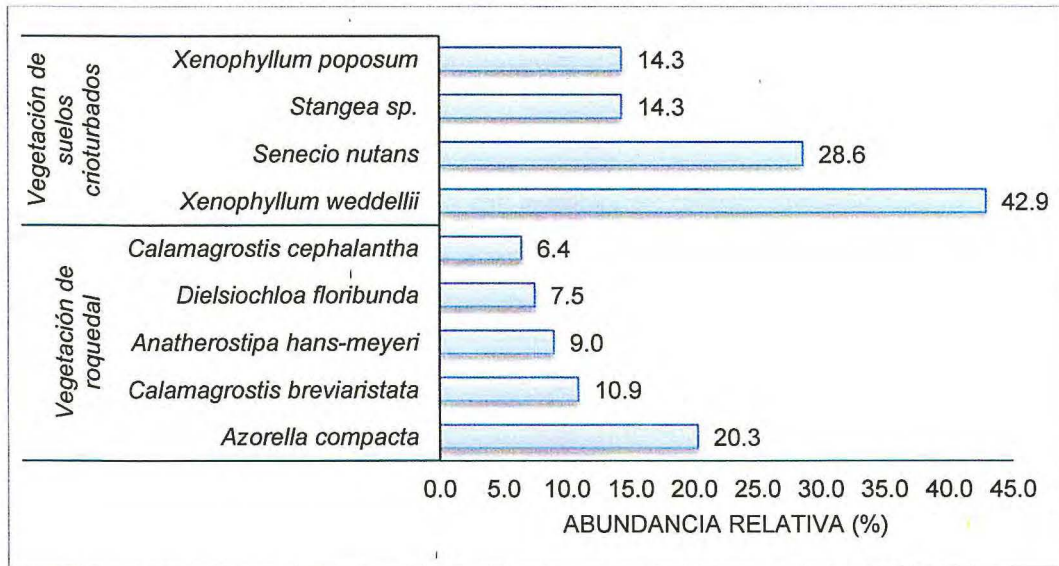


Figura 7-134. Especies con mayor abundancia relativa en la zona Apacheta Corire

7.2.5.3 Análisis de diversidad

- Diversidad alfa

Para los análisis de diversidad se consideraron los datos obtenidos en los transectos evaluados, registrándose un total de 141 especies. Se observó que la riqueza de especies fluctuó por transecto entre 4 y 27 especies por transecto. Los valores de diversidad variaron de acuerdo con la formación vegetal estudiada. Los valores de diversidad representada por el índice de Shannon-Wiener (H') en los transectos realizados fluctuó entre 1,15 y 3,07, el índice de dominancia de Simpson fluctuó entre 0,06 y 0,39, y el índice de equidad fluctuó entre 0,59 y 0,93 (Tabla 7-39).

Tabla 7-40. Índices de diversidad alfa obtenido de los transectos evaluados en los puntos de muestreo presentes en el área de estudio

Microcuenca	Zonas	Ecosistema Frágil	Código T. Evaluado	Formación Vegetal	Riqueza de especies	Equidad	Índice de Dominancia (D)	Índice de Shannon-Wiener (H')
Agani-Ansamani	Japucucho-Agani 2	EF4	SGFL10	Vegetación de roquedal	10	0,90	0,15	2,07
			SGFL11	Vegetación de roquedal	12	0,88	0,14	2,20
			SGFL13	Matorral mixto	25	0,67	0,20	2,14
			SGFL14	Matorral mixto	23	0,82	0,12	2,56
			SGFL18	Matorral mixto	22	0,82	0,10	2,55
			SGFL15	Bofedal	7	0,73	0,28	1,42
			SGFL16	Bofedal	7	0,59	0,39	1,15
			SGFL17	Bofedal	22	0,72	0,21	2,22
	Ceniguillayoc-Quilcata	EF2	SGFL19	Vegetación de roquedal	27	0,93	0,06	3,07
			SGFL21	Vegetación de roquedal	23	0,73	0,17	2,29
			SGFL25	Vegetación de roquedal	22	0,68	0,21	2,10
			SGFL20	Bofedal	19	0,72	0,20	2,13
			SGFL22	Bofedal	19	0,72	0,19	2,12



Vertical handwritten text and signatures on the left margin, including 'DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL' and 'OEFA'.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Microcuenca	Zonas	Ecosistema Frágil	Código T. Evaluado	Formación Vegetal	Riqueza de especies	Equidad	Índice de Dominancia (D)	Índice de Shannon-Wiener (H)
	Jamochini	EF1	SGFL23	Bofedal	15	0,75	0,20	2,04
			SGFL24	Bofedal	11	0,69	0,31	1,64
			SGFL30	Bofedal	12	0,63	0,37	1,56
			SGFL32	Bofedal	15	0,68	0,25	1,84
			SGFL33	Bofedal	15	0,73	0,19	1,99
			SGFL31	Matorral mixto	21	0,73	0,17	2,22
			SGFL34	Matorral mixto	21	0,68	0,21	2,06
	Agani-Ansamani	EF3	SGFL1	Matorral mixto	19	0,78	0,13	2,29
			SGFL2	Matorral mixto	25	0,82	0,10	2,65
			SGFL3	Matorral mixto	19	0,78	0,13	2,30
			SGFL4	Vegetación de rovedal	13	0,54	0,45	1,40
			SGFL5	Vegetación de rovedal	19	0,89	0,10	2,63
			SGFL6	Bofedal	11	0,86	0,15	2,06
			SGFL7	Bofedal	16	0,73	0,20	2,02
			SGFL8	Bofedal	18	0,77	0,15	2,23
			SGFL9	Bofedal	19	0,77	0,15	2,28
			Itapallone (Sector Corire)	Apacheta Corire	Zona I	SGFL26	Vegetación de rovedal	15
SGFL27	Vegetación de rovedal	10				0,90	0,15	2,07
SGFL28	Vegetación de rovedal	9				0,84	0,20	1,84
SGFL29	Vegetación de suelos crioturbados	4				0,92	0,31	1,28

a. Diversidad por formación vegetal

La mayor diversidad representada por el índice de Shannon-Wiener (H') se registró en el matorral mixto con una diversidad promedio de 2,35 nits/individuo, seguida de la vegetación de rovedal con una diversidad de 2,20 nits/individuo; los valores más bajos de diversidad se presentó en los bofedales con un índice de diversidad promedio de 1,87 nits/individuo, y la vegetación de suelos crioturbados con una diversidad promedio de 1,28 nits/individuo, esto se debe principalmente al bajo número de riqueza de especies. Los índices de equidad y dominancia de Simpson, respaldan el índice de Shannon, es así que el matorral mixto presentó el menor índice de dominancia promedio (0,15) registrado, consecuente al índice de equidad promedio (0,76) obtenido; la vegetación de rovedal presentó un índice de dominancia de 0,18 y un índice de equidad de 0,82, el bofedal presentó un índice de dominancia de 0,24 y un índice de equidad de 0,72, y la vegetación de suelos crioturbados presentó un índice de dominancia de 0,31 y un índice de equidad de 0,92 (Figura 7-26).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including the name 'D. P.' and a signature.



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

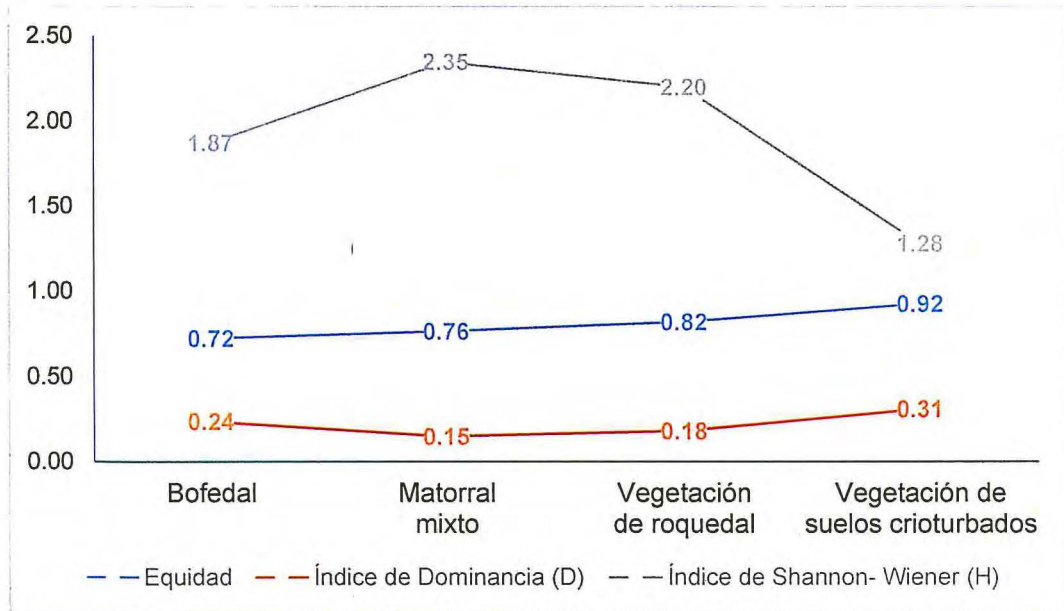


Figura 7-135. Índices de diversidad alfa de las formaciones vegetales presentes en el área de estudio

b. Diversidad por microcuenca

La mayor diversidad representada por el índice de Shannon-Wiener (H') se registran en las zonas Ceniguillayoc-Quilcata y Agani-Ansamani (sector Pachacutec) con una diversidad promedio de 2,20 nits/individuo cada uno, seguida de la zona Japucucho-Agani 2 con una diversidad de 1,96 nits/individuo; en la zona Jamochini se registró una diversidad promedio de 1,93 nits/individuo; y la menor diversidad se presentó en la zona Apacheta Corire con un índice de diversidad de 1,88 nits/individuo. Los índices de equidad y dominancia' de Simpson, respaldan lo mostrado por el índice de Shannon. La zona Ceniguillayoc-Quilcata presentó un índice de dominancia de 0,19 y un índice de equidad de 0,75; la zona Agani-Ansamani presenta un índice de dominancia de 0,18 y un índice de equidad de 0,77; la zona Jamochini presentó un índice de dominancia de 0,24 y un índice de equidad de 0,69; la zona Japucucho-Agani 2 presentó un índice de dominancia de 0,21 y un índice de equidad de 0,76; y la zona Apacheta Corire presentó un índice de dominancia de 0,20 y un índice de equidad de 0,88 (Figura 7-136).



Handwritten notes and signatures on the left margin, including a vertical list of names and a signature at the bottom.



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

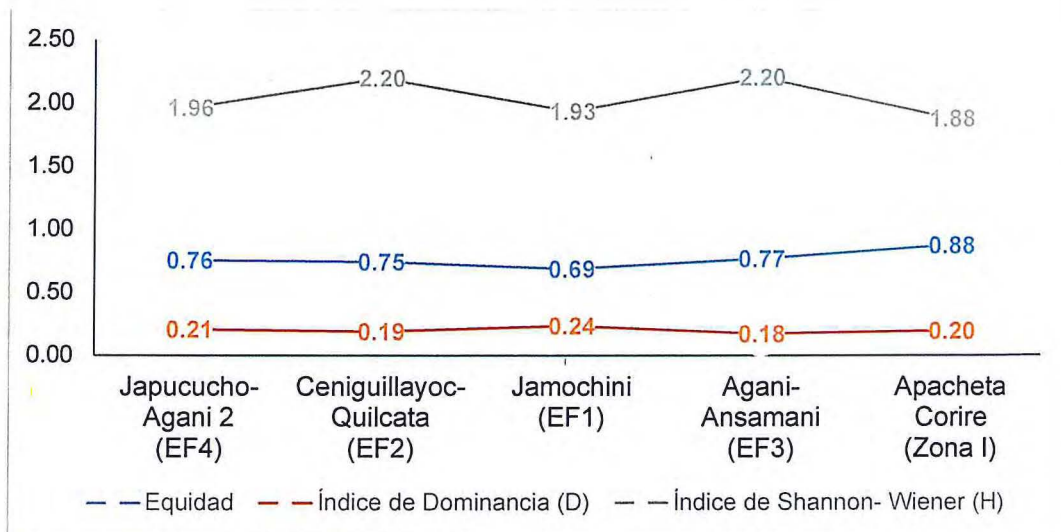


Figura 7-136. Índices de diversidad alfa en las zonas presentes en el área de estudio

- Diversidad beta

a. Similaridad por formación vegetal

En la evaluación se registró un índice de similitud de Morissita bajo (menor a 0,53) entre las formaciones vegetales, evidenciándose que cada formación vegetal tiene un tipo de vegetación característico. Se observó una clara separación entre el bofedal y las otras formaciones con un valor de similitud que varió entre 0 a 0,004. Además, se registró una mayor similitud entre el matorral mixto y la vegetación de roquedal, con un índice de 0,53, lo que indica que hubo más especies compartidas entre estas 2 formaciones con respecto a las demás (Tabla 7-40 y Figura 7-137).

Tabla 7-41. Índices de similitud entre las formaciones vegetales presentes en el área de estudio con el Índice Morissita

Formación vegetal	Bo	Mm	VR	VSC
Bo	1,000	0,004	0,004	0,000
Mm	0,004	1,000	0,532	0,008
VR	0,004	0,532	1,000	0,035
VSC	0,000	0,008	0,035	1,000

Bo: Bofedal, Mm: Matorral mixto; VR: Vegetación de roquedal; VSC: Vegetación de suelos crioturbados



Handwritten signature and arrow pointing to the stamp

Vertical handwritten text on the left margin



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

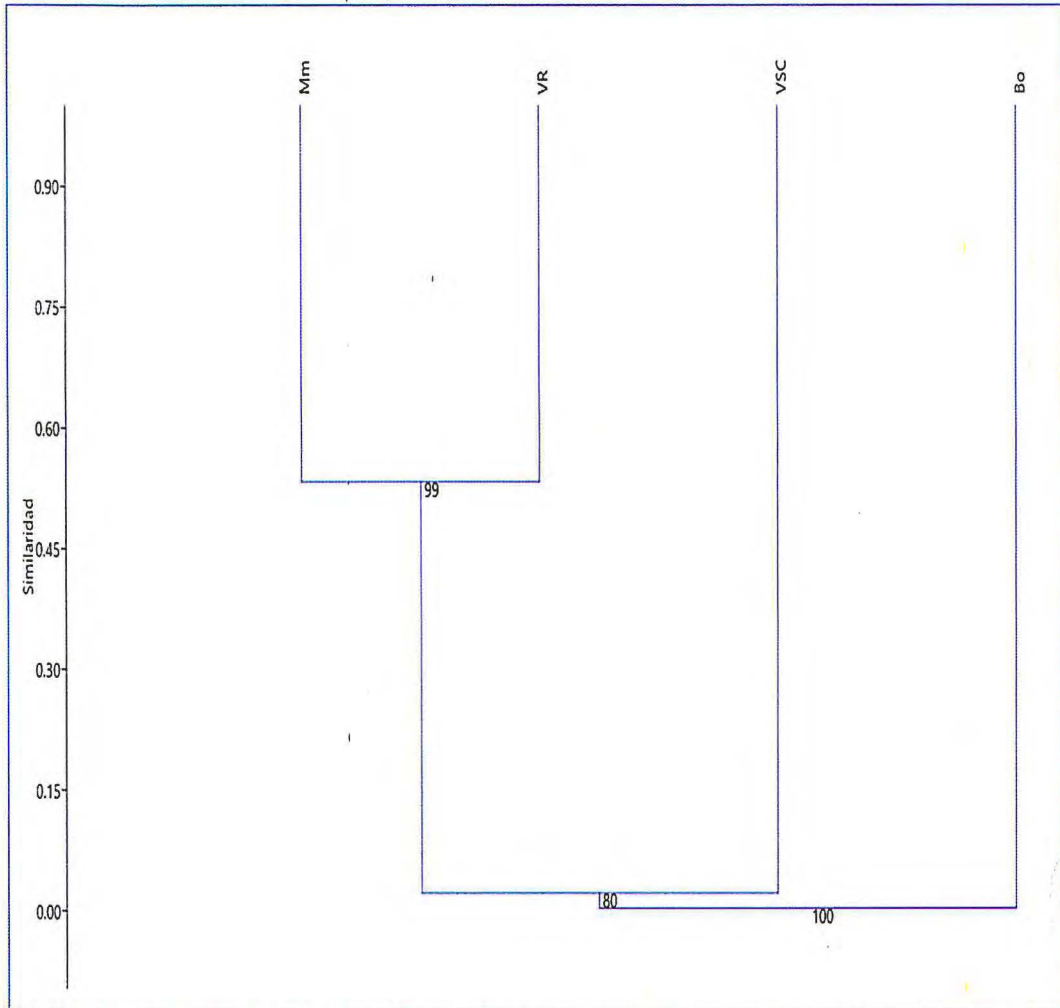


Figura 7-137. Análisis de Clúster de las formaciones vegetales, con el Índice Morisita
Bo: Bofedal, Mm: Matorral mixto; VR: Vegetación de roquedal; VSC: Vegetación de suelos crioturbados

b. Similaridad por Zona

En la evaluación se obtuvo un índice de similitud de Morisita variado (valores de medios a altos), lo que evidencia una similitud en las especies presentes en las diferentes zonas evaluadas, a excepción de la zona Apacheta Corire, el cual presentó una vegetación diferente. La mayor similitud se presentó entre las zonas Japucucho-Agani 2 y Ceniguillayoc-Quilcata con un índice de similitud de 0,87, al igual que las zonas Jamochini y Ceniguillayoc-Quilcata las que también presentan un índice de similitud de 0,87, en ambos casos las 2 zonas con mayor índice de similitud se encuentran más cercanas entre sí, lo que facilita que haya un mayor número de especies compartidas. Mientras que la menor similitud se presentó entre la zona Apacheta Corire con respecto a las demás zonas con un índice de similitud que varía entre 0,03 y 0,13 (Tabla 7-41 y Figura7-138).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including the word 'SUPER' at the bottom.



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

Tabla 7-42. Índices de Similitud entre las EF/Zonas presentes en el área de influencia proyecto minero San Gabriel con el Índice Morisita

Zonas	Japucucho-Agani 2 (EF4)	Ceniguillayoc-Quilcata (EF2)	Jamochini (EF1)	Agani-Ansamani (EF3)	Apacheta Corire (Zona1)
Japucucho-Agani 2 (EF4)	0,64	0,54	0,65	1,00	0,13
Ceniguillayoc-Quilcata (EF2)	0,87	1,00	0,73	0,54	0,04
Jamochini (EF1)	1,00	0,87	0,76	0,64	0,03
Agani-Ansamani (EF3)	0,76	0,73	1,00	0,65	0,09
Apacheta Corire (Zona I)	0,03	0,04	0,09	0,13	1,00

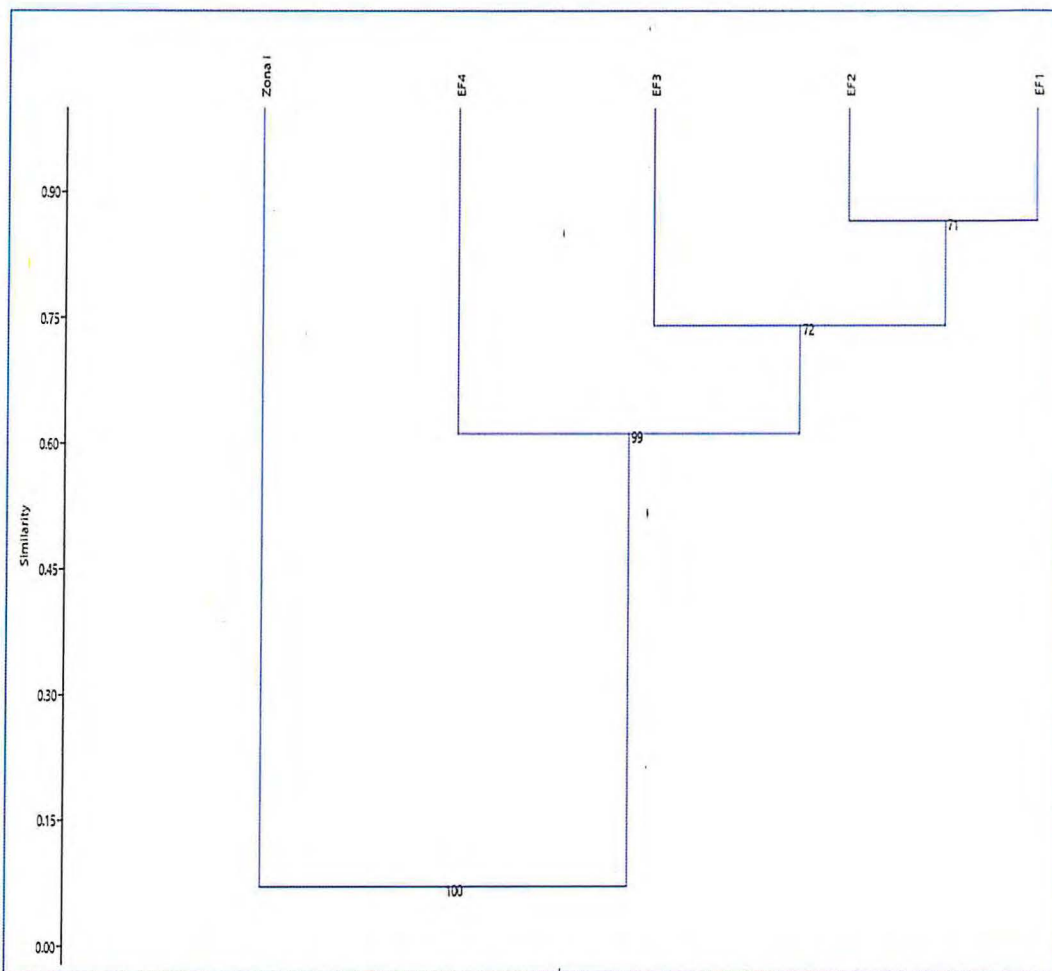


Figura 7-138. Análisis de Clúster de las zonas evaluadas, con el Índice Morisita

7.2.5.4 Análisis NMDS

El análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), utilizando el índice de Morisita, muestra la similaridad entre los puntos evaluados diferenciados bien en 6 grupos. Los transectos agrupados en el grupo 1 corresponden a los puntos evaluados en el bofedal, los transectos agrupados en el grupo 2 corresponden a los puntos evaluados en el matorral mixto, los transectos agrupados en los grupos 3, 4 y 5 corresponden a los puntos evaluados en la vegetación de roquedal y el transecto mostrado en el grupo 6 corresponde al punto evaluado en la vegetación de suelos crioturbados (Figura 7-139). La vegetación de roquedal se separó en 3 grupos, esto se debe a la influencia de otras formaciones sobre este ecosistema, en los grupos 3 y



Handwritten signatures and initials in blue ink, including 'D.P.', 'A.', 'R.', and 'SMAB'.



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

4 estos reciben una mayor influencia del matorral mixto, mientras que en el grupo 5 reciben una mayor influencia de los suelos crioturbados.

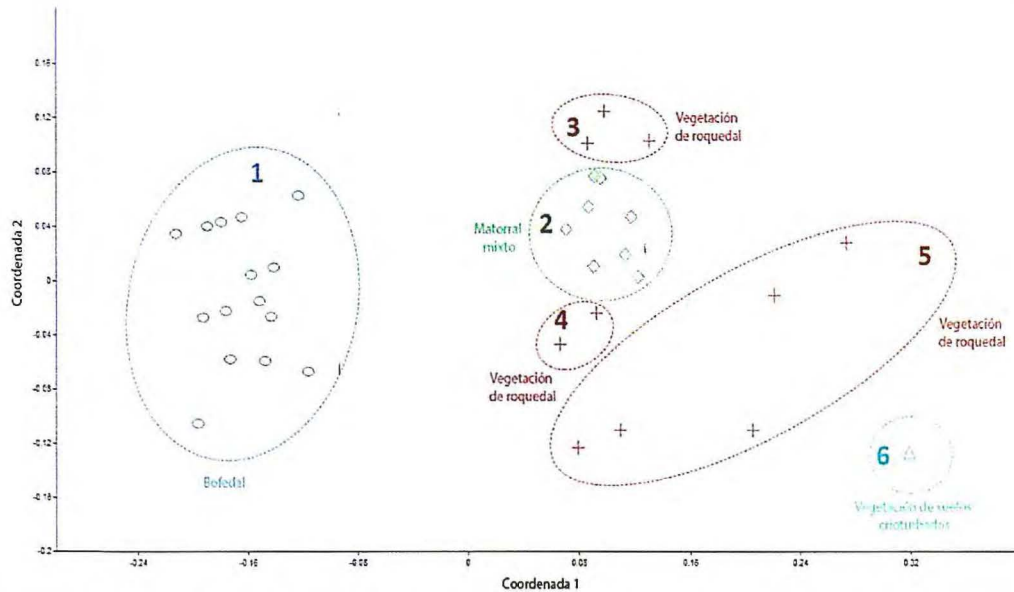


Figura 7-139. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) con los transectos evaluados, con el Índice Morisita



7.2.5.5 Curva de acumulación

De acuerdo con el análisis de la curva de acumulación de especies con los datos obtenidos de los transectos estudiados, muestran que la curva se ajusta bien al modelo de Clench ($R=0.9996$) y que el número máximo de especies predicho fue de 185. No se llegó a obtener una curva asintótica, pero estuvo cerca (Figura 7-140). La evaluación representa el 76,4 % de la flora total estimada para el área de estudio. Sin embargo, se puede observar que con la evaluación cualitativa se logró registrar un número mucho mayor (241 especies) por el modelo, esto se debe a la existencia de variados microhábitats que ayudan a incrementar el número de especies, además del rodal de *Puya* en donde solo se realizó una evaluación cualitativa. Los datos obtenidos en este estudio fueron estadísticamente significativos.

Vertical handwritten notes and signatures in blue ink, including the name 'DANIEL' at the bottom.

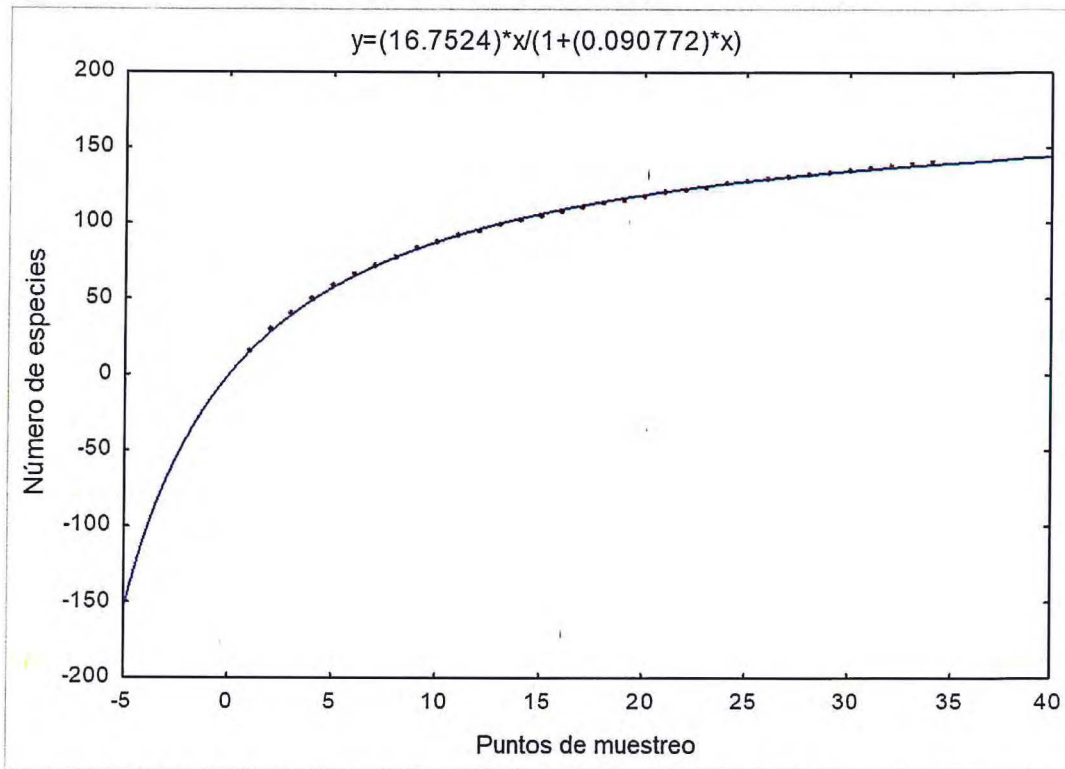


Figura 7-140. Curva de acumulación de especies. Modelo: $v_2=(a*v_1)/(1+(b*v_1))$. Función de Clench

7.2.5.6 Conservación

- Especies amenazadas

De acuerdo con los criterios de estado de conservación de las listas de categorización nacional e internacional, se encontraron 14 especies de plantas vasculares (Tabla 7-42), y representan un 5,3 % del total de las especies registradas en el presente estudio. Siendo la familia Asteraceae la que presenta mayor número de especies.

De las 14 especies, 11 se encuentran protegidas por la legislación peruana según la Categorización Nacional de Especies Amenazadas de Flora Silvestre (DS N.º 043-2006 AG) y se listan en la Tabla 7-42. 2 de ellas se encuentra en Peligro Crítico (CR); *Ephedra rupestris* un arbusto pequeño con hojas escuamiformes y estróbilo femenino maduro de color rojo intenso, escaso en el área de estudio; *Stangea wandae* hierba pequeña con flores amarillas y hojas bulladas, escaso en el área de estudio. 7 especies se encuentra en categoría Vulnerable (VU), *Senecio nutans*, arbusto con flores amarillas escaso en el área de estudio; *Azorella compacta* planta que forma almohadillados compactos de hasta 1 m de altura, con flores pequeñas de color amarillo, frecuente en el área de estudio; *Azorella diapensioides* sufrutice que forman almohadillados planos, con lóculos pequeñas de color amarillo, escaso en el área de estudio; *Parastrephia quadrangularis* arbusto resinoso con hojas es escamiformes y flores amarillas, frecuente en el área de estudio; *Perezia coeruleascens* hierba con flores amarillas rojas o azules, escaso en el área de estudio; *Senecio nutans* arbusto con flores amarillas, frecuente en el área de estudio; *Valeriana nivalis* hierba cespitosa de flores muy pequeñas de color blanco a púrpureo, frecuente en el área de estudio; *Argyrochosma nivea* hierba escasa en el área de estudio. Una especie se encuentra en categoría Casi Amenazado (NT), *Baccharis genistelloides*



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including the name 'P. P.' and other illegible characters.



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

arbusto con tallo triangular alado, y sin hojas, escaso en el área de estudio. Una especie se encuentra en categoría En Peligro (EN), *Puya raimondii* especie con hojas arrosetadas y borde espinoso, forma el rodal de *Puya*.

Tabla 7-43. Especies categorizadas según la Legislación Nacional DS N.º 043-2006 AG, IUCN 2018 y en los Apéndices CITES 2015, presentes en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel

Familia	Especie	Legislación Nacional (DS N.º 043-2006 AG)	IUCN 2018	CITES 2015
Apiaceae	<i>Azorella compacta</i> Phil.	Vu	---	---
Apiaceae	<i>Azorella diapiensioides</i> A.Gray	Vu	---	---
Asteraceae	<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers.	NT	---	---
Asteraceae	<i>Parastrephia quadrangularis</i> (Meyen) Cabrera	Vu	---	---
Asteraceae	<i>Perezia boerulescens</i> Wedd.	Vu	---	---
Asteraceae	<i>Senecio nutans</i> Sch.Bip.	Vu	---	---
Bromeliaceae	<i>Puya raimondii</i> Harms	EN	---	---
Cactaceae	<i>Cumulopuntia boliviana</i> subsp. <i>ignescens</i> (Vaupel) D.R.Hunt	---	---	II
Cactaceae	<i>Lobivia</i> sp.	---	---	II
Caprifoliaceae	<i>Stangea wandae</i> Graebn	CR	---	---
Caprifoliaceae	<i>Valeriana nivalis</i> Wedd.	Vu	---	---
Ephedraceae	<i>Ephedra rupestris</i> Benth.	CR	LC	---
Orchidaceae	<i>Myrosmodes chiogena</i> (Schltr.) C.A. Vargas	---	---	II
Pteridaceae	<i>Argyrochosma nivea</i> (Poir.) Windham	Vu	---	---

---: especie no registrada en esta categoría

CR: Peligro Crítico; Vu: Vulnerable; EN: En Peligro; NT: Casi amenazado; LC: Preocupación Menor.

De las 14 especies 1 se encuentra en la lista roja de la IUCN (2018), en Preocupación Menor (LC), es decir aún se encuentran poblaciones bien conservadas de esta especie (Tabla 7-42).

Respecto a los apéndices CITES (2018), se encontró 3 especies dentro del apéndice II del CITES (Tabla 7-42), 2 de la familia Cactaceae y una perteneciente a la familia Orchidaceae.

- Especies endémicas

Se registraron 11 especies endémicas, donde la familia más diversa fue Asteraceae con el género *Senecio*. Las 11 especies endémicas corresponden al 4,2% del total registradas para el área de estudio. Todas las especies endémicas y su distribución departamental se detallan en la tabla 7-44.

Tabla 7-44. Lista de especies endémicas del Perú, según León et al. (2006) y Montesinos (2014)

Familia	Especie	Distribución departamental
Asteraceae	<i>Chaetanthera peruviana</i> A.Gray	AR, LI, TA
Asteraceae	<i>Senecio crassilodix</i> Cuatrec.	AR
Asteraceae	<i>Senecio macrorrhizus</i> Wedd.	AN, CA, JU, PA
Asteraceae	<i>Senecio moqueguensis</i> Montesinos	MO, AR
Asteraceae	<i>Senecio sykora</i> Montesinos	MO



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including a large arrow pointing upwards and several illegible signatures.



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

Familia	Especie	Distribución departamental
Asteraceae	<i>Senecio tassaensis</i> Montesinos	MO, AR
Calceolariaceae	<i>Calceolaria cuneiformis</i> Ruiz & Pav.	AR, AY
Fabaceae	<i>Lupinus cuzcensis</i> C.P.Sm.	CU, LI
Fabaceae	<i>Lupinus pinguis</i> Ulbr.	HV
Gentianaceae	<i>Gentianella potamophila</i> (Gilg) Zarucchi	AP, AR, AY, CU
Malvaceae	<i>Nototriche argyloides</i> A.W. Hill	AR, MO

AN: Ancash; AP: Apurímac; AR: Arequipa; AY: Ayacucho; CA: Cajamarca; CU: Cuzco; LI: Lima; JU: Junín; MO: Moquegua; PU: Puno; TA: Tacna.

7.2.6 Fauna silvestre

Los resultados de fauna silvestre se describen por cada grupo taxonómico (anfibios y reptiles, aves y mamíferos), donde para cada uno se describió la composición, riqueza, abundancia y diversidad de especies, considerando los hábitats registrados: bofedal, roquedal, matorral mixto, suelos crioturbados. Es importante mencionar que para el caso de aves se evaluó también el Hábitat Rodal de puyas.

Adicionalmente, se realizó la descripción de la composición, riqueza, abundancia y diversidad de especies, considerando las microcuencas evaluadas por cada grupo taxonómico: Agani-Ansamani (sector Pachacutec) y la microcuenca Ceniguillayoc-Quillacata. Para el caso de aves también se evaluó la microcuenca Itapallone (sector Corire).

7.2.6.1 Anfibios y reptiles

A. Composición y abundancia de anfibios y reptiles

Durante las evaluaciones se registraron 2 especies de anfibios, pertenecientes al orden Anura, *Telmatobius peruvianus* «rana acuática marmoleada» de la familia Telmatobiidae y *Pleurodema marmoratum* «sapo marmoleado de 4 ojos» de la familia Leptodactylidae, ambos pertenecientes al orden Anura.

Respecto a los reptiles se registró la especie *Liolaemus cf. signifer* «Lagartija rubricauda» de la familia Liolaemidae, orden Squamata. (Tabla 7-44).

Anfibios y reptiles presentaron abundancias importantes, lográndose registrar 66 individuos adultos de las 2 especies de anfibios registrados y hasta 451 larvas (Figura 7-141 y Figura 7-142). En cuanto a los reptiles se registró un total de 54 individuos entre adultos y subadultos (Figura 7-142).

Tabla 7-45. Especies de anfibios y reptiles registrados en el área de estudio

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común*	Nombre local
Amphibia	Anura	Telmatobiidae	<i>Telmatobius peruvianus</i>	Rana acuática de Perú	K'ayra
		Leptodactylidae	<i>Pleurodema marmoratum</i>	Sapo marmoleado de 4 ojos	Sapo
Reptilia	Squamata (Sauria)	Liolaemidae	<i>Liolaemus cf. signifer</i>	Lagartija rubricauda	Lagartija

* Traducido al español del nombre común en inglés utilizado en la lista de especies amenazadas de la UICN (2018)



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including the name 'D. P.' and various initials.



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

La rana *Telmatobius peruvianus* o «k'ayra» fue la especie de anfibio más abundante, se registró un total de 46 adultos entre hembras y machos y 303 renacuajos en diferentes estadios de desarrollo (Figura 7-141 y Figura 7-142). Presentó una amplia distribución en el área de estudio, registrándose entre los 4516 y 4952 m s.n.m, únicamente en el hábitat de bofedal de la microcuenca Agani-Ansamani (EF1, EF2, EF3 y EF4). No se registró en la parte alta de la microcuenca Itapallone, aunque en esta área las evaluaciones se enfocaron solo en el sector de Atiñayoc. Sus registros se realizaron mediante las evaluaciones de VES y transectos en hábitats acuáticos, pero principalmente mediante esta última metodología (Figura 7-141 y Figura 7-142).

La otra especie de anfibio, el sapo *Pleurodema marmoratum*, fue la especie de menor abundancia registrando un total de 20 individuos adultos y 82 renacuajos (Figura 7-141 y Figura 7-142). Al igual que la especie anterior, su distribución se restringe a la microcuenca Agani-Ansamani, entre los 4521 y 4872 m s.n.m., habiendo sido registrada en los hábitats de bofedal y matorral mixto mediante las 2 metodologías utilizadas, pero estuvo mejor representada en la evaluación de VES.

La lagartija *Liolaemus cf. signifer*, fue la especie más abundante y más frecuente en el área de estudio, se registraron un total de 54 individuos, mediante la técnica VES y registros oportunistas (RO) (Figura 7-141). Esta especie fue registrada en las microcuencas Agani-Ansamani e Itapallone (zona I) entre los 4596 y 1952 m s.n.m., en los hábitats de bofedal, matorral mixto, roquedal y suelos crioturbados.



Vertical handwritten notes in blue ink, including a signature and the name 'D. P. R.'.

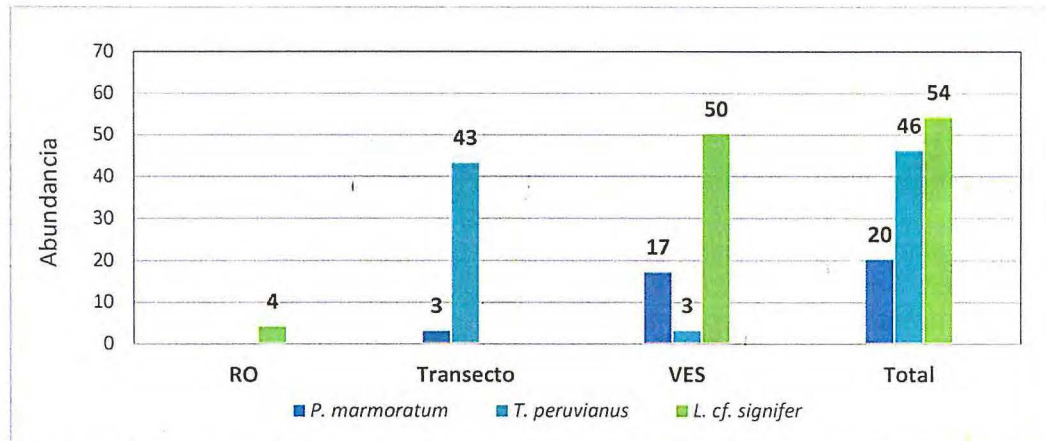


Figura 7-141. Abundancia de los individuos adultos de las especies de anfibios y reptiles

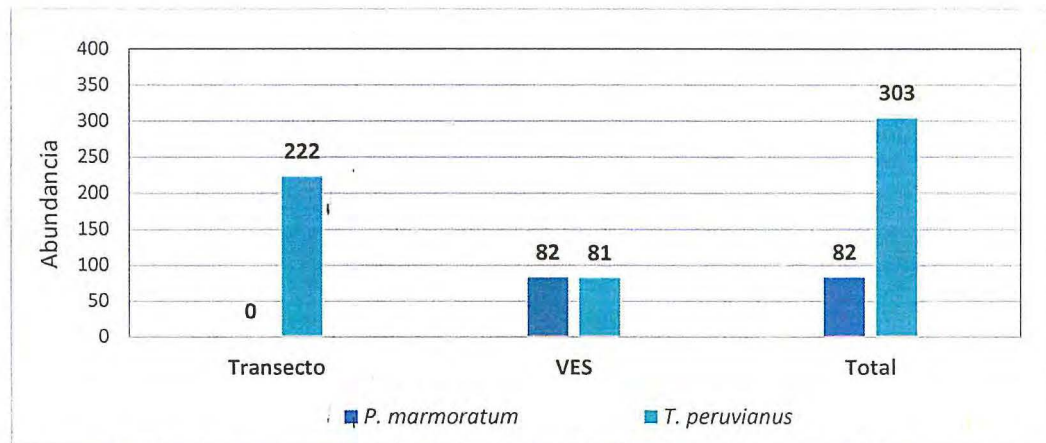


Figura 7-142. Abundancia de estadios prematamórficos (larvas) de las especies de anfibios y reptiles



B. Descripción de la herpetofauna por tipo de hábitat

En esta sección se presenta y analiza los resultados sobre la riqueza y abundancia de especies de anfibios y reptiles (herpetofauna³²), diversidad y similitud registradas en el área de estudio considerando el tipo de hábitat.

Para realizar las comparaciones de abundancia de especies entre los hábitats, se calculó la abundancia relativa en base al esfuerzo de muestreo invertido durante las evaluaciones de los VES y transectos en hábitats acuáticos, calculado en la unidad de horas-hombre.

Se presentan por separado los datos de las larvas y adultos de anfibios, debido a que son 2 estadios de desarrollo diferentes que son ecológicamente independientes (Duellman y Trueb, 1986). En la mayoría de los estudios de evaluación de impacto ambiental (EIA) no se considera el conteo de los renacuajos debido a que no siempre la abundancia premetamórfica garantiza una similar presencia y abundancia de individuos postmetamórficos (Molina, 2003; Angulo *et al.* 2006). Sin embargo, es importante considerar la presencia y abundancia de larvas o renacuajos debido a que el inventario o monitoreo de un solo estadio (huevos, larvas o adultos) puede brindar resultados sesgados sobre la población de anfibios estudiada (Angulo *et al.* 2006).

Riqueza y abundancia de anfibios y Reptiles por tipo de hábitat

En el área de estudio se evaluó la herpetofauna asociada a los hábitats de bofedal, matorral mixto, roquedal y suelos crioturbados.

El estudio estuvo enfocado a la evaluación de los ecosistemas frágiles, por lo que se realizó diferente esfuerzo de muestreo en cada hábitat. Se evaluaron entre 6 y 13 VES por hábitat y en el caso de suelos crioturbados se evaluó solo un VES en la microcuenca Itapallone-Zona I (Tabla 7-45), porque es una formación poco definida asociada a roquedales. Los transectos en hábitats acuáticos se instalaron principalmente en bofedal y matorral mixto, más no en los otros tipos de hábitat porque no se hallaron cuerpos de agua en estos (Figura 7-143).

Tabla 7-46. Esfuerzo de muestreo por formación vegetal en el área de estudio

Formación vegetal	VES	Esfuerzo* (horas-hombre)	Transectos	Esfuerzo* (horas-hombre)	Esfuerzo* Total (horas-hombre)
Bofedal	6	6,53	8	15,4	21,93
Matorral mixto	8	9,07	1,	2,63	11,70
Roquedal	13	14,53	---	---	14,53
Suelo crioturbado	1	1	---	---	1
Total	28	31,13	9	18,03	49,16

*Esfuerzo de muestreo realizado por dos evaluadores, --- indica que no se evaluó ese hábitat

En general, los anfibios estuvieron presentes solo en los hábitats de bofedal y matorral mixto, siendo más abundantes y diversos en el primero (Figuras 7-143 y 7-144). Los reptiles, que solo registraron una especie, estuvieron presentes en todos los hábitats,

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



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

pero fueron más abundantes en el hábitat de matorral mixto, seguido de roquedal y poco abundantes en los hábitats de suelo crioturbado y bofedal (Figura 7-143).

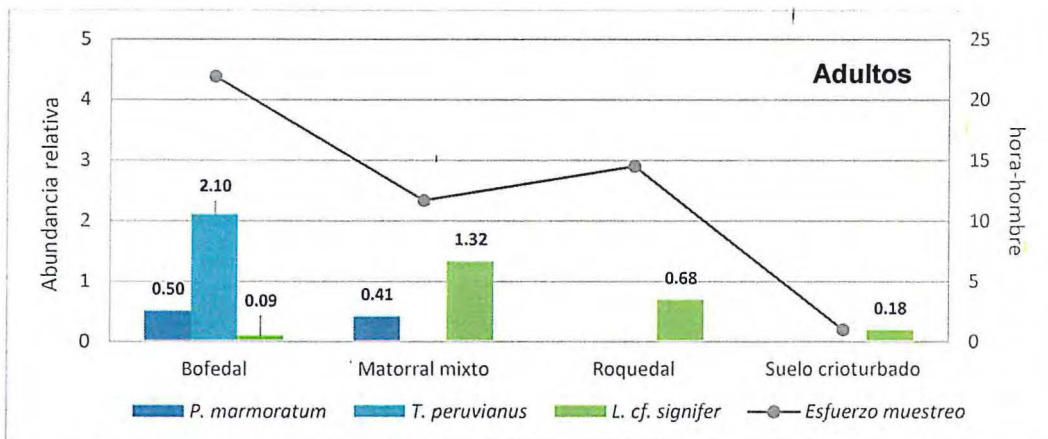


Figura 7-143. Abundancia relativa (hora-hombre) de anfibios y reptiles adultos registrados en VES y transectos, en los hábitats evaluados

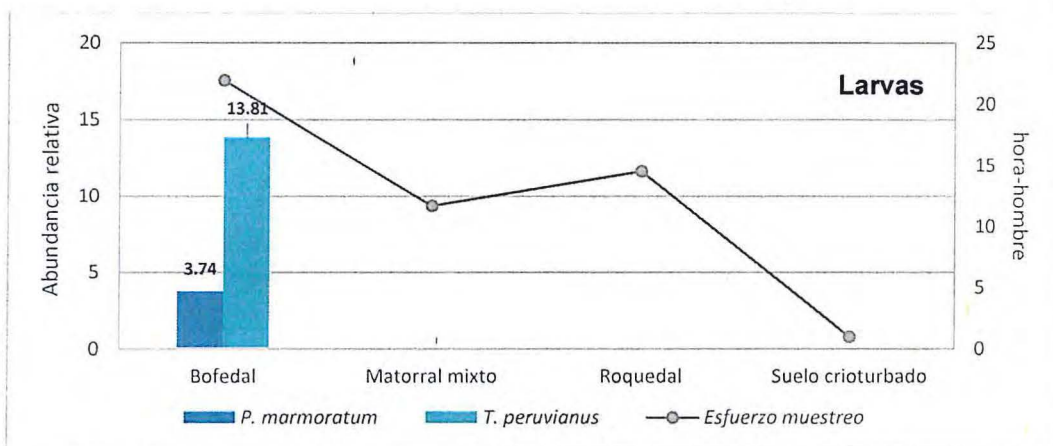


Figura 7-144. Abundancia relativa (hora-hombre) de anfibios en fase premetamorfica (larval), registrados en las evaluaciones de VES, en los hábitats evaluados

• Bofedal

En el área de estudio se evaluaron 4 bofedales ubicados en la microcuenca Agani-Ansamani, los cuales forman parte de los ecosistemas frágiles con sus hábitats asociados (EF). Este hábitat fue el más diverso, registrando un total de 3 especies (Figura 7-143, 7-144 y Tabla 7-3).

Los anfibios fueron los más abundantes y diversos en el hábitat de bofedal (Figura 7-143 y 7-144). La especie más abundante fue la rana *Telmatobius peruvianus* con 46 adultos y 303 renacuajos, habiéndose registrado en todas las zonas de evaluación y EF respectivos, tanto en transectos como en VES. Sin embargo, fue más conspicua durante la evaluación de transectos (Tabla 7-46). Los adultos y larvas se hallaron en cursos de agua y pozas dentro del bofedal.

La segunda especie más abundante fue el sapo *Pleurodema marmoratum* que también se registró en todos los bofedales y zonas de evaluación correspondientes con un total de 11 adultos y 81 renacuajos, hallados principalmente mediante VES (Tabla 7-46). Todos los renacuajos fueron hallados en pozas estacionarias de poca



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including 'P.P.', 'A.', 'R.', and 'D.M.P.' with arrows pointing to the text.



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

profundidad y los adultos bajo piedras cerca a dichas pozas o en zonas húmedas en el límite externo de los bofedales.

En este tipo de hábitat los reptiles, representados por la lagartija *Liolaemus cf. signifer*, presentaron poca abundancia (Figura 7-143) registrando un total de 2 individuos durante la evaluación de VES, en las zonas Ceniguillayoc-Quilcata (EF 2) y Japucucho-Agani 2 (EF 4), adicionalmente se registró 1 individuo mediante un registro oportunista en la zona Ceniguillayoc-Quilcata (EF 2) (Tabla 7-46). Esta especie aprovecha las áreas externas del bofedal, donde encuentra refugio bajo los cojines de vegetación seca.

Tabla 7-47. Anfibios y reptiles registrados en el hábitat de bofedal en el área de estudio

Zona	EF	Especie	Transecto		VES		RO
			Adulto	Larva	Adulto	Larva	Adulto
Microcuenca Agani-Ansamani							
Jamochini	EF 1	<i>Pleurodema marmoratum</i>	1	0	0	0	0
		<i>Telmatobius peruvianus</i>	18	76	0	0	0
Ceniguillayoc-Quilcata	EF 2	<i>Pleurodema marmoratum</i>	0	0	0	32	0
		<i>Telmatobius peruvianus</i>	0	2	1	5	0
		<i>Liolaemus cf. signifer</i>	0	0	1	0	1
Agani-Ansamani (Pachacutec)	EF 3	<i>Pleurodema marmoratum</i>	0	0	6	50	0
		<i>Telmatobius peruvianus</i>	5	55	2	76	0
Japucucho-Agani 2	EF 4	<i>Pleurodema marmoratum</i>	2	0	2	0	0
		<i>Telmatobius peruvianus</i>	20	89	0	0	0
		<i>Liolaemus cf. signifer</i>	0	0	1	0	0

EF: Ecosistema frágil, VES: búsquedas por encuentros visuales, RO: Registro oportunista

• Matorral mixto

Este hábitat se caracterizó por la presencia de vegetación arbustiva mezclada con pajonal o plantas cespitosas. Se evaluó en las microcuencas Agani-Ansamani e Itapallone (sector Corire), principalmente mediante la metodología de VES y se instaló 1 transecto de hábitat acuático en la quebrada Atiñayoc.

Este hábitat es el segundo en cuanto a riqueza y abundancia de herpetozoos, registrando una especie de anfibio, el sapo *Pleurodema marmoratum*, y una especie de reptil, la lagartija *Liolaemus cf. signifer* (Figura 7-143, Tabla 7-47).

El grupo más abundante fue el de los reptiles con la lagartija *Liolaemus cf. signifer*, que en este hábitat presentó su mayor abundancia con un total de 29 individuos (Figura 7-143) registrados en la mayoría de las zonas de evaluación y EF (Tabla 7-47), exceptuando la zona Ceniguillayoc-Quilcata (EF 2) donde no se evaluó este tipo de hábitat debido a que predominan otras formaciones como los roquedales. La zona Agani-Ansamani (EF 3) albergó la mayor abundancia de esta especie con un total de 12 individuos (Tabla 7-47).

El sapo *Pleurodema marmoratum*, tuvo una abundancia importante en este hábitat; sin embargo, su distribución estuvo restringida a la zona Japucucho-Agani 2 (EF 4) donde registró un total de 9 adultos (Tabla 7-47).



SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
 ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - MINISTERIO DEL AMBIENTE
 R



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

Tabla 7-48. Anfibios y reptiles registrados en el hábitat de matorral mixto en el área de estudio

Zona	EF	Especie	VES	RO
			Adulto	Adulto
Microcuenca Agani-Ansamani				
Jamochini	EF 1	<i>Liolaemus cf. signifer</i>	5	0
Agani-Ansamani (Pachacutec)	EF 3		10	0
Japucucho-Agani 2	EF 4		2	0
		<i>Pleurodema marmoratum</i>	9	0
Microcuenca Itapallone				
Atiñayoc	Zona I	<i>Liolaemus cf. signifer</i>	12	3

EF: Ecosistema frágil, VES: búsquedas por encuentros visuales, RO: Registro oportunista

• Roquedal

Este hábitat se caracteriza por la presencia de formaciones rocosas de diferente tamaño, se sitúa alrededor y en las cimas de las montañas que rodean los bofedales. Se evaluó únicamente mediante VES, en todas las zonas y EF de las microcuencas Agani-Ansamani e Itapallone (Tabla 7-48).

En roquedal se registró solo la especie *Liolaemus cf. signifer* con un total de 15 individuos, siendo así el segundo hábitat importante en cuanto a abundancia de esta especie (Figura 7-143).

Tabla 7-49. Reptiles registrados en el hábitat de roquedal el área de estudio

Zona	EF	Especie	VES
			Adulto
Microcuenca Agani - Ansamani			
Jamochini	EF 1	<i>Liolaemus cf. signifer</i>	2
Ceniguillayoc-Quilcata	EF 2		3
Agani-Ansamani	EF 3		6
Japucucho-Agani 2	EF 4		1
Microcuenca Itapallone			
Atiñayoc (Sector Corire)	Zona I	<i>Liolaemus cf. signifer</i>	3

VES: búsquedas por encuentros visuales, EF: Ecosistema frágil

• Suelos crioturbados

Los suelos crioturbados se encuentran en las zonas de mayor altitud del área de estudio, son aquellos que están sometidos a la sucesión continua de hielo y deshielo. Este tipo de hábitat fue evaluado sólo en la microcuenca Itapallone (sector Corire) en la Zona I.

Al igual que los roquedales alberga solo una especie de herpetozoo, la lagartija *Liolaemus cf. signifer* con 4 individuos (Tabla 7-49).



D. P. A.
 J. G.
 I.
 J.
 P.
 E.
 A.
 R.

J. M. P. A.



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

Tabla 7-50. Reptiles registrados en el hábitat de suelos crioturbados en el área de estudio

Zona	EF	Especie	VES
			Adulto
Microcuenca Itapallone			
Atiñayoc	Zona I	<i>Liolaemus cf. signifer</i>	4

VES: búsquedas por encuentros visuales, EF: Ecosistema frágil

Diversidad por tipo de hábitat

Se determinó que el hábitat de bofedal fue el más diverso, logrando obtener los valores más altos para los índices de Shannon con 0,62 nits/ind y Simpson 1-D con 0,36 probits/ind (Tabla 7-50). Esto debido a que en los bofedales se hallaron 3 especies; no obstante, obtiene un valor del índice de equidad $J' = 0,57$ menor al del hábitat de matorral mixto debido a que la abundancia de la especie *Telmatobius peruvianus* predomina sobre las otras 2 especies, constituyendo el 78 % (46 individuos) del total de individuos registrados en este hábitat (Tabla 7-46 y Figura 7-145).

Los matorrales mixtos presentaron una abundancia importante con un total de 38 individuos, pero con solo 2 especies alcanzan valores de diversidad menores que el hábitat de bofedal. No obstante, obtiene un índice de equidad mayor $J' = 0,79$, aunque se registró la predominancia de *Liolaemus cf. signifer* que representa el 76 % de los individuos registrados (Tabla 7-50, Figura 7-145).

En los otros 2 hábitats, roquedal y suelos crioturbados, se obtuvieron valores de «0» para los índices de Shannon y Simpson; y nulos para el índice de equidad de Pielou, debido a que en cada uno se registró solo una especie con valores altos de abundancia (Tabla 7-50 y Figura 7-145).

Este análisis se realizó en base a los datos de abundancia de individuos adultos obtenidos en VES y transectos en hábitats acuáticos.

Tabla 7-51. Riqueza, abundancia e índices de diversidad por tipo de hábitat en el área de estudio

Parametros	Bofedal	Matorral mixto	Roquedal	Suelos crioturbados
Riqueza de especies (S)	3	2	1	1
Abundancia total (N)	59	38	15	4
Abundancia <i>P. marmoratum</i>	11	9	0	0
Abundancia <i>T. peruvianus</i>	46	0	0	0
Abundancia <i>L. cf. signifer</i>	2	29	15	4
Índice de Shannon (H')	0,62	0,55	0	0
Índice de Simpson (1-D)	0,36	0,36	0	0
Índice de Equidad (J')	0,57	0,79	---	---
Nro. de VES	6	8	13	1
Nro. de transectos	8	1	0	0

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



↑
 P.
 L.
 A.
 G.
 Y.
 G.
 D.
 E.
 A.
 R.
 J.



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

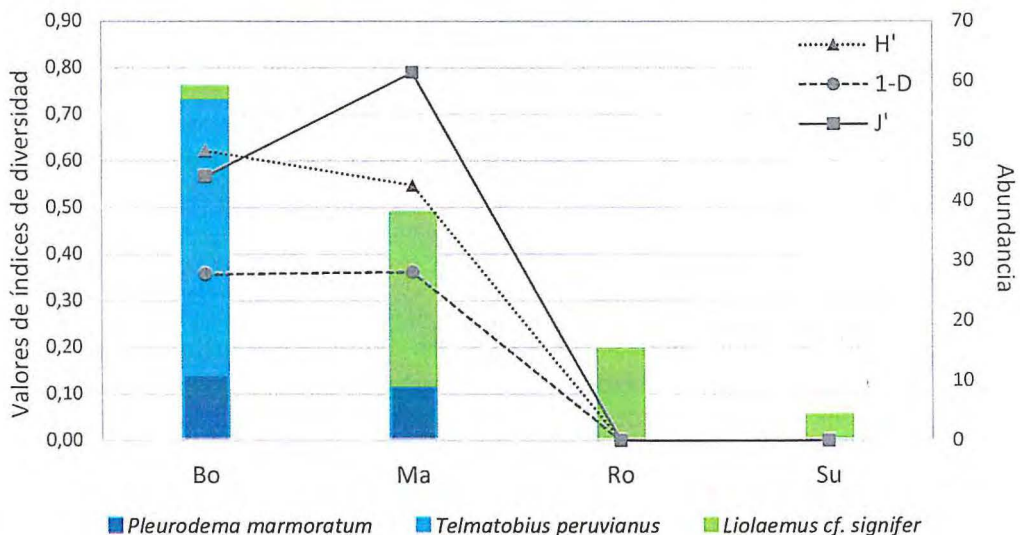


Figura 7-145. Abundancia e índices de diversidad por hábitat evaluado
Donde Bo: bofedal, Ma: Matorral mixto, Ro: Roquedal y Su: Suelos crioturbados

Similaridad por tipo de hábitat

Al comparar la composición de especies entre los tipos de hábitats, se halló que el bofedal se distingue del resto de hábitats que forman un solo grupo (Figura 7-146). Obtuvo valores de similaridad bajos ($M_o = 0,04$ y $0,08$), ya que comparte solo una especie con el matorral mixto o ninguna como ocurre con roquedal y suelos crioturbados, donde se registró solo la lagartija *Liolaemus cf. signifer* (Figura 7-146).

El resto de los hábitats que se agrupan en un solo conjunto (Figura 7-146) obtienen valores de similaridad altos entre $0,93$ y $1,00$ (Tabla 7-51), ya que en estos predomina la especie *Liolaemus cf. signifer* (Figura 7-146).

Tabla 7-52. Valores del índice de similitud de Morisita por microcuenca en el área de estudio

Hábitats	Bofedal	Matorral mixto	Roquedal	Suelo Crioturbado
Bofedal	1,00	0,11	0,04	0,04
Matorral mixto	0,11	1,00	0,93	0,93
Roquedal	0,04	0,93	1,00	1,00
Suelo crioturbado	0,04	0,93	1,00	1,00



Vertical handwritten text on the left margin, including an upward-pointing arrow and various illegible characters.



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

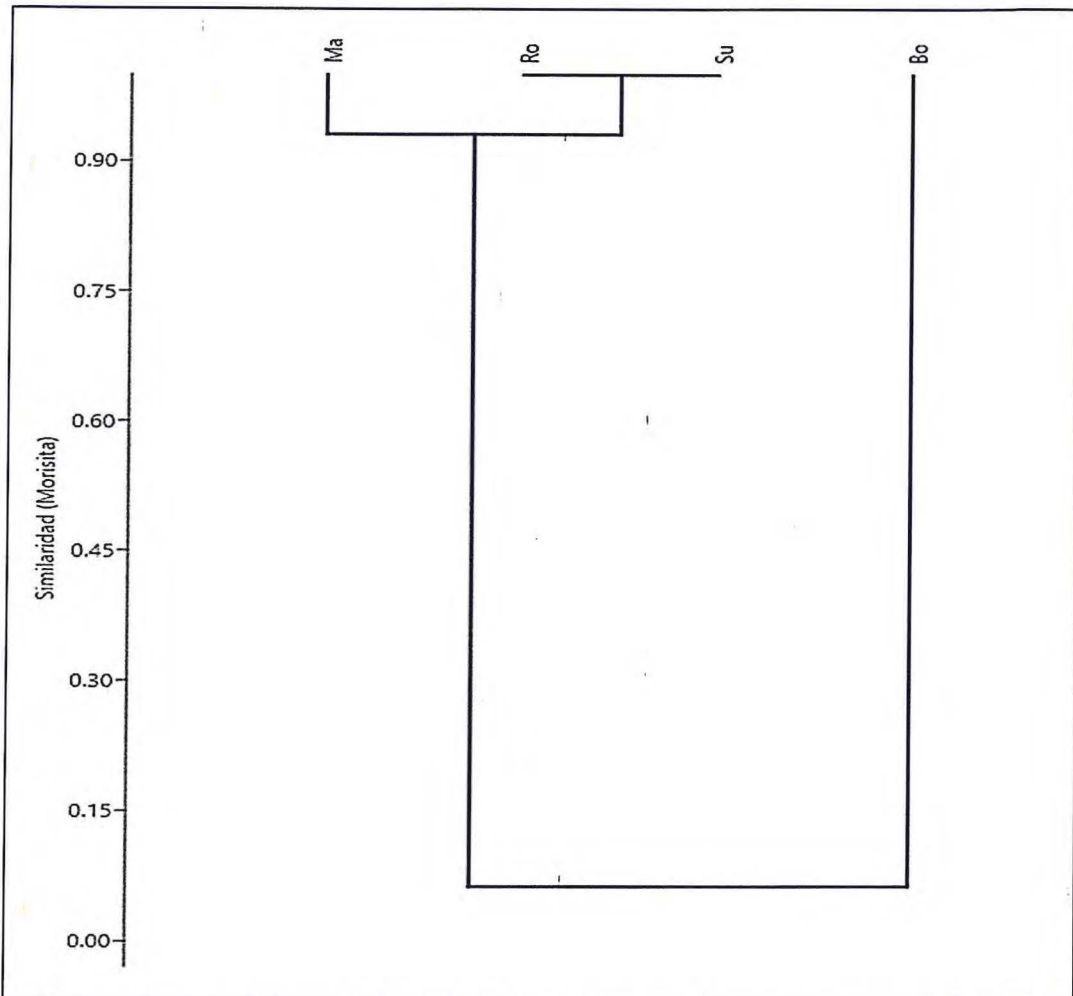


Figura 7-146. Dendrograma de similitud de anfibios y reptiles de los hábitats evaluados Donde: Ma: Matorral mixto, Ro: Roquedal, Su: Suelos crioturbados y Bo: Bofedal

C. Descripción de la herpetofauna por microcuencas

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

Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por microcuenca

La evaluación de anfibios y reptiles se realizó en 2 microcuencas; Agani-Ansamani e Itapallone, en cada una se evaluaron diferentes ecosistemas frágiles (bofedales) con sus hábitats asociados (EF), por lo que el esfuerzo de muestreo varió entre las microcuencas según el número de EF evaluados.

Se realizaron mínimamente 4 VES y 2 transectos en hábitats acuáticos por EF en la microcuenca Agani-Ansamani y 4 VES y 1 transecto en la microcuenca Itapallone (Tabla 7-52).



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing upwards and several illegible signatures.



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

Tabla 7-53. Esfuerzo de muestreo por formación vegetal en el área de estudio

Microcuenca	Zona	EF	VES	Esfuerzo* (horas- hombre)	Transectos	Esfuerzo* (horas- hombre)	Esfuerzo* Total (horas- hombre)
Agani- Ansamani	Jamochini	EF 1	4	4,63	3	6,47	11,10
	Ceniguillayoc- Quilcata	EF 2	6	6,27	1	0,60	6,87
	Agani- Ansamani (Pachacutec)	EF 3	6	6,70	2	4,43	11,13
	Japucucho- Agani 2	EF 4	8	9,33	2	5,27	14,60
Itapallone	Atiñayoc (sector Corire)	Zona I	4	4,20	1	1,27	5,47
Total			28	31,13	9	18,03	49,17

*Esfuerzo de muestreo realizado por dos evaluadores

Al realizar el análisis por microcuenca se halló que los anfibios fueron registrados únicamente en la microcuenca Agani-Ansamani, donde su abundancia y composición varía en cada zona de evaluación y EF (Figuras 7-147 y 7-148).

En general la rana *Telmatobius peruvianus* fue la especie más abundante y estuvo presente en todos los EF. Considerando su abundancia relativa en base al esfuerzo de muestreo (hora-hombre), esta especie presentó mayor abundancia de adultos en las zonas Jamochini (EF 1) y Japucucho-Agani 2 (EF 4), pero una abundancia de larvas considerablemente mayor en la zona Agani-Ansamani (EF 3).

El sapo *Pleurodema marmoratum* tuvo menor abundancia, pero también tuvo una distribución amplia registrándose en todos los EF evaluados. En cuanto a los adultos su abundancia fue mayor en la zona Japucucho-Agani 2 (EF 4) y los individuos en fase premetamórficas (larvas) presentaron similar abundancia en las zonas Ceniguillayoc-Quilcata (EF 2) y Agani-Ansamani (EF 3).

Los reptiles, representados solo por la especie *Liolaemus cf. signifer*, tuvieron una distribución más amplia, fueron abundantes y se registraron en las 2 microcuencas evaluadas; Agani-Ansamani e Itapallone. Al analizar su abundancia relativa, se observa que fue más abundante en la microcuenca Itapallone en la zona de Atiñayoc (zona I), aunque en esta microcuenca se realizó menor esfuerzo de muestreo (Tabla 7-52). En la microcuenca Agani-Ansamani la mayor abundancia de esta especie se registró en la zona Agani-Ansamani (Pachacutec) (EF 3) con un total de 1,44 por hora-hombre (Figura 7-147).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including the name 'D. P.' and a signature at the bottom.



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

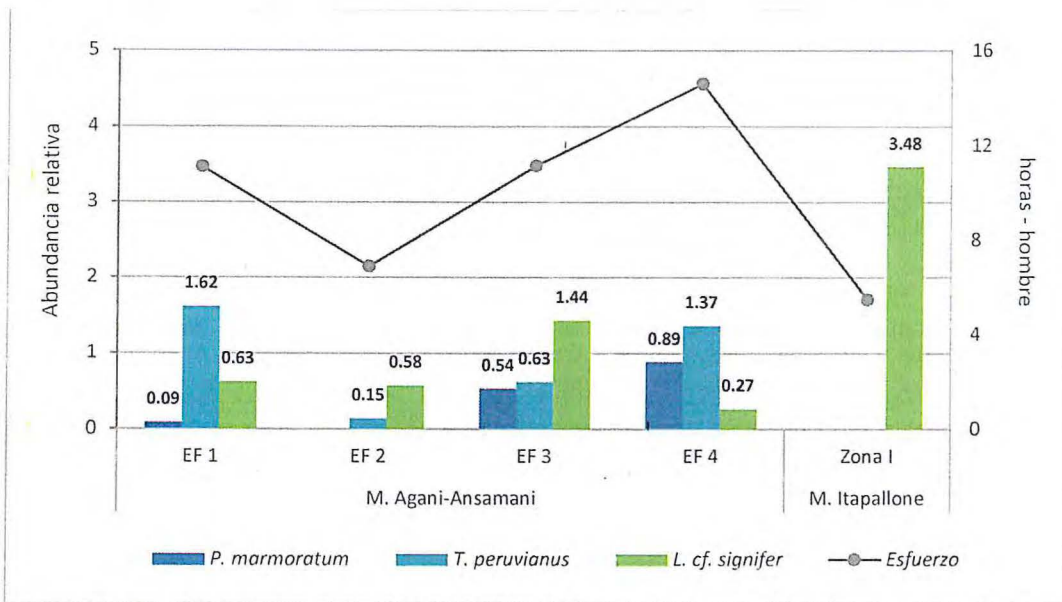


Figura 7-147. Anfibios y reptiles registrados en las evaluaciones de VES y transectos, por EF y microcuenca

Nota: Zona Jamochini (EF 1), Ceniguillayoc-Quilcata (EF 2), Agani-Ansamani (EF 3), Japacucho-Agani 2 (EF 4) y Atiñayoc (Zona I) y EF: Ecosistema frágil

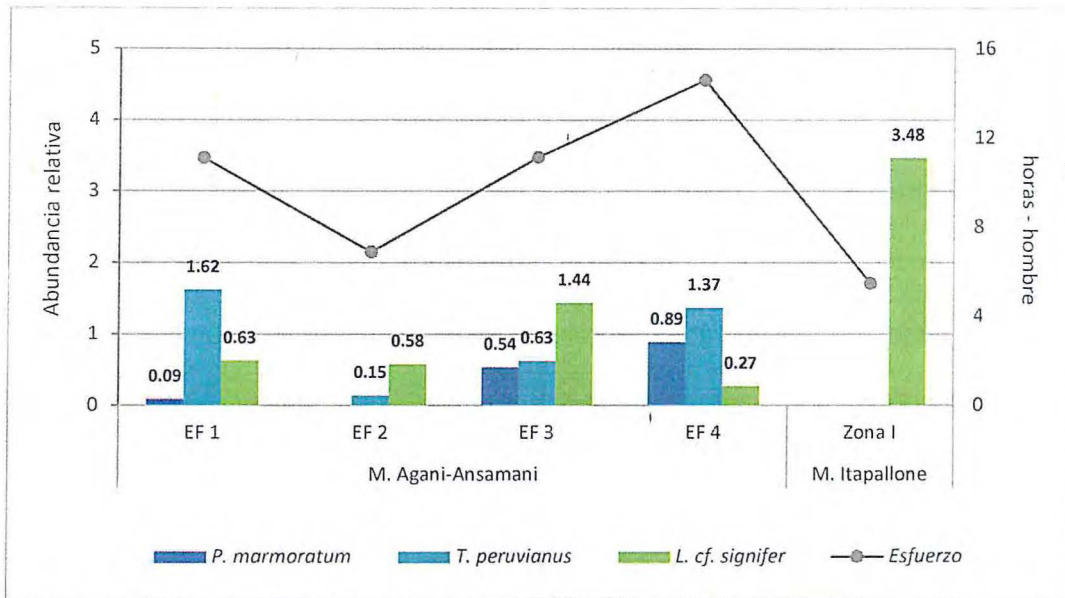


Figura 7-148. Anfibios fase premetamorfica (larval), registrados en las evaluaciones de VES y transectos por EF y microcuenca

Nota: Zona Jamochini (EF 1), Ceniguillayoc-Quilcata (EF 2), Agani-Ansamani (EF 3), Japacucho-Agani 2 (EF 4) y Atiñayoc (Zona I) y EF: Ecosistema frágil

Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including a blue arrow pointing to the stamp and various initials.



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

• **Microcuenca Agani-Ansamani (Pachacutec)**

○ **Zona Jamochini**

En esta zona se evaluó el EF 1, que corresponde al ámbito de las quebradas Jamochini 1 y Jamochini 2, donde se registraron 3 especies de herpetozoos (Tabla 7-53).

Predominó la rana *Telmatobius peruvianus*, que en esta zona registra su mayor abundancia relativa, en cuanto al estadio adulto (Figura 7-147). Esta especie se registró solo en la evaluación de los 2 transectos instalados en las quebradas que alimentan los bofedales Jamochini 1 y 2. Por el contrario, el sapo *Pleurodema marmoratum* presentó una abundancia menor y se registró solo en el ámbito de la quebrada Jamochini 2.

Finalmente, la lagartija *Liolaemus cf. signifer*, fue la segunda especie más abundante en esta zona, con un total de 7 individuos registrados durante las evaluaciones de los VES en los hábitats de matorral mixto y roquedal.

Tabla 7-54. Anfibios y reptiles registrados en la zona Jamochini

Zona	EF	Especie	Transecto		VES
			Adulto	Larva	Adulto
Jamochini	EF 1	<i>Pleurodema marmoratum</i>	1	0	0
		<i>Telmatobius peruvianus</i>	18	76	0
		<i>Liolaemus cf. signifer</i>	0	0	7

VES: búsquedas por encuentros visuales, EF: Ecosistema frágil

○ **Zona Ceniguillayoc-Quilcata**

Corresponde al EF 2 donde se evaluaron los hábitats de bofedal y roquedal. La especie más abundante fue la lagartija *Liolaemus cf. signifer*, registrada mediante VES y un registro oportunista en ambos hábitats. (Tabla 7-54).

Los anfibios en estadio adulto fueron menos abundantes en esta zona, registrando solo un individuo de la rana *Telmatobius peruvianus* en el bofedal, pero al considerar los estadios larvales, la especie que presentó mayor abundancia fue el sapo *Pleurodema marmoratum* (Tabla 7-54).

Tabla 7-55. Anfibios y reptiles registrados en la microcuenca Zona Ceniguillayoc-Quilcata

Zona	EF	Especie	Transecto	VES		RO
			Larva	Adulto	Larva	Adulto
Ceniguillayoc- Quilcata	EF 2	<i>Pleurodema marmoratum</i>	0	0	32	0
		<i>Telmatobius peruvianus</i>	2	1	5	0
		<i>Liolaemus cf. signifer</i>	0	4	0	1

EF: Ecosistema frágil, VES: búsquedas por encuentros visuales, RO: Registro oportunista

○ **Zona Agani-Ansamani (Pachacutec)**

En esta zona se evaluó el EF 3, que está conformado por una formación de bofedal rodeada de matorrales mixtos y roquedales en las partes más altas.



Handwritten vertical notes and signatures on the left margin, including an upward-pointing arrow and the name 'DADA' at the bottom.



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

Predomina la lagartija *Liolaemus* cf. *signifer* con un total de 16 individuos (Tabla 7-55), que estuvieron presentes únicamente en los hábitats de matorral mixto y roquedal.

En cuanto a los anfibios, predominó la rana *Telmatobius peruvianus*, tanto en el estadio adulto como el larvario (Tabla 7-55); que se hallaron únicamente en los cuerpos de agua del bofedal.

Finalmente, el sapo *Pleurodema marmoratum* se registró únicamente mediante VES y presentó una mayor abundancia en fase larvaria, con 50 individuos (Tabla 7-55). Esta especie también estuvo restringida al hábitat de bofedal, se registró en charcos de agua estacionarios ubicados en el borde externo del bofedal.

Tabla 7-56. Anfibios y reptiles registrados en la zona Agani-Ansamani

Zona	Zona EF	Especie	Transecto		VES	
			Adulto	Larva	Adulto	Larva
Agani-Ansamani	EF 3	<i>Pleurodema marmoratum</i>	0	0	6	50
		<i>Telmatobius peruvianus</i>	5	55	2	76
		<i>Liolaemus</i> cf. <i>signifer</i>	0	0	16	0

VES: búsquedas por encuentros visuales, EF: Ecosistema frágil

o Zona Japacucho-Agani 2

La zona Japacucho-Agani 2, donde se evaluó el EF 4, al igual que la anterior se caracteriza por la presencia de un bofedal rodeado de los hábitats de matorral mixto y roquedal.

La especie más abundante fue la rana *Telmatobius peruvianus*, que en estadio adulto y larval registró un total de 109 individuos (Tabla 7-56). El sapo *Pleurodema marmoratum* registró su mayor abundancia relativa en esta zona (Figura 7-147) habiendo sido hallado solo en estadio adulto, bajo piedras en los hábitats de matorral mixto y bofedal.

La lagartija *Liolaemus* cf. *signifer*, presentó su menor abundancia relativa en esta zona (Figura 7-147) con un total de 4 individuos registrados en los hábitats de bofedal, roquedal y matorral mixto.

Tabla 7-57. Anfibios y reptiles registrados en la zona Japacucho-Agani 2

Zona	EF	Especie	Transecto		VES
			Adulto	Larva	Adulto
Japacucho-Agani 2	EF 4	<i>Pleurodema marmoratum</i>	2	0	11
		<i>Telmatobius peruvianus</i>	20	89	0
		<i>Liolaemus</i> cf. <i>signifer</i>	0	0	4

VES: búsquedas por encuentros visuales, RO: registros oportunistas.

• Microcuenca Itapallone

o Zona Atiñayoc (Sector Corire)

Esta zona pertenece al sector de Corire, donde se encuentran las zonas de mayor altitud del proyecto. En esta área (zona I) se extienden los suelos crioturbados y



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a vertical list of names and initials.



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

formaciones rocosas en las partes más altas y los matorrales mixtos en la parte media de las laderas de las montañas.

Se registró solo la especie *Liolaemus cf. signifer*, que en esta zona presentó su mayor abundancia relativa con un promedio de 3,48 individuos hallados por hora-hombre (Figura 7-147) y un total de 19 individuos registrados en VES y 3 individuos adicionales registrados mediante RO, durante los traslados entre los VES (Tabla 7-57).

Tabla 7-58. Anfibios y reptiles registrados en la zona Atiñayoc

Zona	Zona EF	Especie	VES	RO
			Adulto	Adulto
Atiñayoc	Zona I	<i>Liolaemus cf. signifer</i>	19	3

VES: búsquedas por encuentros visuales, RO: registros oportunistas

Diversidad de anfibios y reptiles por microcuenca

El análisis a nivel de microcuencas muestra que la microcuenca Agani-Ansamani fue la más diversa, debido a que en esta zona se evaluaron todos los ecosistemas frágiles y por ende presentó mayor esfuerzo de muestreo, lográndose registrar 3 especies de herpetozoos (Tabla 7-58). Por el contrario, la microcuenca Itapallone presentó valores de cero o nulos para los índices de diversidad porque se reportó solo una especie; sin embargo, debe considerarse que aquí se realizó menor esfuerzo de muestreo, cubriendo sólo el sector de Corire, zona Atiñayoc (Tabla 7-58).

Al comparar la diversidad obtenida en cada una de las zonas de evaluación (EF), obtuvimos que las zonas Agani-Ansamani (EF 3) y Japucucho-Agani 2 (EF 4) presentaron los valores más altos de los índices de diversidad de Shannon y Simpson (Tabla 7-58 y Figura 7-149). Igual ocurre con el índice de equidad que también registró valores altos por encima de 0,86 en las 2 zonas (Tabla 7-57 y Figura 7-149), indicando que además de presentar la mayor riqueza de especies, presentan una distribución equitativa de sus abundancias, aunque en cada una predomina una especie distinta en el EF3 fue más abundante la lagartija *Liolaemus cf. signifer* y en el EF 4 la rana *Telmatobius peruvianus* (Figura 7-149).

Las zonas Japucucho (EF 1) y Ceniguillayoc-Quilcata (EF 2) registraron valores intermedios de los índices de diversidad de Shannon (0,50-0,73) y Simpson (0,32-0,50), a pesar de que en el EF 1 se registraron 3 especies y 2 en el EF 2 (Tabla 7-15). Sin embargo, la abundancia de la especie *Pleurodema marmoratum* en el EF 1, conformada por 1 solo individuo, es poco representativa para influenciar en el valor de los índices (Figura 7-149). Lo que se ve reflejado en el valor del índice de equidad que alcanza el valor más alto en el EF 2. En cada una de las zonas predominó una especie diferente, la rana *Telmatobius peruvianus* en el EF 1 y la lagartija *Liolaemus cf. signifer* en el EF 2 (Figura 7-149).

La zona I, en la microcuenca Itapallone, presentó valores de diversidad de cero o nulos debido a que registró solo una especie (Tabla 7-15 y Figura 7-149).

Este análisis se realizó en base a los datos de abundancia de individuos adultos obtenidos en VES y transectos en hábitats acuáticos.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including an upward arrow and the name 'S.M.P.E.' at the bottom.



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

Tabla 7-59. Riqueza, abundancia e índices de diversidad por microcuenca en el área de estudio

Parámetros	M. Agani-Ansamani				M. Itapallone
	EF 1	EF 2	EF 3	EF 4	Zona I
Riqueza de especies (S)	3	2	3	3	1
Abundancia (N)	26	5	29	37	19
Abundancia <i>P. marmoratum</i>	1	0	6	13	0
Abundancia <i>T. peruvianus</i>	18	1	7	20	0
Abundancia <i>L. cf. signifer</i>	7	4	16	4	19
Índice de Shannon (H')	0,73	0,50	1,00	0,94	0
Índice de Simpson (1-D)	0,45	0,32	0,59	0,57	0
Índice de Equidad (J')	0,67	0,72	0,91	0,86	---
Nro. de VES	4	6	6	8	4
Nro. de transectos	2	2	1	3	1

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

Nota: Zona Jamochini (EF 1), Ceniguillayoc-Quilcata (EF 2), Agani-Ansamani (EF 3), Japucucho-Agani 2 (EF 4) y Atiñayoc (Zona I) y EF: Ecosistema frágil

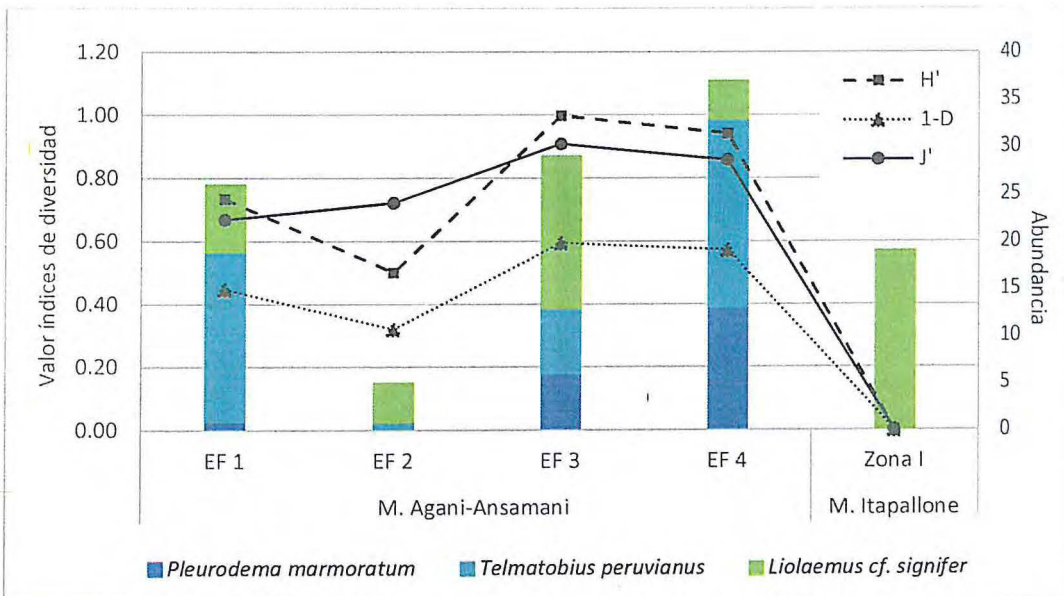


Figura 7-149. Abundancia e índices de diversidad por hábitat evaluado

Nota: Zona Jamochini (EF 1), Ceniguillayoc-Quilcata (EF 2), Agani-Ansamani (EF 3), Japucucho-Agani 2 (EF 4) y Atiñayoc (Zona I) EF: Ecosistema frágil

Similaridad por microcuenca

La comparación de la composición de las comunidades de anfibios y reptiles, mediante el índice de similaridad de Morisita, se realizó considerando las zonas de evaluación que se agruparon en 2 grupos a un nivel de corte de 0,45 (Figura 7-150).

Las zonas Jamochini (EF 1) y Japucucho-Agani 2 (EF 4) forman el primer grupo (Figura 7-150) alcanzando una similaridad 0,85, estas 2 zonas presentaron la misma composición de especies donde predomina la rana *Telmatobius peruvianus*.

El segundo grupo está conformado por las zonas Ceniguillayoc-Quilcata (EF 2), Agani-Ansamani (EF 3) y Atiñayoc (Zona I) que tienen en común la predominancia de la



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including the name 'S. P.' and various initials.



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

lagartija *L. cf. signifer* (Figura 7-149 y 7-150). La zona EF 3 se diferencia de las otras porque registra 3 especies, alcanzando un valor promedio de 0,84 para el índice de Morisita, en relación con EF 2 y Zona I que alcanzan entre sí un valor de 0,95, debido a que ambas zonas presentan una alta abundancia de la especie *L. cf. signifer* (Figura 7-149).

Tabla 7-60. Valores del índice de similitud de Morisita por microcuenca en el área de estudio

Microcuenca	Zonas / EF	M. Agani - Ansamani				M. Itapallone
		EF 1	EF 2	EF 3	EF 4	Zona I
M. Agani-Ansamani	EF 1	1,00	0,57	0,68	0,85	0,35
	EF 2	0,57	1,00	0,90	0,35	0,95
	EF 3	0,68	0,90	1,00	0,63	0,79
	EF 4	0,85	0,35	0,63	1,00	0,15
M. Itapallone	Zona I	0,35	0,95	0,79	0,15	1,00

EF: Ecosistema frágil

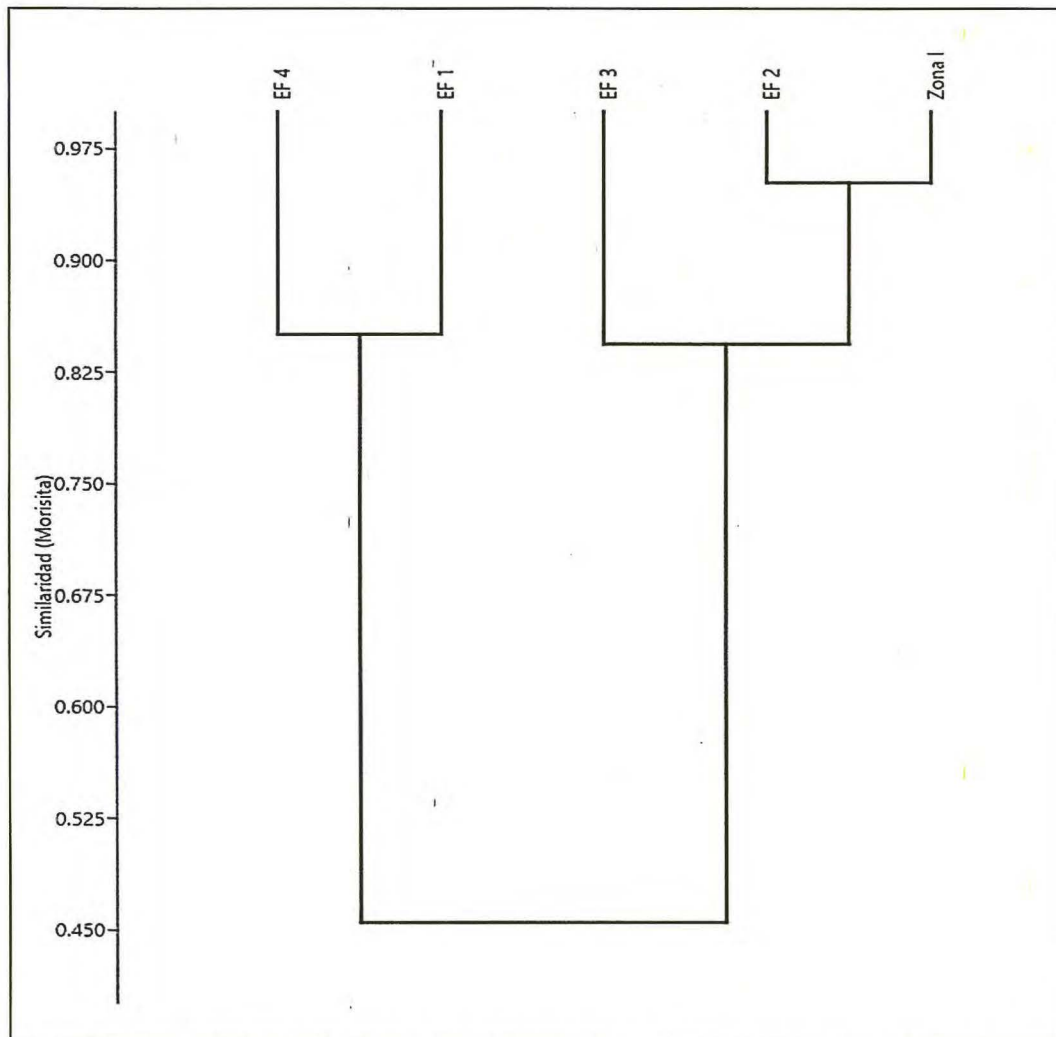


Figura 7-150. Dendrograma de similitud de anfibios y reptiles en ecosistemas frágiles de las zonas evaluadas

Nota: Ecosistema frágil (EF), Zona Jamochini (EF 1), Ceniguillayoc-Quilcata (EF 2), Agani-Ansamani (EF 3), Japucucho-Agani 2 (EF 4) y Atifayoc (Zona I)



Vertical handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing up and various initials.



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

D. Curva de acumulación de especies

La curva de acumulación obtenida en base al esfuerzo de muestreo (horas-hombre), no llega a alcanzar la asíntota (Figura 7-151). Sin embargo, dado que el modelo de Clench ($\rho=0,99$) y el exponencial ($\rho=0,98$), estiman la presencia de 3 especies que es similar a la riqueza obtenida en campo (Tabla 7-60), se puede inferir que el esfuerzo de muestreo realizado en el área de estudio fue el adecuado.

Tabla 7-61. Parámetros de los modelos para la curva de acumulación de especies

Modelo	a	b	ρ	NTE	Log L	LR	1/LR
Clench	0,20	0,07	0,99	3,00	61,96	1,00	1,00
Logarítmico	0,33	16,26	0,99	---	54,78	0,00	1307,79
Exponencial	4,95	1,42	0,98	3,49	44,46	0,00	39800000,00

Donde: ρ : valor de correlación, a y b parámetros de ajuste del modelo, LR: radio del likelihood, NTE: número total de especies estimadas.

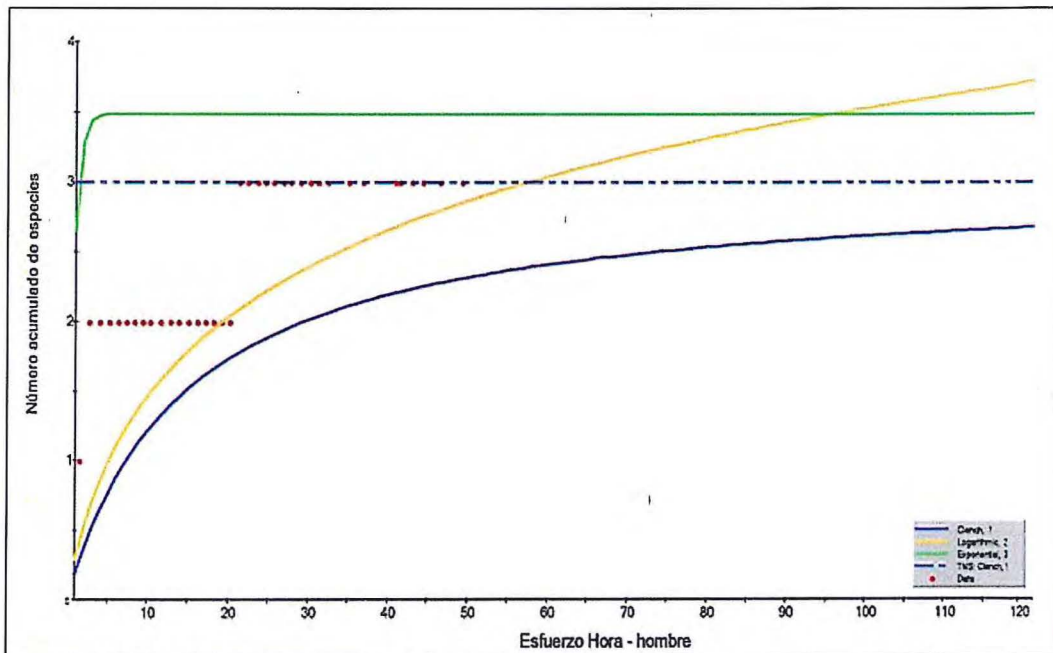


Figura 7-151. Curva de acumulación de especies presentes

E. Análisis multivariados

El análisis de NMDS nos permite distinguir 2 grupos que están poco diferenciados y que se superponen, aunque presentan un valor de ajuste alto [$R^2 = 1$, stress =0] (Figura 7-12). El tipo de hábitat fue la variable ambiental que mejor explicó la ordenación de las unidades de muestreo ($R^2 = 0,65$, $p < 0,05$).

El primer grupo está conformado por las unidades de muestreo ubicadas en los hábitats de matorral mixto, roquedal y suelos crioturbados que están relacionados a la especie *Liomaemus cf. signifer*. El segundo grupo, dibujado en color rosado, está conformado principalmente por las unidades de muestreo que se ubican en bofedal donde fue más abundante la especie *Telmatobius peruvianus* (Figura 7-152).



Handwritten signatures and initials in blue ink, including 'P.', 'f', 'f', 'D', 'R', and 'SH PA'.



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

El análisis de similitud entre grupos (ANOSIM) corrobora estos resultados mostrando una diferencia significativa entre la composición de especies considerando el tipo de hábitat ($R= 0.4, P<0,001$). El análisis SIMPER indica que las especies que tienen mayor participación e influencia en las comunidades de herpetozoos de bofedal y matorral mixto fueron *L.cf. signifer* (49,44 %) y *T. peruvianus* (79,05 %) (Tabla 7-61).

Tabla 7-62. Diferencia de la composición de especies entre bofedal y matorral mixto, mediante el análisis SIMPER

Especie	Contribución promedio	Abundancia bofedal	Abundancia matorral mixto	Contribución Acumulada (%)
<i>Liolaemus cf. signifer</i>	0,45	1,62	4,14	49,44
<i>Telmatobius peruvianus</i>	0,27	1,03	0,00	79,05
<i>Pleurodema marmoratum</i>	0,19	0,83	1,29	100

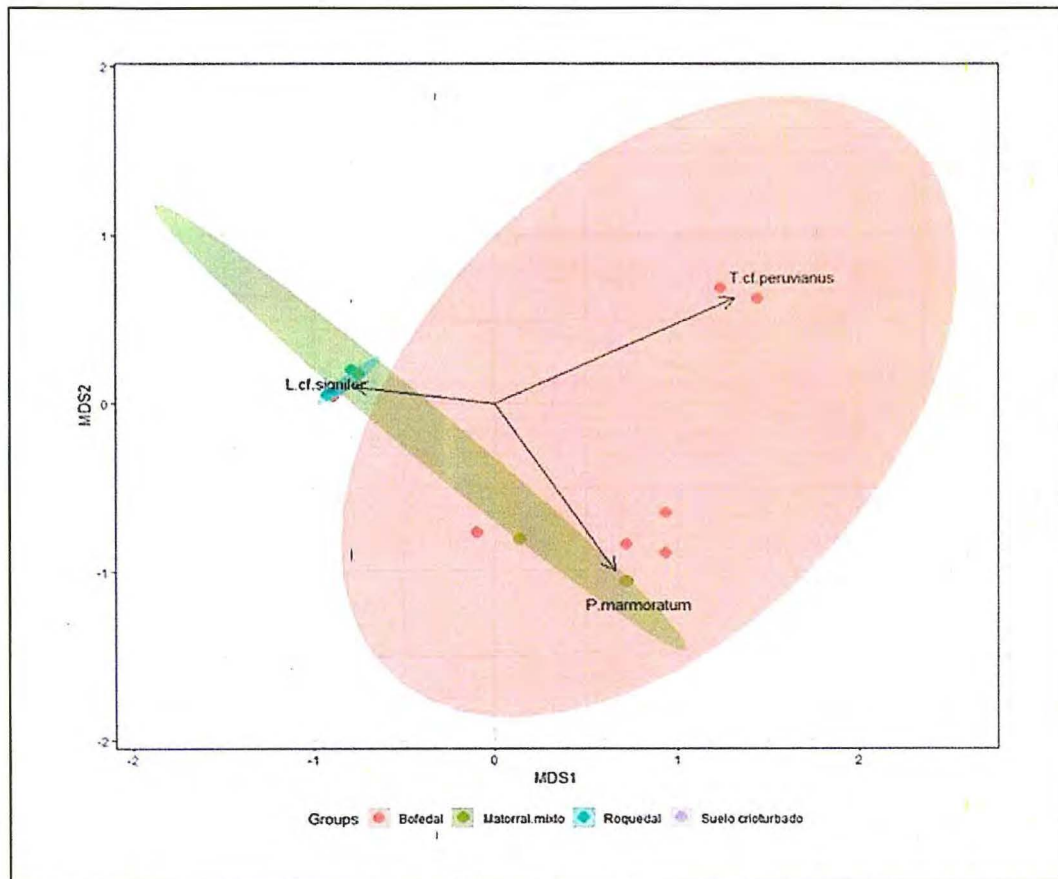


Figura 7-152. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) con los VES evaluados

F. Caracterización de hábitats acuáticos para la evaluación de anfibios

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

Se calculó el índice hidromorfológico (IHM) propuesto por Encalada *et al.* (2011) para determinar la calidad ecológica de los hábitats acuáticos, este considera para su



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

cálculo la calidad de vegetación de la ribera, el paisaje próximo al río y algunos elementos del canal del río, como su forma y sustrato.

Se determinó que los cursos de agua evaluados tienen en general una calidad de hábitat *buena* con valores que varían entre 30 y 35 (Tabla 7-62).

En la microcuenca Agani-Ansamani se evaluaron 8 transectos, todos ubicados en bofedal. La mayoría de los cuerpos de agua fueron caracterizados como de *buena* calidad con valores que varían entre 30-35 de IHM. El único curso de agua que presentó un valor equivalente a hábitat *moderado* (IHM = 27) fue el transecto SG-He-T5 ubicado en el bofedal Quilcata, que se ve afectado por la presencia de basura, presencia de un solo tipo de régimen de agua y sustrato.

Para caracterizar los transectos evaluados, se calculó el promedio de los valores de punto de inicio y punto final para cada una de las variables medidas (Tabla 7-62). Con la finalidad de reducir las variables y visualizar la relación de estas entre los transectos, se realizó un análisis de componentes principales (PCA).

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

Microcuenca	EF	Hábitat	Transectos	T° (°C)	pH	CE (µs/cm)	OD (mg/L)	IHM
Agani - Ansamani (Pachacutec)	EF 4	Bofedal	SG-He-T1	7,45	6,64	38,85	6,765	32
		Bofedal	SG-He-T4	10	6,82	84,10	6,435	35
	EF 3	Bofedal	SG-He-T2	8,85	6,98	42,80	7,055	32
		Bofedal	SG-He-T3	17,8	7,21	46,70	5,74	32
	EF 2	Bofedal	SG-He-T5	18,35	8,28	209,70	5,71	27
	EF 1	Bofedal	SG-He-T6	10,65	8,36	149,90	6,75	30
		Bofedal	SG-He-T8	10,9	6,80	101,35	5,305	32
		Bofedal	SG-He-T9	17,6	7,07	89,95	5,53	31
	Itapallone (Sector Corire)	Zona I	Matorral mixto	SG-He-T7	9,45	7,41	326,50	6,43

CE: Conductividad eléctrica, OD: Oxígeno disuelto IHM: índice hidromorfológico

EL PCA muestra que el 81,87 % de la variación de los datos es explicada por los 2 primeros componentes (componente 1 el 51,57 % y componente 2 el 30,12 %). El índice de valor hidromorfológico (IHM) y el pH son las variables que tienen mayor contribución en el primer componente, y la temperatura y oxígeno disuelto (OD) en el segundo componente (Figura 7-153).

Los transectos se clasificaron en 4 grupos (Figura 7-153), el primero conformado por SG-He-T1, SG-He-T2 y SG-He-T4 que presentaron valores altos de OD entre 6,44-7,05 mg/L, con un pH cercano al neutro (6,64-6,98 unidades), una conductividad eléctrica baja entre 38,85-84,1 µS/cm y un IHM que indica un hábitat de *buena* calidad (32-35). El segundo grupo está conformado por SG-He-T3, SG-He-T8 y SG-He-T9 que presentaron valores bajos de OD (5,30-5,54) y un IHM de buena calidad entre 31 y 32, con un pH cercano al neutro (6,8-7,2 unidades) y CE baja de 46,7-101,35 µS/cm. El tercer grupo está conformado por los transectos SG-He-T6 y SG-He-T7 que también presentaron un IHM de buena calidad (IHM = 30) pero con valores de pH básicos (7,40-8,36 unidades) y valores altos de CE 149,9-326,5 µS/cm. Finalmente, el transecto SG-He-T5 se encuentra más alejado de todos y presenta una calidad de hábitat moderada (IHM = 27), un OD bajo de 5,71, un pH básico de 8,28 y un alto valor de CE 209,7 µS/cm.





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

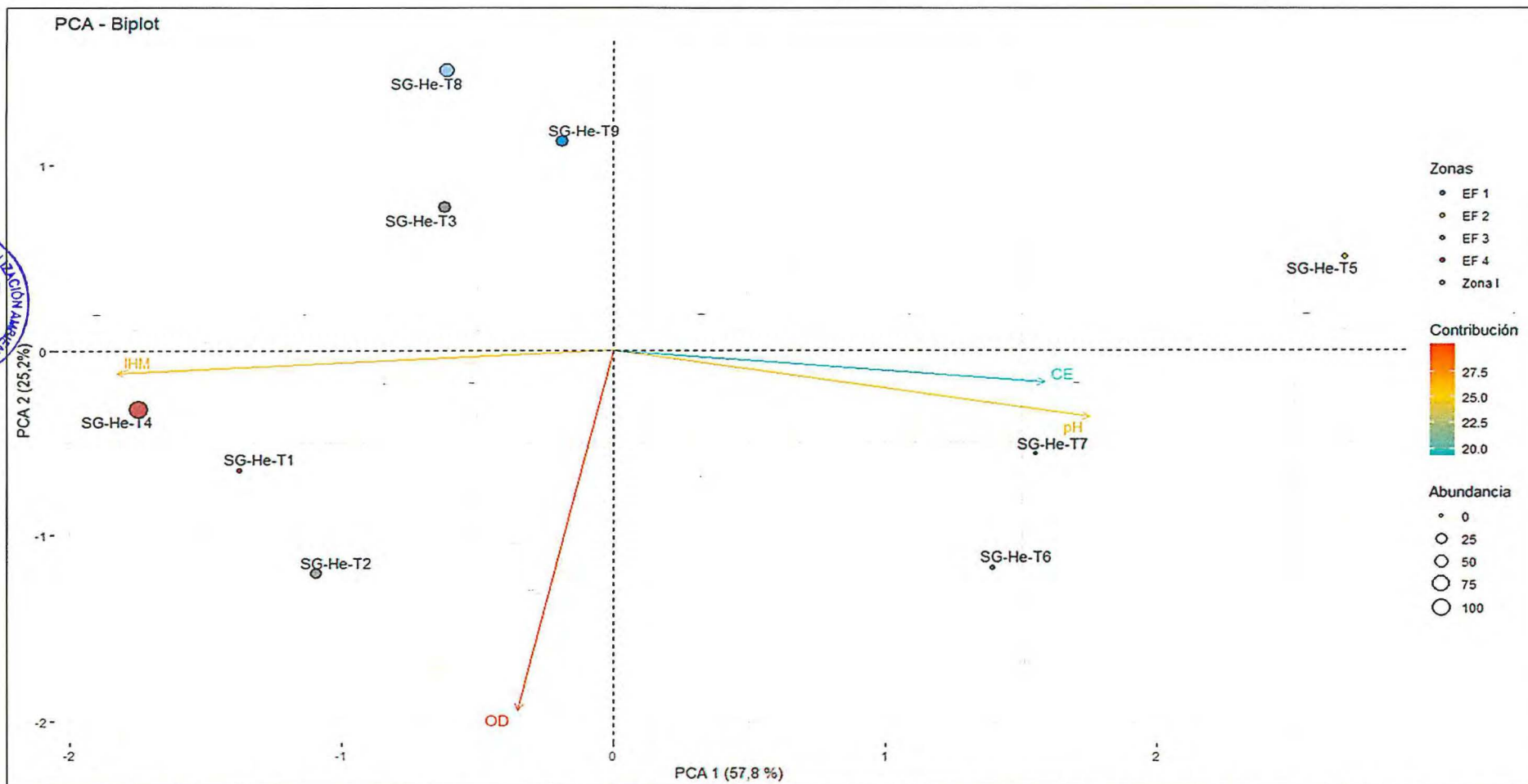


Figura 7-153. Análisis de componentes principales (PCA) de las características físicas y ambientales de los transectos de hábitats acuáticos de herpetología
 Nota: En la leyenda Abundancia hace referencia al número de individuos de adultos y larvas de *Telmatobius peruvianus*. Contribución indica la contribución de la variable en los componentes hallados



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



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

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

Según las evaluaciones realizadas, la presencia de anfibios está relacionada a cuerpos de agua que presentan una calidad de hábitat buena con valores de pH más cercanos al neutro y valores de oxígeno disuelto variable (Figura 7-153). Aunque la conductividad eléctrica es el parámetro con menor contribución en el PCA, la distribución de los transectos muestra que los valores bajos CE (con débil mineralización) están relacionados a mayor abundancia de *Telmatobius peruvianus*.

Estos datos son preliminares y es necesario incrementar el número de transectos evaluados para determinar características ambientales que puedan influir en la presencia *T. peruvianus*, sobre todo considerando los cambios producidos por los regímenes de lluvias. Sin embargo, estos datos muestran ciertos patrones que son discutidos más adelante.

G. Especies amenazadas

En el área de estudio la única especie de anfibio que se encuentra en alguna categoría de amenaza fue la rana *Telmatobius peruvianus* que pertenece al complejo de especies *Telmatobius peruvianus* (Tabla 7-63). De acuerdo con la categorización de especies amenazadas de fauna silvestre realizada por el Estado Peruano (Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI), en el Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú y la lista roja de especies amenazadas de la IUCN (2018), este anfibio es considerado como una especie vulnerable (VU) debido a que la extensión de su área de ocurrencia esta severamente fragmentada y cubre un área menor a 20 000 km² (Icochea et al. 2010, Aguilar et al. 2018).

Esta rana se distribuye en la región andina del sureste de Perú en los departamentos Tacna y Moquegua, y en una sola localidad en el norte de Chile, en el poblado de Putre de la provincia de Parinacota, cerca de la frontera con Perú, a una altitud de 3300 m sobre el nivel del mar. (Icochea et al. 2010).

En el Perú la principal amenaza que enfrenta esta especie es la pérdida de hábitat debido a actividades como la minería y agricultura, así como la extracción de individuos para con fines de consumo y comercialización para uso medicinal (Aguilar et al 2018). Al igual que otros miembros del género *Telmatobius* esta especie también es susceptible a la disminución de su población causada por el hongo quitridio *Batrachochytrium dendrobatidis*, aunque aún no se ha reportado la infección en esta especie.

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

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

VU: Especie categorizada como vulnerable



Vertical handwritten notes and symbols on the left margin, including an arrow pointing up and various characters.

Handwritten signature or initials at the bottom left.



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

7.2.6.2 Aves

A. Composición y abundancia de aves

En la evaluación ambiental, se registraron mediante el método de transectos lineales (T), un total de 44 especies de aves pertenecientes a 16 familias y 10 órdenes taxonómicos. El orden con mayor representatividad fue Passeriformes con 30 especies registradas que representaron el 68,18 %, seguido del orden Charadriiformes con 4 especies que representaron el 9,09 %, seguido de los Accipitriformes y Falconiformes con 2 especies que representaron el 4,55 %. Los demás órdenes solo registraron 1 especie, representando el 2,27 % del total, cada una (Tabla 7-64).

El orden Passeriformes comprende el 60 % de todas las aves vivientes actuales, por lo que representaron el orden con mayor abundancia dentro de esa clase (Machado y Peña, 2000), este grupo es el más especializado de todos, lo cual se nota en el desarrollo de la siringe, son especies sedentarias o migratorias y abundan en todas las regiones del mundo a excepción de la zona antártica y ártica. Este orden comprende 56 familias con más de 5000 especies aproximadamente, y desempeña un papel ecológico fundamental puesto que cumplen funciones como controladores de poblaciones de insectos, dispersadores de semillas y polinizadores, por lo cual se les considera un componente importante en la dinámica y conservación de los ecosistemas naturales (Kattan y Serrano, 1996).

Tabla 7-65. Orden, Familia y número de especies de aves registradas

Orden	Familia	Nº Especies
Tinamiformes	Tinamidae	1
Anseriformes	Anatidae*	1
Accipitriformes	Accipitridae	2
Charadriiformes*	Scolopacidae*	2
	Thinocoridae*	2
Columbiformes	Columbidae	1
Apodiformes	Trochilidae	1
Piciformes	Picidae	1
Falconiformes	Falconidae	2
Psittaciformes	Psittacidae	1
Passeriformes	Furnariidae	8
	Tyrannidae	9
	Hirundinidae	2
	Thraupidae	9
	Emberizidae	1
	Fringillidae	1

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

Analizando los datos obtenidos de las familias, se observa que las familias con mayor número de especies de aves fueron Tyrannidae (dormilonas, pitajos, mosqueritos) y Thraupidae (fringilo y espigueros) ambas con 9 especies registradas, representaron el 20,45 % del total. Los tiránidos son pájaros de tamaño entre mediano y minúsculo (de 6,5 -28 cm), muchos tienen una cresta eréctil. La familia presenta una gran diversidad en las proporciones corporales, la forma, la estructura del pico y la longitud de las patas, son de aves que se posan en perchas (ramas superiores de los árboles) y cazan insectos al vuelo. Tienen alas puntiagudas, y en algunas ocasiones colas



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



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

largas. Su boca situada en la parte basal del pico presenta vibrisas (plumas especiales) largas, que les sirven para atrapar los insectos con más facilidad, generando una especie de embudo (Ridgely y Guy, 2009) asimismo la familia Thraupidae, es una familia de aves paseriformes del Nuevo Mundo que se reconocen por tener plumaje brillante y pico grueso, pero no cónico, y por ser de hábitos insectívoros o frugívoros. Las aves de esta familia son llamadas tangaras. Las especies de esta familia son todas habitantes de las zonas intertropicales (Londoña, 2006).

La siguiente familia con la mayor riqueza de especies fue Furnariidae (canasteros) con 8 especies registradas que representaron el 18,18 %, seguido de las familias Accipitridae (gavilanes), Thinocoridae (agachonas), Falconidae (halcones), Scolopacidae (playeritos) e Hirundinidae (golondrinas) todas con 2 especies, cada una representa el 4,55 %. Las demás familias presentan sólo una especie y representa el 2,27 % del total.

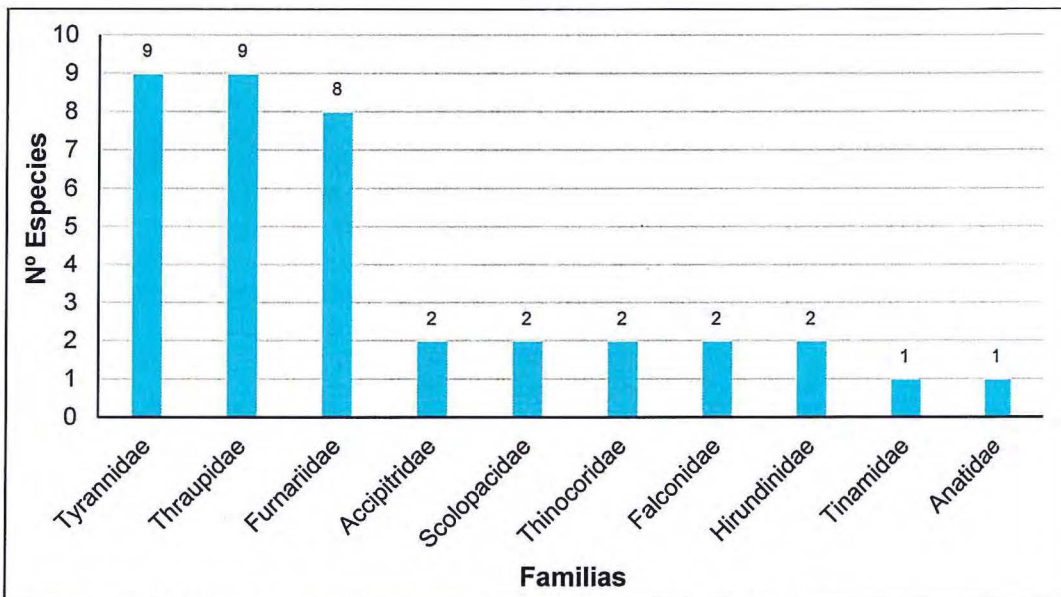


Figura 7-154. Especies de aves con mayor abundancia total registrada en el área de influencia del PM San Gabriel

B. Descripción de las aves por hábitats

En esta sección se presentó y analizó los resultados sobre la riqueza y abundancia de especies, diversidad y similitud por hábitat registrado en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel.

Riqueza y abundancia por hábitat

En el proyecto minero San Gabriel, se identificaron 5 hábitats correspondientes a ambientes terrestres, como: bofedal, suelos crioturbados, roquedal y rodal de puya. En estos hábitats mediante el método de transectos lineales se han registraron 641 individuos pertenecientes a 44 especies. En la Tabla 7-65 se presenta un resumen con la riqueza y abundancia reportada en cada hábitat.

El hábitat con la mayor riqueza de especies registrada fue el bofedal con 30 especies, seguido del hábitat matorral mixto con 25 especies, seguido del roquedal con 19 especies; mientras que, el hábitat con el menor número de especies fue suelos



Handwritten signatures and initials in blue ink, including 'A', 'P', 'D', 'F', 'S', 'R', and 'SAPSA'.



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

crioturbados con una sola especie registrada. En el caso de la abundancia de las especies por cada hábitat, vemos que el hábitat bofedal registró 357 individuos, seguido del hábitat matorral mixto con 171 individuos y el hábitat roquedal con 61 individuos; en cambio, el menos abundante fue el hábitat suelos crioturbados con 3 individuos (Tabla 7-65).

Tabla 7-66. Resumen de la Riqueza y Abundancia por hábitat

Hábitats	Esfuerzo de muestreo	Nº Familias	Nº Especies	Abundancia
Hábitat Terrestre				
Bofedal	12 TL	13	30	357
Matorral mixto	8 TL	12	25	171
Roquedal	9 TL	7	19	61
Rodal de Puya	1 TL	7	13	49
Suelos crioturbados	1 TL	1	1	3

TL: Transecto lineal.

Analizando las abundancias registradas, se obtuvo que la especie con la mayor abundancia registrada fue *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 115 individuos que representaron el 17,94 %, seguido de la *Cinclodes albiventris* «churrete de ala crema» con 57 individuos que representaron el 8,89 %, *Calidris bairdii* «playero de baird» es la tercera especie con la mayor abundancia registrada, con 51 individuos que representaron el 7,96 %, seguida de *Sicalis uropygialis* «chirigüe de lomo brillante» con 34 individuos registrados que representaron el 5,30% del total. La especie *Phrygilus plebejus* fue la especie más representativa en los ecosistemas frágiles EF 1, EF 2, EF 3 y EF 4, mientras que en el EF 5, la especie más representativa fue *Psilopsiagon aurifrons* «perico cordillerano» y en la zona I (sector Corire), fue *Orochelidon andecola* «golondrina andina».



A
P. J. S.
D. I.
P. S.
A.
R.
S. P. S.

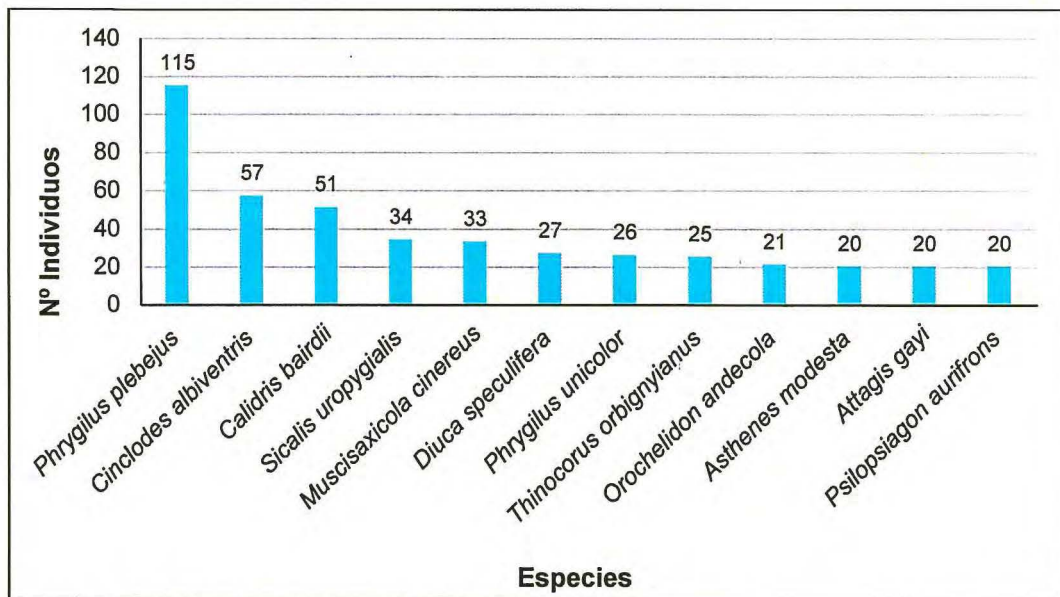


Figura 7-155. Especies con mayor abundancia total registrada

A continuación, se analizará la avifauna registrada en los ambientes terrestres (suelos crioturbados, matorral mixto, bofedal, roquedal y rodal de Puya). La abundancia obtenida fue la registrada mediante transectos lineales, la misma que se utilizó para los cálculos de los índices de diversidad alfa y beta, en el Anexo C se presenta la riqueza de especies y abundancia en cada hábitat.



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

- **Bofedal**

En el PM San Gabriel se han evaluado 4 bofedales mediante la aplicación de 12 transectos lineales. Este hábitat se ubicó en los ecosistemas frágiles (en adelante EF) identificados como EF 1, EF 2, EF 3 y EF 4.

El Bofedal del ecosistema frágil EF 3 ubicado en la microcuenca Agani-Ansamani (sector Pachacutec), fue el que registró la mayor riqueza y abundancia de especies con 21 especies y 183 individuos, mientras que, el bofedal del ecosistema frágil EF 1 ubicado en la zona Jamochini, fue el que presentó la menor riqueza y abundancia de especies con 6 especies y 12 individuos (Tabla 7-66).

En todos los bofedales evaluados, se registraron 30 especies y 357 individuos pertenecientes a 13 familias y 13 órdenes taxonómicos. El orden con mayor representatividad fue Passeriformes con 6 familias y 21 especies.

Las familias con mayor número de especies fueron Furnariidae (canasteros) y Thraupidae (fringilos, espigueros) ambas con 6 especies, seguido de la familia Tyrannidae (mosqueritos, pitajos) con 5 especies y las familias Scolopacidae (playeritos) y Thinocoridae (agachonas) ambas con 2 especies.

La especie con mayor abundancia fue *Cinclodes albiventris* «churrete de ala crema» con 52 individuos registrados que representaron el 14,57 %, seguido de *Calidris bairdii* «playerito de Baird» con 51 individuos que representaron el 14,29%, la especie *Muscisaxicola cinereus* «dormilona cinérea» es la tercera especie con mayor abundancia, registrando un total de 26 individuos que representaron el 7,28 %, *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 24 individuos que representa el 6,72 %, mientras que las especies *Diuca speculifera* «diuca de ala blanca» y *Thinocorus orbignyianus* «agachona de pecho gris», ambas con 23 individuos representaron el 6,44 % cada una del total (Tabla 7-66).

Tabla 7-67. Riqueza de especies y abundancia registrada en los bofedales

Especie	Jamochini	Ceniguillayoc - Quilcata	Agani - Ansamani (Pachacutec)	Japucucho - Agani 2	Total	AR (%)
	EF 1	EF 2	EF 3	EF 4		
<i>Oressochen melanopterus</i> *	0	0	3	0	3	0,84
<i>Geranoaetus polyosoma</i>	0	0	0	1	1	0,28
<i>Gallinago andina</i> *	0	1	0	0	1	0,28
<i>Calidris bairdii</i> *	0	0	51	0	51	14,29
<i>Attagis gayi</i> *	0	0	16	4	20	5,6
<i>Thinocorus orbignyianus</i> *	0	0	15	8	23	6,44
<i>Metriopelia melanoptera</i>	0	8	1	0	9	2,52
<i>Oreotrochilus estella</i>	0	0	0	1	1	0,28
<i>Colaptes rupicola</i>	0	0	2	3	5	1,4
<i>Geositta tenuirostris</i>	0	0	2	1	3	0,84
<i>Upucerthia validirostris</i>	1	0	3	1	5	1,4
<i>Cinclodes albiventris</i>	5	10	24	13	52	14,57
<i>Cinclodes atacamensis</i>	0	1	1	1	3	0,84
<i>Leptasthenura andicola</i>	0	0	0	2	2	0,56
<i>Asthenes modesta</i>	1	0	3	2	6	1,68
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	2	0	0	0	2	0,56
<i>Muscisaxicola griseus</i>	0	2	9	1	12	3,36
<i>Muscisaxicola juninensis</i>	2	2	0	4	8	2,24
<i>Muscisaxicola cinereus</i>	0	9	10	7	26	7,28
<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	0	0	1	0	1	0,28



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a vertical line of scribbles and the initials 'R' and 'JMA'.



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

Especie	Jamochini	Ceniguillayoc - Quilcata	Agani - Ansamani (Pachacutec)	Japucucho - Agani 2	Total	AR (%)
	EF 1	EF 2	EF 3	EF 4		
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	0	0	0	16	16	4,48
<i>Orochelidon andecola</i>	0	0	12	2	14	3,92
<i>Phrygilus punensis</i>	0	0	5	0	5	1,4
<i>Phrygilus unicolor</i>	1	0	2	5	8	2,24
<i>Phrygilus erythronotus</i>	0	0	0	9	9	2,52
<i>Phrygilus plebejus</i>	0	7	5	12	24	6,72
<i>Diuca speculifera</i>	0	4	14	5	23	6,44
<i>Sicalis uropygialis</i>	0	12	1	0	13	3,64
<i>Zonotrichia capensis</i>	0	0	3	0	3	0,84
<i>Spinus atratus</i>	0	8	0	0	8	2,24
S (Riqueza de especies)	6	11	21	20	30	
N (Abundancia)	12	64	183	98	357	

*: aves acuáticas según Wetlands International, EF: Ecosistema frágil

• Matorral mixto

En el área de estudio se han evaluado 4 zonas de matorral mixto mediante la aplicación de 8 transectos lineales. Este hábitat se ubicó en todos los ecosistemas frágiles (en adelante EF) registrados: EF 1, EF 2, EF 3 y EF 4.

El Matorral mixto ubicado en el ecosistema frágil EF 3 perteneciente a la microcuenca Agani-Ansamani (sector Pachacutec) fue el que registró la mayor riqueza y abundancia de especies con 16 especies y 93 individuos, mientras que el matorral mixto ubicado en el ecosistema frágil EF 1 perteneciente a la zona Jamochini fue el que presentó la menor riqueza y abundancia con solo 5 especies y 13 individuos (Tabla 7-24).

En total se han registrado en el hábitat Matorral mixto, 25 especies y 171 individuos pertenecientes a 12 familias y 8 órdenes taxonómicos. El orden más representativo fue Passeriformes con 5 familias y 18 especies, seguido del orden Charadriiformes con 2 familias y 4 especies, los demás órdenes registrados, presentaron solo una familia y una especie.

La familia con mayor representatividad fue Thraupidae (fringilos, espigueros) con 6 especies, seguido de las familias Tyrannidae (mosqueros, pitajos) y Furnariidae (canasteros) ambas con 5 especies, las familias restantes solo registran 1 especie.

La especie con la mayor abundancia registrada fue *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 70 individuos registrados que representaron el 40,94 %, seguido de *Sicalis uropygialis* «chirigüe de lomo brillante» con 15 individuos que representaron el 8,77 %, la especie *Phrygilus unicolor* «fringilo plumizo» fue la tercera especie con mayor abundancia, registrando 13 individuos que representaron el 7,60 %, le sigue la especie *Spinus atratus* «jilguero negro» con 11 individuos que representaron el 6,43 %, las especies *Phrygilus punensis* «fringilo peruano», *Asthenes modesta* «canastero cordillerano» ambas con 8 individuos que representaron el 4,68% cada una.

Tabla 7-68. Riqueza de especies y abundancia registrada en el hábitat matorral mixto

Especie	Jamochini	Ceniguillayoc - Quilcata	Agani - Ansamani (Pachacutec)	Japucucho - Agani 2	Total	AR (%)
	EF 1	EF 2	EF 3	EF 4		
<i>Nothoprocta ornata</i>	0	1	0	0	1	0,58
<i>Oressochen melanopterus*</i>	0	2	0	0	2	1,17



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a vertical line of marks and the signature 'SHP' at the bottom.

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

Especie	Jamochini	Ceniguillayoc - Quilcata	Agani - Ansamani (Pachacutec)	Japucucho - Agani 2	Total	AR (%)
	EF 1	EF 2	EF 3	EF 4		
<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	0	1	0	2	1,17
<i>Thinocorus orbignyianus*</i>	0	2	0	0	2	1,17
<i>Metriopelia melanoptera</i>	0	0	2	3	5	2,92
<i>Colaptes rupicola</i>	0	0	0	6	6	3,51
<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	0	0	1	0	1	0,58
<i>Geositta cunicularia</i>	0	0	1	0	1	0,58
<i>Upucerthia validirostris</i>	0	0	1	3	4	2,34
<i>Cinclodes albiventris</i>	0	1	3	0	4	2,34
<i>Leptasthenura andicola</i>	0	0	0	1	1	0,58
<i>Asthenes modesta</i>	3	1	4	0	8	4,68
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	0	1	1	0	2	1,17
<i>Muscisaxicola griseus</i>	0	1	0	1	2	1,17
<i>Muscisaxicola cinereus</i>	0	1	3	0	4	2,34
<i>Muscisaxicola rufivertex</i>	0	1	0	0	1	0,58
<i>Muscisaxicola frontalis</i>	0	0	1	0	1	0,58
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	0	0	0	2	2	1,17
<i>Phrygilus punensis</i>	0	0	6	2	8	4,68
<i>Phrygilus unicolor</i>	1	3	5	4	13	7,60
<i>Phrygilus erythronotus</i>	0	0	3	0	3	1,75
<i>Phrygilus plebejus</i>	7	1	49	13	70	40,94
<i>Diuca speculifera</i>	1	0	1	0	2	1,17
<i>Sicalis uropygialis</i>	0	8	0	7	15	8,77
<i>Spinus atratus</i>	0	0	11	0	11	6,43
S (Riqueza de especies)	5	12	16	10	25	
N (Abundancia)	13	23	93	42	171	

*: aves acuáticas según Wetlands International, EF: Ecosistema frágil

• **Roquedal**

En el área de estudio se evaluaron 5 roquedales mediante la aplicación de 9 transectos lineales. Estos hábitats estuvieron ubicados en los ecosistemas frágiles denominados EF 1, EF, EF 3 y EF 4 así como la zona I (sector Corire).

El roquedal ubicado en el ecosistema frágil EF 2 perteneciente a la zona Ceniguillayoc-Quilcata fue el que registró la mayor riqueza y abundancia de especies de aves, con 15 especies y 30 individuos, mientras que el roquedal ubicado en el ecosistema frágil EF 1, perteneciente a la zona Jamochini, fue el que presentó la menor riqueza y abundancia con solo 3 especies y 5 individuos (Tabla 7-68).

En total se registraron en el hábitat roquedal, 19 especies y 61 individuos pertenecientes a 7 familias y 4 órdenes taxonómicos. El orden con mayor representatividad fue Passeriformes con 4 familias y 15 especies, seguido del orden Accipitriformes (gavilanes) con 1 familia y 2 especies.

La familia con mayor representatividad fue Thraupidae (fringilos, espigueros) con 6 especies seguido de la familia Tyrannidae (mosqueritos, pitajos, dormilonas) con 5 especies, seguido de la familia Furnariidae (canasteros) con 3 especies y la familia Accipitridae (águilas) con 2 especies.

La especie con la mayor abundancia registrada fue *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 15 individuos que representaron el 24,59 %, seguido de las especies *Asthenes modesta* «canastero cordillerano», *Muscisaxicola juninensis*



↑
P.
A.
F.
V.
M.
R.
JAPAZ



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

«dormilona de la puna» y *Phrygilus unicolor* «fringilo plumizo», todos con 5 individuos que representaron el 8,20 %, seguido de las especies *Upucerthia validirostris* «bandurrita de Jelski» y *Orochelidon andecola* «golondrina andina» presentaron cada una 4 individuos que representaron el 6,56 % (Tabla 7-68).

Tabla 7-69. Riqueza de especies y abundancia registrada en roquedal

Especie	Jam	Ceni -Quil	Ag -Ans	Jap- Ag	Atiñ	Total	AR (%)
	EF 1	EF 2	EF 3	EF 4	Zona I		
<i>Geranoaetus polyosoma</i>	0	1	0	1	0	2	3,28
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	0	1	0	0	0	1	1,64
<i>Metriopelia melanoptera</i>	0	2	0	0	0	2	3,28
<i>Falco femoralis</i>	0	0	0	0	2	2	3,28
<i>Upucerthia validirostris</i>	2	1	0	0	1	4	6,56
<i>Cinclodes albiventris</i>	0	0	0	1	0	1	1,64
<i>Asthenes modesta</i>	1	1	0	2	1	5	8,20
<i>Muscisaxicola griseus</i>	0	1	0	0	0	1	1,64
<i>Muscisaxicola juninensis</i>	0	1	0	1	3	5	8,20
<i>Muscisaxicola cinereus</i>	0	1	1	1	0	3	4,92
<i>Muscisaxicola frontalis</i>	0	1	0	0	0	1	1,64
<i>Agriornis montanus</i>	0	0	0	0	1	1	1,64
<i>Orochelidon andecola</i>	0	0	4	0	0	4	6,56
<i>Phrygilus punensis</i>	0	1	0	0	0	1	1,64
<i>Phrygilus unicolor</i>	0	4	0	1	0	5	8,20
<i>Phrygilus plebejus</i>	2	10	1	2	0	15	24,59
<i>Diuca speculifera</i>	0	2	0	0	0	2	3,28
<i>Sicalis uropygialis</i>	0	1	0	1	0	2	3,28
<i>Sicalis olivascens</i>	0	2	2	0	0	4	6,56
S (Riqueza de especies)	3	15	4	8	5	19	
N (Abundancia)	5	30	8	10	8	61	

Leyenda: Jam=Jamochini, Ceni-Quil=Ceniguillayoc-Quilcata, Ag-Ans=Agani-Ansamani (sector Pacahacutec), Jap-Ag=Japucucho-Agani 2, Atiñ=Atiñayoc (sector Corire), EF: Ecosistema Frágil

- **Suelos crioturbados**

En el área de estudio se evaluó un solo hábitat, este corresponde al hábitat suelos crioturbados, el cual se encuentra ubicado en la zona I, en la parte alta de la microcuenca Itapallone sector Atiñayoc (Corire). Este hábitat fue evaluado mediante la aplicación de un transecto lineal.

Durante la evaluación solo se registró 3 individuos de una sola especie, *Orochelidon andecola* «golondrina andina», esta especie pertenece a la familia Hirundinidae (golondrinas) del orden Passeriformes.

- **Rodal de Puya**

En el área de estudio, solo se evaluó el hábitat rodal de *Puya*, ubicado fuera del área de influencia del PM San Gabriel, específicamente en la microcuenca Oyo Oyo, Este hábitat fue evaluado mediante la aplicación de 1 solo transecto lineal.

En total se registraron 13 especies y 49 individuos pertenecientes a 7 familias y 4 órdenes taxonómicos. El orden con mayor representatividad fue Passeriformes con 4 familias y 10 especies; los demás órdenes registraron una sola familia y 1 sola especie (Tabla 7-69).





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

La familia con mayor representatividad fue Thraupidae (fringilos, espigueros) con 5 especies registradas, seguido de las familias Tyrannidae (pitajos, dormilonas) y Furnariidae (canasteros) con 2 especies cada una.

La especie con la mayor abundancia registrada fue *Psilopsiagon aurifrons* «perico cordillerano» con 20 individuos que representaron el 40,82 %, seguido de la especie *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 6 individuos que representaron el 12,24 %, la tercera especie con mayor abundancia fue *Asthenes dorbignyi* «canastero de pecho cremoso» con 5 individuos que representaron el 10,20 %, seguido de *Sicalis uropygialis* «chirigüe de lomo brillante» con 4 individuos que representaron el 8,16%, seguido de las especies *Diglossa brunneiventris* «pincha flor de garganta negra» y *Phrygilus fruticeti* «fringilo de pecho negro» ambas con 3 individuos registrados que representaron el 6,12% del total (Tabla 7-69).

Tabla 7-70. Riqueza de especies y abundancia registrada en Suelos crioturbados

Especie	Oyo Oyo	AR (%)
	EF 5	
<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	2,04
<i>Oreotrochilus estella</i>	1	2,04
<i>Psilopsiagon aurifrons</i>	20	40,82
<i>Asthenes dorbignyi</i>	5	10,20
<i>Asthenes modesta</i>	1	2,04
<i>Agriornis montanus</i>	1	2,04
<i>Ochthoeca oenanthoides</i>	2	4,08
<i>Diglossa brunneiventris</i>	3	6,12
<i>Phrygilus punensis</i>	1	2,04
<i>Phrygilus fruticeti</i>	3	6,12
<i>Phrygilus plebejus</i>	6	12,24
<i>Sicalis uropygialis</i>	4	8,16
<i>Zonotrichia capensis</i>	1	2,04
S (Riqueza de especies)		13
N (Abundancia)		49

Diversidad por Hábitat

Según los datos obtenidos, se tiene que el hábitat terrestre con los valores más altos de riqueza y abundancia de especies fue el bofedal con 30 especies y 357 individuos. Este hábitat presentó el mayor valor para el índice de Shannon Wiener con 2,92 nits/ind, un valor de 0,93 probits/ind para el índice de Simpson y un valor de 0,86 para el índice de equidad de Pielou. Estos valores nos indican que el hábitat bofedal presentó una alta diversidad, y que las especies registradas estuvieron representadas equitativamente en la muestra, es decir, que no hubo dominancia de especies. La gran extensión de este hábitat, ha permitido la presencia de muchas especies, las cuales aprovechan los recursos que ofrecen el bofedal lo que permite obtener los valores de los índices de diversidad calculados (Figura 7-156).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including a large arrow pointing upwards and several initials and dates.

Handwritten signature at the bottom left corner.



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

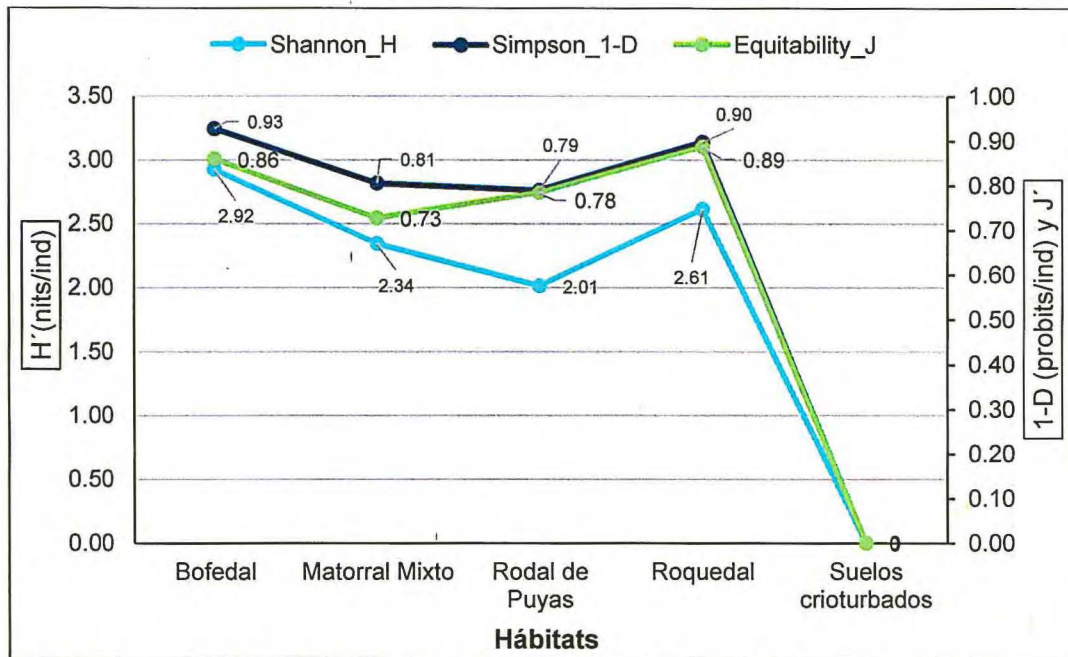


Figura 7-156. Índices de Diversidad por hábitat evaluado en el PM San Gabriel

El hábitat rodal de *Puya*, con 13 especies y 49 individuos registrados, fue el hábitat con el menor valor del índice de Shannon Wiener, con 2,01 nits/ind, además presentó un valor de 0,79 probits/ind para el índice de Simpson y un valor de 0,78 para el índice de equidad de Pielou. Estos valores nos indican que el hábitat rodal de *Puya*, registró una importante diversidad de aves, cuyas especies estuvieron equitativamente representadas en la muestra, esto quiere decir que no hubo dominancia de especies, a pesar de la influencia del «perico cordillerano *Psilopsiagon aurifrons*» (Tabla 7-70).

Es importante mencionar que el hábitat Suelos crioturbados fue el que presentó los menores valores de riqueza y abundancia de especies, con solo una especie y 3 individuos registrados, estos datos no permitieron realizar el cálculo de los índices de diversidad, debido a los pocos registros obtenidos en este hábitat (Ver Tabla 7-70).

Tabla 7-71. Riqueza y Abundancia e índices de diversidad por hábitat

Datos	Bo	Mm	Rp	Ro	Sc
Riqueza (Número total de especies)	30	25	13	19	1
Abundancia (Total de Individuos)	357	171	49	61	3
Índice de Shannon (H')	2,92	2,34	2,01	2,61	-
Índice de Simpson (1-D)	0,93	0,81	0,79	0,90	-
Índice de Equidad (J')	0,86	0,73	0,78	0,89	-
Esfuerzo de muestreo	12 TL	8 TL	9TL	1 TL	1 TL

Leyenda: Bo: Bofedal, Mm: Matorral mixto, Rp: Rodal de puya, Ro: Roquedal, Sc: Suelos crioturbados, TL: Transecto lineal.

Similitud por hábitat

Según el índice cuantitativo de Morisita, se observa un agrupamiento con una similitud del 80 %, conformado por los hábitats matorral mixto (Mm) y roquedal (Ro), es decir que, estos hábitats comparten el 80 % de las especies que se han registrado, entre ellas destacan *Asthenes modesta*, *Cinclodes albiventris*, *Diuca speculifera*, *Geranoaetus polyosoma*, *Metriopelia melanoptera*, *Muscisaxicola cinereus*, *M. frontalis*, *M. griseus*, entre otras. La similitud de estos hábitats está ligada al desplazamiento de las especies que albergan, pues dichas especies utilizan el roquedal y el matorral mixto como zonas de desplazamiento, reproducción y



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a vertical list of letters 'D', 'P', 'A', 'R' and a signature 'J.M.P.R.' at the bottom.



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

alimentación, generalmente ambos hábitats son cercanos por lo que el recambio de especies es constante (Tabla 7-71, Figura 7-157).

Tabla 7-72. Valores del índice de Similitud de Morisita entre los hábitats

Hábitats	Bofedal	Matorral mixto	Rodal de puyas	Roquedal	Suelos crioturbados
Bofedal	1,00	0,34	0,09	0,41	0,07
Matorral mixto	0,34	1,00	0,29	0,80	0,00
Rodal de puyas	0,09	0,29	1,00	0,23	0,00
Roquedal	0,41	0,80	0,23	1,00	0,12
Suelos crioturbados	0,07	0,00	0,00	0,12	1,00

A la agrupación mencionada se une el hábitat bofedal (Bo) y rodal de *Puya* (Rp) con una similitud entre 41 % y 23 %, respectivamente (Tabla 7-71 y Figura 7-157). La disimilitud se observa al comparar el hábitat suelos crioturbados (Sc) con el resto de los hábitats. El índice de Morisita toma en cuenta la similitud en la composición de especies como la semejanza en sus abundancias, permitiendo de esta forma mostrar las especies compartidas entre los hábitats bofedal, matorral mixto, roquedal, suelos crioturbados y rodal de *Puya*.

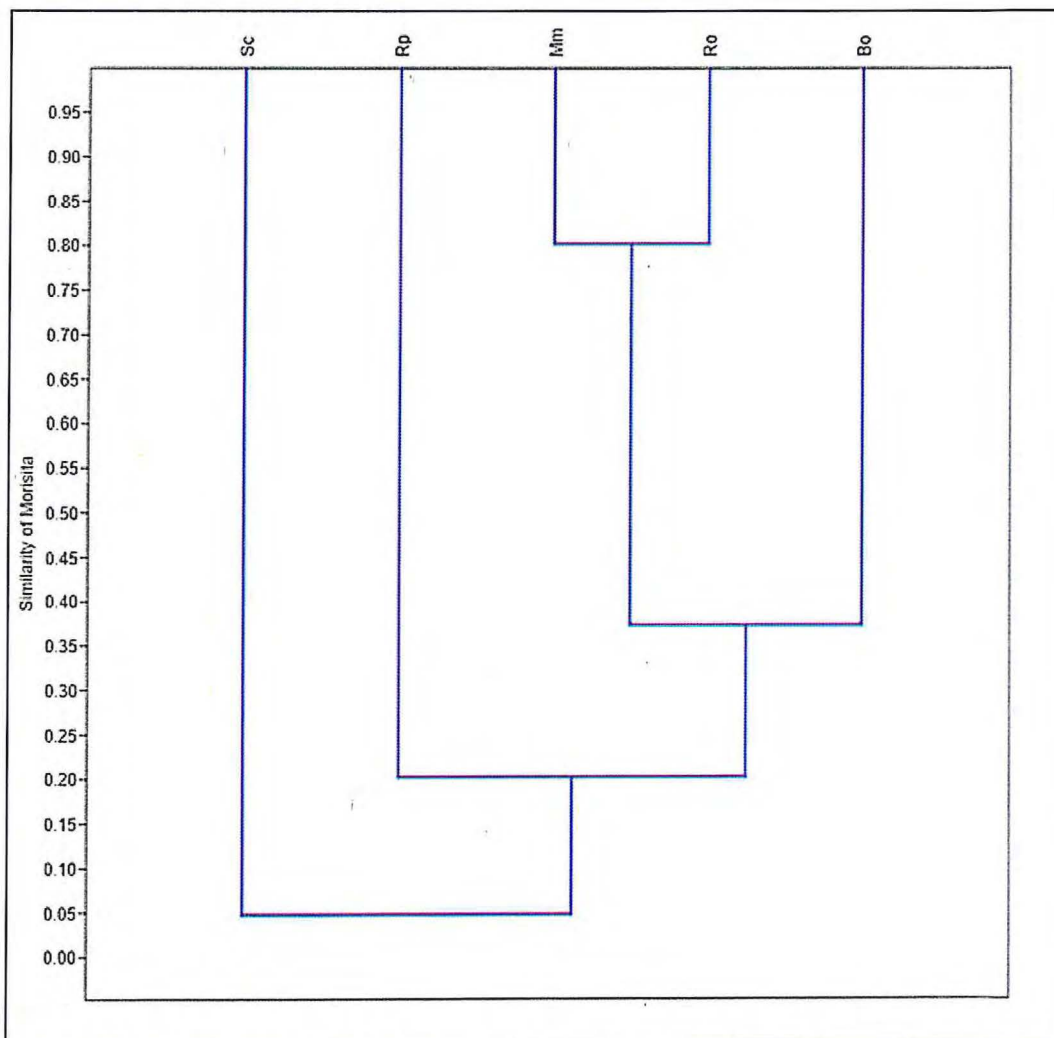


Figura 7-157. Dendrograma de Similitud de Morisita entre unidades de vegetación
Leyenda: Bo: Bofedal, Rp: Rodal de puyas, Sc: Suelo Crioturbado, Mm: Matorral mixto, Ro: Roquedal



Handwritten signature and notes in blue ink.

Handwritten signature and initials in blue ink.

**C. Descripción de las aves por microcuenca****Riqueza y abundancia por microcuenca**• **Microcuenca Agani-Ansamani**○ **Zona Agani-Ansamani (Pachacutec)**

Esta zona es la que presenta la mayor extensión de área de estudio, comprende el ecosistema frágil EF 3 y está representada por los hábitats bofedal, matorral mixto y roquedal. Estos hábitats fueron evaluados mediante 8 transectos lineales.

En esta zona se registraron 29 especies y 284 individuos, pertenecientes a 13 familias y 7 órdenes taxonómicos. El orden con mayor representatividad fue Passeriformes con 21 especies y 6 familias, seguido del orden Charadriiformes con 3 especies y 2 familias. La familia con mayor representatividad fue Thraupidae (fringilos, espigueros y dormilonas) con 7 especies, seguido de la familia Furnariidae (canasteros) con 6 especies y la familia Tyrannidae con 5 especies reportadas.

La especie con mayor abundancia registrada fue *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 55 individuos registrados que representaron el 19,37 % del total, seguido de la especie *Charadrius bairdii* «playerito de Baird» con 51 individuos que representaron el 17,96 %, *Cinclodes albiventris* «churrete de ala crema» con 27 individuos es la tercera especie más abundante, esta abundancia representó el 9,51 % del total, seguido de *Orochelidon andecola* «golondrina andina» con 16 individuos que representaron el 5,63 % y *Diuca speculifera* «diuca de ala blanca» con 15 individuos que representaron el 5,28 % (Tabla 7-72).

Es importante mencionar que la zona Agani-Ansamani (sector Pachacutec) fue la zona con mayor extensión de área, lo cual le permite albergar una alta riqueza y abundancia de especies convirtiéndola en una zona de vital importancia para la conservación de aves.

Tabla 7-73. Riqueza de especies y abundancia registrada en la zona Agani-Ansamani

Nº	Orden	Familia	Especie	Agani - Ansamani (Pachacutec)	
				EF3	AR (%)
1	Anseriformes	Anatidae	<i>Oressochen melanopterus</i> *	3	1,06
2	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	0,35
3	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Calidris bairdii</i> *	51	17,96
4	Charadriiformes	Thinocoridae	<i>Attagis gayi</i> *	16	5,63
5	Charadriiformes	Thinocoridae	<i>Thinocorus orbignyianus</i> *	15	5,28
6	Columbiformes	Columbidae	<i>Metriopelia melanoptera</i>	3	1,06
7	Piciformes	Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>	2	0,70
8	Falconiformes	Falconidae	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	1	0,35
9	Passeriformes	Furnariidae	<i>Geositta cunicularia</i>	1	0,35
10	Passeriformes	Furnariidae	<i>Geositta tenuirostris</i>	2	0,70
11	Passeriformes	Furnariidae	<i>Upucerthia validirostris</i>	4	1,41
12	Passeriformes	Furnariidae	<i>Cinclodes albiventris</i>	27	9,51
13	Passeriformes	Furnariidae	<i>Cinclodes atacamensis</i>	1	0,35
14	Passeriformes	Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	7	2,46
15	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	1	0,35
16	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola griseus</i>	9	3,17
17	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola cinereus</i>	14	4,93
18	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	1	0,35



Handwritten notes and signatures on the left margin, including a vertical signature and a signature at the bottom.



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

Nº	Orden	Familia	Especie	Agani - Ansamani (Pachacutec)	
				EF3	AR (%)
19	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola frontalis</i>	1	0,35
20	Passeriformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon andecola</i>	16	5,63
21	Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus punensis</i>	11	3,87
22	Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus unicolor</i>	7	2,46
23	Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus erythronotus</i>	3	1,06
24	Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus plebejus</i>	55	19,37
25	Passeriformes	Thraupidae	<i>Diuca speculifera</i>	15	5,28
26	Passeriformes	Thraupidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	1	0,35
27	Passeriformes	Thraupidae	<i>Sicalis olivascens</i>	2	0,70
28	Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	3	1,06
29	Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus atratus</i>	11	3,87
S (Riqueza de especies)				29	
N (Abundancia de especies)				284	

*: aves acuáticas según Wetlands International, EF: Ecosistema frágil

o Zona Jamochini

Esta zona comprende el ecosistema frágil EF 1 y está representada por los hábitats bofedal, matorral mixto y roquedal. Estos hábitats fueron evaluados mediante la aplicación de 5 transectos lineales.

En esta zona se registraron 9 especies y 30 individuos, pertenecientes a 4 familias y 2 órdenes taxonómicos. El orden con mayor representatividad fue Passeriformes con 3 familias y 8 especies registradas, seguido del orden Accipitriformes con una familia y una especie. Las familias más representativas fueron Thraupidae (fringilos y espiqueros) y Furnariidae (canasteros) con 3 especies, seguido de la familia Tyrannidae (pitajos y dormilonas) con 2 especies, por último, la familia Accipitridae (águilas) con una sola especie.

La especie con la mayor abundancia registrada fue *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 9 individuos que representaron el 30 %, seguido de las especies *Cinclodes albiventris* «churrete de ala crema» y *Asthenes modesta* «canastero cordillerano», ambas con 5 individuos que representaron el 16,67 %, la siguiente especie fue *Upucerthia validirostris* «bandurrita de Jelski» con 3 individuos que representaron el 10 % del total (Tabla 7-73). Entre las especies registradas destaca la especie *Geranoaetus polyosoma* «aguilucho variable», por estar listada dentro del apéndice II del Cites.

Tabla 7-74. Riqueza de especies y abundancia registrada en la zona Jamochini

Nº	Orden	Familia	Especie	Jamochini	
				EF 1	AR (%)
1	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	3,33
2	Passeriformes	Furnariidae	<i>Upucerthia validirostris</i>	3	10,00
3	Passeriformes	Furnariidae	<i>Cinclodes albiventris</i>	5	16,67
4	Passeriformes	Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	5	16,67
5	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	2	6,67
6	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	2	6,67
7	Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus unicolor</i>	2	6,67
8	Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus plebejus</i>	9	30,00
9	Passeriformes	Thraupidae	<i>Diuca speculifera</i>	1	3,33
S (Riqueza de especies)				9	
N (Abundancia de especies)				30	



o Zona Ceniguillayoc-Quilcata

Esta zona comprende el ecosistema frágil denominado EF 2 y los hábitats bofedal, matorral mixto y roquedal. Estos hábitats fueron evaluados mediante la aplicación de 5 transectos lineales.

En esta zona se registraron 24 especies y 117 individuos, pertenecientes a 10 familias y 6 órdenes taxonómicos. El orden con mayor representatividad fue Passeriformes con 17 especies y 4 familias, seguido del orden Charadriiformes con 2 especies y 2 familias. Las familias más representativas fueron Tyrannidae (dormilonas y pitajos) y Thraupidae (fringilos y espigueros, ambas con 6 especies, seguido de la familia Furnariidae (canasteros) con 4 especies y la familia Accipitridae (águilas) con 2 especies.

La especie con la mayor abundancia reportada fue *Sicalis uropygialis* «chirigüe de lomo brillante» con 21 individuos que representaron el 17,95 %, seguido de la especie *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 18 individuos que representaron el 15,38 %, las especies *Cinclodes albiventris* «churrete de ala crema» y *Muscisaxicola cinereus*, ambas fueron la tercera y cuarta especie mayor abundancia registrada, con 11 individuos que representaron el 9,40 % cada una, y *Metriopelia melanoptera* «tortolita de ala negra» con 10 individuos que representaron el 8,55 % del total (Tabla 7-74).

Entre las especies registradas destacan las especies *Geranoaetus polyosoma* «aguilucho variable», *G. melanoleucus* «aguilucho de pecho negro», por estar listada dentro del apéndice II del Cites.

Tabla 7-75. Riqueza de especies y abundancia registrada en la zona Ceniguillayoc-Quilcata

Nº	Orden	Familia	Especie	Ceniguillayoc - Quilcata	
				EF 2	AR (%)
1	Tinamiformes	Tinamidae	<i>Nothoprocta ornata</i>	1	0,85
2	Anseriformes	Anatidae	<i>Oressochen melanopterus*</i>	2	1,71
3	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	0,85
4	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	1	0,85
5	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Gallinago andina*</i>	1	0,85
6	Charadriiformes	Thinocoridae	<i>Thinocorus orbignyianus*</i>	2	1,71
7	Columbiformes	Columbidae	<i>Metriopelia melanoptera</i>	10	8,55
8	Passeriformes	Furnariidae	<i>Upucerthia validirostris</i>	1	0,85
9	Passeriformes	Furnariidae	<i>Cinclodes albiventris</i>	11	9,40
10	Passeriformes	Furnariidae	<i>Cinclodes atacamensis</i>	1	0,85
11	Passeriformes	Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	2	1,71
12	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	1	0,85
13	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola griseus</i>	4	3,42
14	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	3	2,56
15	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola cinereus</i>	11	9,40
16	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola rufivertex</i>	1	0,85
17	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola frontalis</i>	1	0,85
18	Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus punensis</i>	1	0,85
19	Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus unicolor</i>	7	5,98
20	Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus plebejus</i>	18	15,38
21	Passeriformes	Thraupidae	<i>Diuca speculifera</i>	6	5,13
22	Passeriformes	Thraupidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	21	17,95
23	Passeriformes	Thraupidae	<i>Sicalis olivascens</i>	2	1,71
24	Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus atratus</i>	8	6,84



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a vertical list of letters (P, J, F, M, R) and a signature at the bottom.



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

N°	Orden	Familia	Especie	Ceniguillayoc - Quilcata	
				EF 2	AR (%)
S (Riqueza de especies)				24	
N (Abundancia de especies)				117	

*: aves acuáticas según Wetlands International, EF: Ecosistema frágil

o Zona Japucucho-Agani 2

Esta zona comprende el ecosistema frágil denominado EF 4 y los hábitats bofedal, matorral mixto y roquedal. Estos hábitats fueron evaluados mediante la aplicación de 5 transectos lineales.

En esta zona se registraron 23 especies y 150 individuos, pertenecientes a 9 familias y 6 órdenes taxonómicos. El orden con mayor representatividad fue Passeriformes con 17 especies y 4 familias, seguido del orden Charadriiformes con 2 especies y 1 familia. Las familias más representativas fueron Furnariidae (canasteros) y Thraupidae (fringilos y espigueros), ambas con 6 especies, seguido de la familia Tyrannidae (espigueros) con 4 especies, mientras que, las familias Hirundinidae (golondrinas) y Thinocoridae (agachonas) registraron 2 especies cada una.

La especie con la mayor abundancia reportada fue *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 27 individuos que representaron el 18 %, seguido de la especie *Pygochelidon cyanoleuca* «golondrina azul y blanca rosa» con 18 individuos que representaron el 12 %, seguido de las especies *Cinclodes albiventris* «churrete de ala crema» con 14 individuos que representaron el 9,33 %, y de la especie *Phrygilus unicolor* «fringilo plomizo» con 10 individuos que reasentaron el 6,67 % (Tabla 7-75).

Entre las especies registradas destacan las especies *Geranoaetus polyosoma* «aguilucho variable» y el colibrí *Oreotrochilus estella* «estrella andina», por estar listadas dentro del apéndice II del Cites.

Tabla 7-76. Riqueza de especies y abundancia registrada en la zona Japucucho-Agani 2

N°	Orden	Familia	Especie	Japucucho-Agani 2	
				EF 4	AR (%)
1	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	2	1,33
2	Charadriiformes	Thinocoridae	<i>Attagis gayi*</i>	4	2,67
3	Charadriiformes	Thinocoridae	<i>Thinocorus orbignyianus*</i>	8	5,33
4	Columbiformes	Columbidae	<i>Metriopelia melanoptera</i>	3	2,00
5	Apodiformes	Trochilidae	<i>Oreotrochilus estella</i>	1	0,67
6	Piciformes	Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>	9	6,00
7	Passeriformes	Furnariidae	<i>Geositta tenuirostris</i>	1	0,67
8	Passeriformes	Furnariidae	<i>Upucerthia validirostris</i>	4	2,67
9	Passeriformes	Furnariidae	<i>Cinclodes albiventris</i>	14	9,33
10	Passeriformes	Furnariidae	<i>Cinclodes atacamensis</i>	1	0,67
11	Passeriformes	Furnariidae	<i>Leptasthenura andicola</i>	3	2,00
12	Passeriformes	Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	4	2,67
13	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola griseus</i>	2	1,33
14	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	5	3,33
15	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola cinereus</i>	8	5,33
16	Passeriformes	Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	18	12,00
17	Passeriformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon andecola</i>	2	1,33
18	Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus punensis</i>	2	1,33
19	Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus unicolor</i>	10	6,67
20	Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus erythronotus</i>	9	6,00
21	Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus plebejus</i>	27	18,00



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



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

Nº	Orden	Familia	Especie	Japucucho-Agani 2	
				EF 4	AR (%)
22	Passeriformes	Thraupidae	<i>Diuca speculifera</i>	5	3,33
23	Passeriformes	Thraupidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	8	5,33
S (Riqueza de especies)				23	
N (Abundancia de especies)				150	

*: aves acuáticas según Wetlands International, EF: Ecosistema frágil

- **Microcuenca Itapallone (Sector Corire)**

- **Zona Apacheta-Corire (zona I)**

Esta zona corresponde a la zona I de evaluación y comprende los hábitats roquedal y suelos crioturbados. Estos Hábitats fueron evaluados mediante la aplicación de 4 transectos lineales.

En esta zona se registraron 6 especies y 11 individuos, pertenecientes a 4 familias y 2 órdenes taxonómicos. El orden más representativo fue Passeriformes con 3 familias y 5 especies, seguido del orden Falconiformes con tan solo una familia y una especie. Las familias más representativas fueron Tyrannidae (dormilonas, pitajos) y Furnariidae (canasteros) ambos con 2 especies, seguido de las familias Falconidae (halcones) e Hirundinidae (golondrinas), ambas con una sola especie.

Las especies con la mayor abundancia registrada fueron *Muscisaxicola juninensis* «dormilona de la puna» y *Orochelidon andecola* «golondrina andina» ambas con 3 individuos que representaron el 27,27 %, seguido de la especie *Falco sparverius* «cernícalo americano» con 2 individuos que representaron el 18,18 % y por último las especies *Upucerthia validirostris* «bandurria de Jelski», *Asthenes modesta* «canastero cordillerano» y *Agriornis montanus* «arriero de pico negro», todas con un solo individuo que representó 9,09 % del total (Tabla 7-76).

Entre las especies registradas destaca la especie *Falco sparverius* «cernícalo americano» porque es una especie listada dentro del apéndice II del Cites.

Tabla 7-77. Riqueza de especies y abundancia registrada en la zona Atifayoc

Nº	Orden	Familia	Especie	Atifayoc (Corire)	
				Zona I	AR (%)
1	Falconiformes	Falconidae	<i>Falco femoralis</i>	2	18,18
2	Passeriformes	Furnariidae	<i>Upucerthia validirostris</i>	1	9,09
3	Passeriformes	Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	1	9,09
4	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	3	27,27
5	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Agriornis montanus</i>	1	9,09
6	Passeriformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon andecola</i>	3	27,27
S (Riqueza de especies)				6	
N (Abundancia de especies)				11	

- **Microcuenca Oyo Oyo**

- **Zona Oyo Oyo**

Esta zona corresponde al ecosistema frágil denominado EF 5, se encuentra ubicado fuera del área de influencia directa del PM San Gabriel y comprende al hábitat rodal de *Puya*. Este hábitat fue evaluado mediante la aplicación de un transecto línea.



Handwritten vertical text: A, P, P, A, R

Handwritten signature: J. N. P. A.



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

En este hábitat se registraron 13 especies y 49 individuos, pertenecientes a 7 familias y 4 órdenes taxonómicos. El orden Passeriformes fue el más representativo con 4 familias y 10 especies, seguido de los órdenes Accipitriformes, Apodiformes y Psittaciformes, todos con una familia y una especie registrada.

La especie con la mayor abundancia registrada fue *Psilopsiagon aurifrons* «perico cordillerano» con 20 individuos reportados que representaron el 40,82 %, seguido de la especie *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 6 individuos que representaron el 8,16 %, *Asthenes dorbignyi* «canastero de pecho cremosos» fue la tercera especie con mayor abundancia, este valor representó el 10,20 % de la abundancia total registrada (Tabla 7-77). Entre las especies registradas destacan las especies *Geranoaetus polyosoma* «aguilucho variable», el colibrí *Oreotrochilus estella* «estrella andina» y la especie *Psilopsiagon aurifrons* «perico cordillerano», por estar listadas dentro del apéndice II del Cites.

Tabla 7-78. Riqueza de especies y abundancia registrada en la zona Oyo Oyo

Nº	Orden	Familia	Especie	Oyo Oyo	
				EF 5	AR (%)
1	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	2,04
2	Apodiformes	Trochilidae	<i>Oreotrochilus estella</i>	1	2,04
3	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Psilopsiagon aurifrons</i>	20	40,82
4	Passeriformes	Furnariidae	<i>Asthenes dorbignyi</i>	5	10,20
5	Passeriformes	Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	1	2,04
6	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Agriornis montanus</i>	1	2,04
7	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Ochthoeca oenanthoides</i>	2	4,08
8	Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa brunneiventris</i>	3	6,12
9	Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus punensis</i>	1	2,04
10	Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus fruticeti</i>	3	6,12
11	Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus plebejus</i>	6	12,24
12	Passeriformes	Thraupidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	4	8,16
13	Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	1	2,04
S (Riqueza de especies)				13	
N (Abundancia de especies)				49	

Diversidad por microcuena

Según los datos obtenidos, se tiene que la microcuena que presentó los valores más altos de riqueza y abundancia de especies fue Agani-Ansamani con 37 especies y 581 individuos. Esta microcuena presentó el mayor valor para el índice de Shannon Wiener con 2,99 nits/ind, un valor de 0,93 probits/ind para el índice de Simpson y un valor de 0,83 para el índice de equidad de Pielou. Estos valores nos indican que la microcuena Agani-Ansamani presentó una alta diversidad, y que las especies registradas estuvieron representadas equitativamente en la muestra, es decir que no hubo dominancia de especies. La extensión de esta microcuena, sumado a la cantidad de hábitats que albergan permiten la presencia de muchas especies, las cuales aprovecha esta microcuena como zona de desplazamiento hacia las demás y a su vez aprovechan los recursos propios de ella (Tabla 7-78, Figura 7-158).

Tabla 7-79. Riqueza, abundancia e índices de diversidad por microcuena

Datos	Agani-Ansamani	Oyo oyo	Itapallone (Sector Corire)
Riqueza (Número total de especies)	37	13	6
Abundancia (Total de Individuos)	581	49	11
Índice de Shannon (H')	2,99	2,01	1,67
Índice de Simpson (1-D)	0,93	0,79	0,79
Índice de Equidad (J')	0,83	0,78	0,93
Esfuerzo de muestreo	26	1	4



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

La microcuenca Itapallone (sector Corire), con 6 especies y 11 individuos registrados, fue la que presentó el menor valor del índice de Shannon Wiener, con 1,67 nits/ind, además presentó un valor de 0,79 probits/ind para el índice de Simpson y un valor de 0,93 para el índice de equidad de Pielou. Estos valores nos indican que el hábitat rodal de *Puya*, registró una importante diversidad de aves, cuyas especies estuvieron equitativamente representadas en la muestra, sin dominancia de alguna especie.

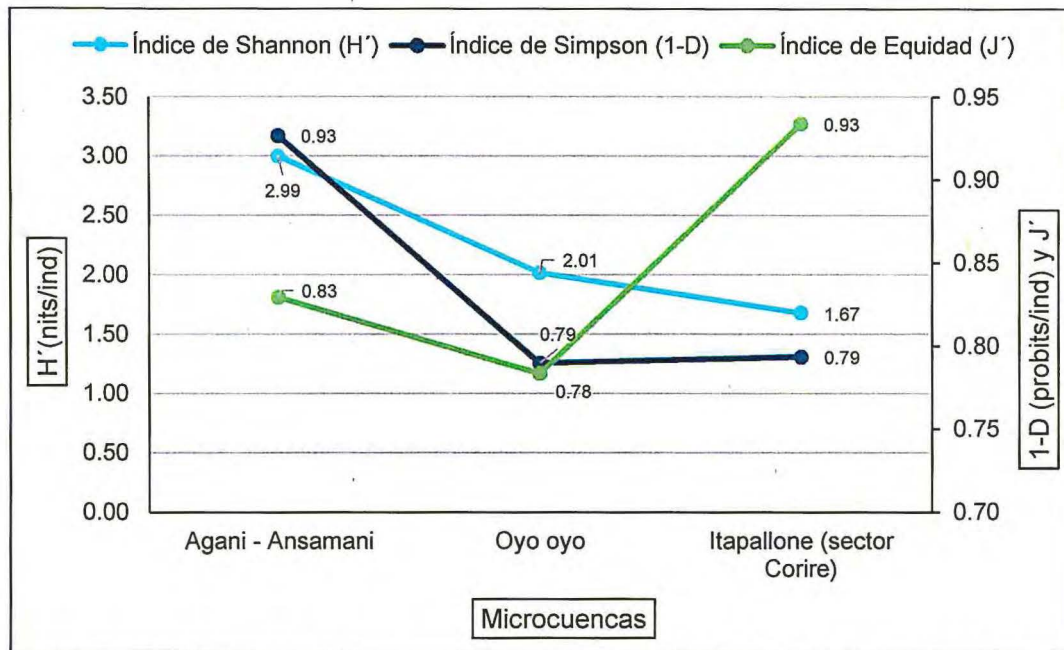


Figura 7-158. Índices de Diversidad por microcuenca evaluada en el PM San Gabriel

Es importante mencionar a pesar de que la microcuenca Oyo Oyo, solo fue evaluada mediante un transecto lineal, registrándose un total de 13 especies y 49 individuos, se obtuvo un valor del índice de Shannon Wiener de 2,01 nits/ind, un valor de 0,79 probits/ind para el índice de Simpson y un valor de 0,78 para el índice de equidad de Pielou, esto nos indica que en esta microcuenca, las especies estuvieron distribuidas de manera equitativa, sin dominancia de alguna especie, mostrando un importante de diversidad.

Similitud por microcuenca

Según el índice cuantitativo de Morisita, se observó un agrupamiento con una similitud del 20 %, conformado por las microcuencas Agani-Ansamani y Oyo Oyo, esto nos dice que ambas microcuencas comparten el 20 % de las especies que se han registrado, entre ellas destacan *Geranoaetus polyosoma*, *Oreotrochilus estella*, *Asthenes modesta*, *Phrygilus punensis*, *Sicalis uropygialis* y *Zonotrichia capensis*. Seguido del primer agrupamiento, observamos la adhesión de la microcuenca Itapallone, con un valor de similitud de 0,13, esto significa que presentan una similitud del 13% (Tabla 7-79 y Figura 7-159).

Tabla 7-80. Valores del índice de similitud de Morisita entre las microcuencas presentes

Microcuenca	Agani - Ansamani	Oyo Oyo	Itapallone
Agani-Ansamani	1	0,20	0,13
Oyo oyo	0,20	1	0,02
Itapallone	0,13	0,02	1



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including the name 'D. P. A.' and a signature 'D. P. A.' at the bottom.



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

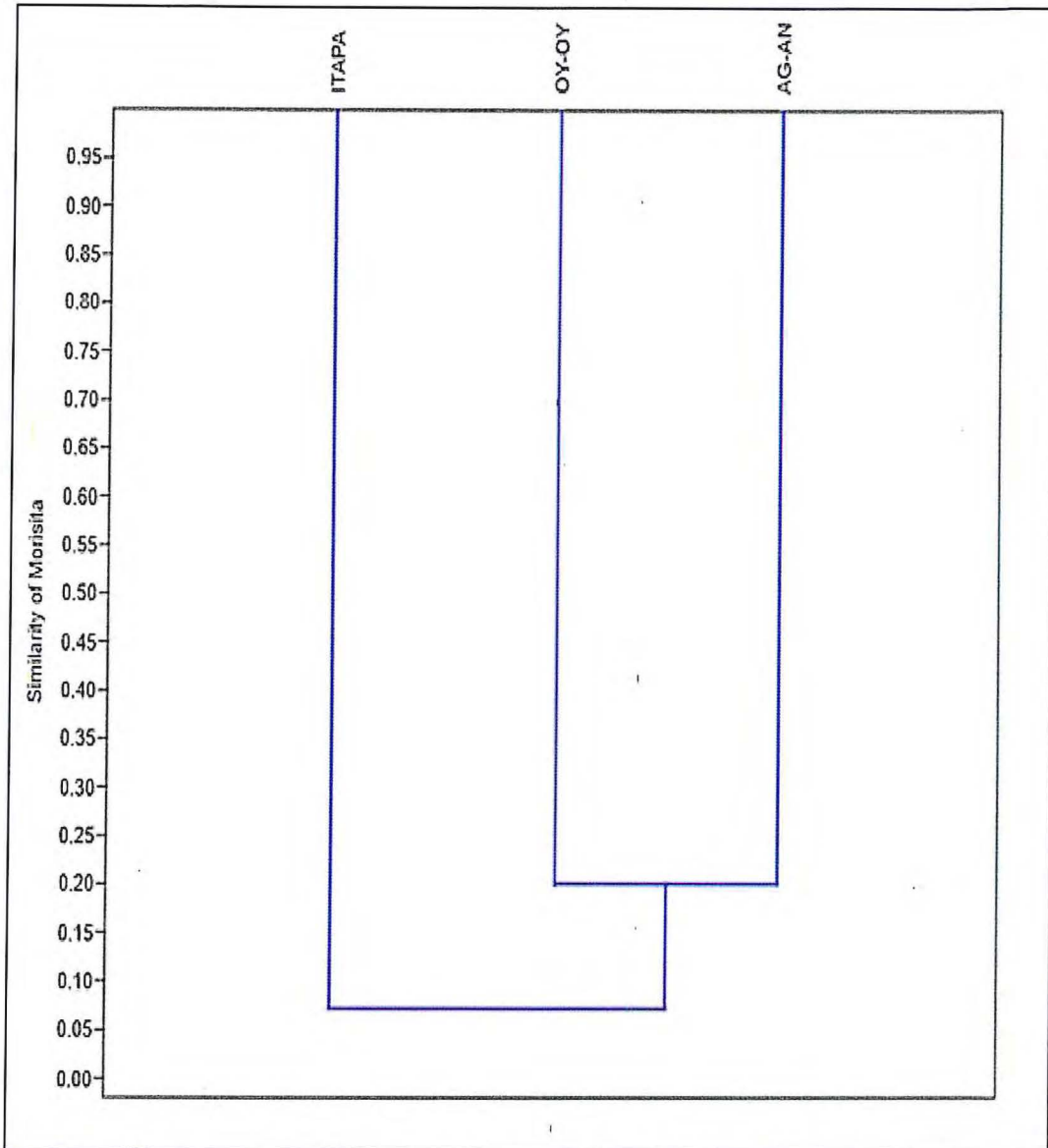


Figura 7-159. Dendrograma de similitud de Morisita entre microcuenas
Leyenda: AF-AN: microcuenca Agani-Ansamani; OY-OY: microcuenca Oyo Oyo, ITAPA: microcuenca Itapallone.

La poca similitud registrada entre las microcuenas, quizás podría deberse en primer lugar a tipo de hábitat predominante de cada microcuenca, pues al no ser ecosistemas similares, sólo las especies comunes o de fácil adaptación son las que estarán presentes en ambas microcuenas; y en segundo lugar, quizás la distancia y la altitud que separa ambas microcuenas, sería una variable que afecte los registros en la zona, ya que aunque las aves son especies de fácil adaptación hay muchas que restringen su presencia a cierto hábitat por determinadas características, lo que estaría influyendo en los registros y por ende en la de las microcuenas (Figura 7-159).

D. Análisis NMDS

Para determinar la diferencia en la composición de especies de aves, ponderados por la abundancia, en cada uno de los hábitats evaluados, se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS). Este análisis se realizó en base a

SUBDIRECCION TECNICA CIENTIFICA

↑
 P.
 J.
 A.
 R.
 A.
 R.
 J.
 M.
 P.



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

la distancia de Bray Curtis con 1000 permutaciones en el paquete vegan para R (Oksanen *et al.*, 2017)

En la Figura 7-160 podemos ver que se forman 4 grupos, presentando diferencias significativas sólo los transectos de los hábitats de bofedal y matorral mixto según el análisis de PERMANOVA ($p=0,003$).

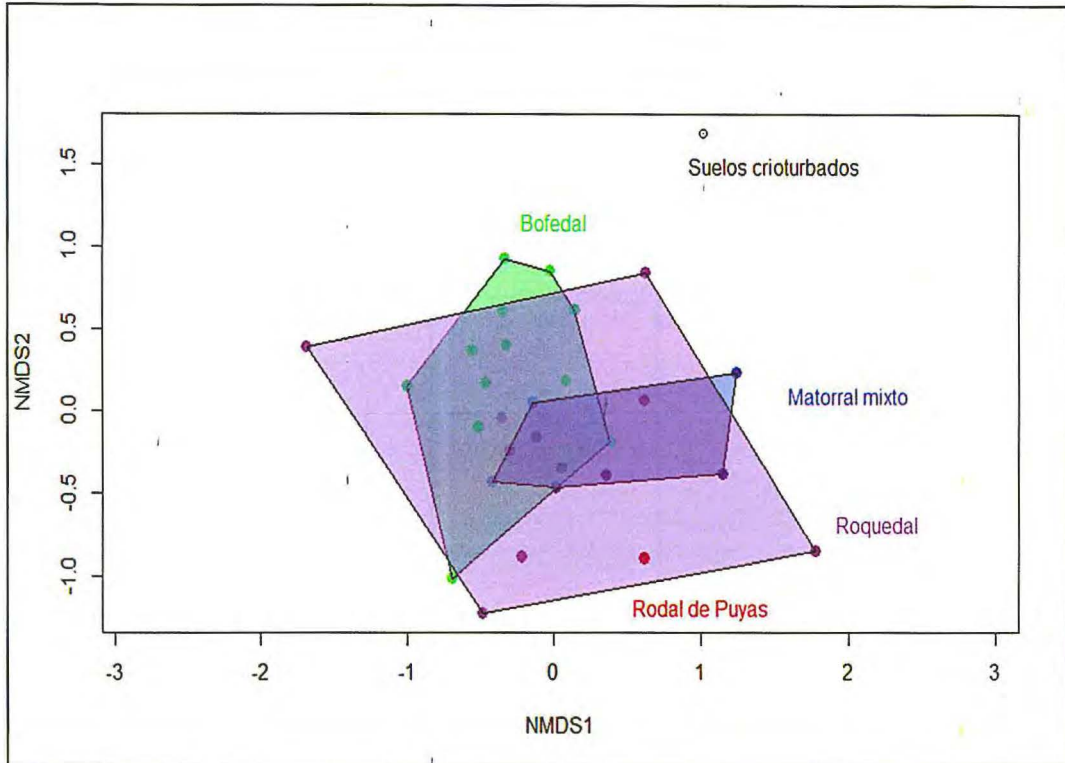


Figura 7-160. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) con las búsquedas intensivas realizadas en el área de estudio del PM San Gabriel

El primer grupo conformado por la aglutinación de los transectos ubicados en el hábitat bofedal, esto nos indica que los ambientes muestreados son muy similares, esto quiere decir que el hábitat bofedal presenta ciertas características peculiares como especies vegetales, humedad, etc, que influyen en ciertas especies que solo usan este tipo de hábitat o son propensos a utilizar este hábitat, algo similar ocurre con el hábitat matorral, aunque en menor escala, que el bofedal, quizás se deba a la presencia de pequeños arbustos, o pajonales cercanos u de otros hábitats que generan esa diferencia, que influye en la presencia de aves, en cambio, en el hábitat roquedal vemos que los transectos están muy alejados entre sí, esto se debió quizás a la disimilaridad en las muestras, las especies son distintas en cada transecto y también la cercanía a otros hábitats (Figura 7-160).

Es importante mencionar que, a pesar de que solo se evaluó un transecto ubicado en rodal de *Puya*, hay muchas especies que comparten con los demás hábitats por ello, a pesar de que no se encuentra en el gráfico muy cercano a alguno, forma parte del grupo por la diversidad mostradas, en cambio, el hábitat suelos crioturbados comprende a un área completamente distinta, donde en muchos transectos no hubo especies presentes, debido a ello es la lejanía con los demás hábitats.

Teniendo en cuenta que hábitats son los que presentan diferencias significativas, se realizó un análisis SIMPER, la cual es una prueba que evalúa la contribución en



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a vertical line of scribbles and a signature at the bottom left.



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

porcentaje de cada especie en relación a las medidas de similaridad, según esta prueba vemos que las especies *Phrygilus plebejus*, *Cinclodes albiventris*, *Sicalis uropygialis*, *Muscisaxicola cinereus*, *Thinocorus orbignyianus*, *Diuca speculifera*, *Calidris bairdii*, *Pygochelidon cyanoleuca*, *Phrygilus unicolor*, *Metriopelia melanoptera*, *Asthenes modesta*, *Spinus atratus*, *Colaptes rupicola* y *Attagis gayi*, son especies registradas en ambos hábitats las cuales presentan un valor de participación por encima del 75% en las muestras, correspondiendo a especies comunes o de mayor frecuencia de registro.

E. Curva de acumulación de especies

Se calculó la curva de acumulación de especies de aves ajustadas al modelo de la ecuación de Clench para los datos obtenidos de la evaluación en el área de estudio, para ello se utilizaron los programas: Estimates 9 (Colwell, 2011), con el cual se obtuvieron los valores requeridos para poder realizar la curva de acumulación, la misma que se ajustó al modelo de la ecuación de Clench, utilizando el software estadístico Statistica 7.0. Para la realización de la curva de acumulación se utilizó los datos obtenidos donde se registraron 43 especies.

El total de especies de aves registradas representó el 78,57 %, este valor es mayor al promedio registrado para la ecuación de Clench que indica que a partir de proporciones superiores al 70 %, la estimación de la riqueza asintótica se hace estable (Jiménez y Hortal, 2003). Este porcentaje nos indicó que nuestro esfuerzo de muestreo fue el adecuado y que el inventario de aves obtenido es bastante completo y altamente confiable.

Observando la curva de acumulación de especies de la EAT presente, se observa que el tamaño de la muestra de especies no llega a la asíntota, esto se debe a que para la zona se registró un total de 44 especies; mientras que, según los datos ajustados mediante la ecuación de Clench, indica que el máximo número de especies para el muestreo fue de 56 especies. Probablemente, las especies que no fueron registradas corresponderían a especies nocturnas o crepusculares, ocasionales, con migración altitudinal o especies estacionales (Figura 7-161).

El coeficiente de determinación R^2 tuvo un valor de 0,99 que representa un ajuste aceptable al modelo de Clench (cercano a uno). Manifestando que, la avifauna presente es muy rica en especies y que si realizamos más esfuerzo matemáticamente sería posible encontrar especies raras (baja abundancia y poca ocurrencia) e incrementar la riqueza (Figura 7-161).



Handwritten signature and vertical text on the left margin, including the name 'DARR' at the bottom.



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

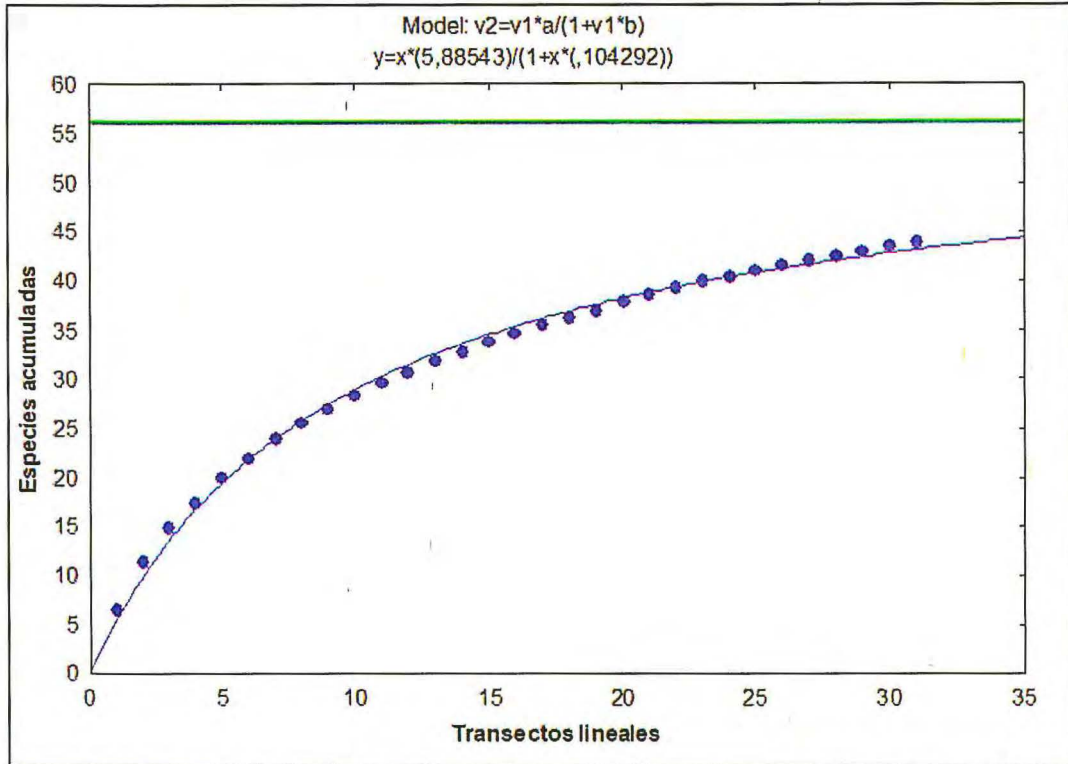


Figura 7-161. Curva de acumulación de especies presentes en el área del PM San Gabriel



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

En el PM San Gabriel se registraron 44 especies, de estas, sólo 14 especies se encuentran incluidas en alguna categoría de conservación y nivel de endemismo (Tabla 7-80). Estas 14 especies representaron el 31,82 % de la riqueza total.

Tabla 7-81. Lista de especies incluidas en categorías de conservación y endémicas registradas en el PM San Gabriel

Especie	Categorías de Conservación				Endemismo		
	DS 004-2014-MINAGRI	IUCN	CITES	CMS	Perú	EBA	Bioma
<i>Oressochen melanopterus</i>	-	LC	-	II	-	-	-
<i>Geranoaetus polyosoma</i>	-	LC	II	-	-	-	-
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	-	LC	II	-	-	-	-
<i>Oreotrochilus estella</i>	-	LC	II	-	-	-	CAN
<i>Colaptes rupicola</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	-	LC	II	-	-	-	-
<i>Falco femoralis</i>	-	LC	II	-	-	-	-
<i>Asthenes dorbignyi</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Muscisaxicola juninensis</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Ochthoeca oenanthoides</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Phrygilus punensis</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Phrygilus erythronotus</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Diuca speculifera</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Sicalis uropygialis</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN

Leyenda: (E): X: endémico de Perú, EN: En Peligro, NT: Casi Amenazado, LC: Preocupación menor, II: Apéndice II de la CITES o CMS, CAN: Bioma de los Andes Centrales, color azul: aves acuáticas, (-): Especie no se encontró listada dentro del D.S 004-2014 MINAGRI

Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including 'D.P.' and 'SHPA'.



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

No se registraron especies dentro de la legislación nacional (Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI) o dentro la lista de especies amenazadas de la IUCN (2018).

Según CITES se registró 5 especies incluidas en el apéndice II, este apéndice contempla a las especies que no están necesariamente amenazadas de extinción, pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio (CITES, 2017). Estas especies pertenecen a las familias taxonómicas Accipitridae (gavilanes), como *Geranoaetus polyosoma* «aguilucho variable» y *Geranoaetus melanoleucus* «aguilucho de pecho negro», especies de la familia Falconidae (halcones) como *Phalcoboenus megalopterus* «caracara cordillerano» y *Falco femoralis* «halcón aplomado» y la especie de la familia Trochilidae (picaflores), *Oreotrochilus estella* «estrellita andina». Asimismo las especies de la familia Anatidae (patos) están incluidas en apéndice II de la CEM (2015).

Finalmente, respecto al nivel de endemismo, no se registró especies endémicas de Perú, ni tampoco especies dentro de alguna Área de Endemismo de Aves (siglas en inglés, EBA). No obstante, si se registraron 9 especies dentro del Bioma andes centrales (siglas en inglés, CAN), (Tabla 7-80).

G. Uso actuales y potenciales de las aves por la población local

Durante la evaluación realizada en el área de estudio, los apoyos locales mencionaron que la población local hace uso de las aves; luego de entrevistarlos se llegó a la conclusión que solo 7 especies del total registrado son de las que hacen uso.

Uno de los usos que les da la población a las aves es el alimenticio, en muchas ocasiones estas aves son cazadas para consumo de carne o consumo de huevos, también ellos indican que hay especies que dan belleza al lugar donde viven, considerando su uso ornamental, ya que estas son especies muy vistosas, de plumaje llamativo, consideradas como parte de la belleza natural; en este grupo se encuentran los colibríes, pericos y jilgueros (Tabla 7-81).

Tabla 7-82. Usos de las aves por la población local

Especie	Nombre común	Usos	
		Alimento	Ornamental
<i>Nothoprocta ornata</i>	Perdiz cordillerana	X	-
<i>Oressochen melanopterus</i>	Cauquén Huallata	X	-
<i>Metriopelia melanoptera</i>	Tortolita de Ala Negra	X	-
<i>Oreotrochilus estella</i>	Estrella Andina	-	X
<i>Psilopsiagon aurifrons</i>	Perico Cordillerano	-	X
<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrion de Collar Rufo	-	X
<i>Spinus atratus</i>	Jilguero Negro	-	X

H. Uso actuales y potenciales de las aves por la población local

Por medio de las cámaras trampas utilizadas para la evaluación de mamíferos, se logró registrar 2 especies de aves, estas especies fueron *Oressochen melanopterus* «cauquén huallata» y *Tinamotis pentlandii* «perdiz de la puna». Esta última especie, es una perdiz de gran tamaño, que se desplaza en las partes altas de las montañas, en zonas de roquedal con pequeña vegetación, hábitats en donde se refugia, por lo que muchas veces sólo se le puede escuchar cantando, no obstante, debido a su gran tamaño, cuando esta en movimiento es fácilmente visible. La importancia de este registro radica en que este registro permitió incrementar la riqueza de aves registrada durante la presente evaluación, por lo que se resalta la importancia del uso de cámaras trampas para la evaluación de fauna silvestre.



7.2.6.3 Mamíferos

A. Composición y abundancia de mamíferos

En toda el área de evaluación se registraron 6 especies de mamíferos silvestres divididas en 3 órdenes, 6 familias y 6 géneros, siendo el orden carnívora el de mayor registro (3 especies), seguida del orden Cetartiodactyla con 2 especies registradas. (Tabla 7-82).

Tabla 7-83. Composición de mamíferos

Orden	Familia	Género	Especie
Rodentia	1	1	1
Carnivora	3	3	3
Cetartiodactyla	2	2	2
Total	6	6	6

En las evaluaciones mediante recorridos por transectos, los mayores registros obtenidos fueron de las especies *Lagidium viscacia* «vizcacha» y *Vicugna vicugna* «vicuña» con 13 y 10 registros cada uno respectivamente, entre observaciones directas y por medio de heces, madrigueras, restos y huellas, seguido de las especies del orden carnívora con 11 registros en total para este orden (Ver Anexo C.).

B. Descripción de los mamíferos por microcuenca

En esta sección se presenta y analiza los resultados sobre la riqueza y abundancias de especies, diversidad y similitud registradas en el área de estudio considerando microcuenca o zona de evaluación.

Riqueza y abundancia de mamíferos por microcuenca

En el área de influencia del PM San Gabriel se distinguen 2 microcuencas Agani-Ansamani (EF 1, EF 2, EF 3 y EF 4) e Itapallone (Corire). Las evaluaciones se enfocaron en los ecosistemas frágiles (EF), por lo que el esfuerzo de muestreo varía entre las microcuencas.

En cada microcuenca se evaluaron 12 transectos (microcuenca Agani-Ansamani) y 2 transectos en la microcuenca Itapallone (Corire) En dónde el mayor esfuerzo se realizó en la microcuenca Agani-Ansamani, con un total de 17,9 km en un tiempo de 17 horas y 15 minutos (Tabla 7-83).

Tabla 7-84. Unidades y esfuerzo de muestreo por microcuenca en el proyecto minero San Gabriel

Microcuenca	EF	Transectos	km	Tiempo
Agani-Ansamani	EF 1	3	3,5	4 h 50'
	EF 2	3	4,8	5 h 00'
	EF 3	3	4,3	3 h 20'
	EF 4	3	5,3	4 h 05'
Itapallone (Corire)	Zona I	2	2,9	3 h 45'
Total		14	20,8	21 h 00'

El esfuerzo de muestreo total con cámaras trampa fue de 145 trampas-noche, distribuidas para la Zona I y EF 1 con un esfuerzo de 14 trampas-noche respectivamente, para el EF 2 un esfuerzo de 43 trampas-noche, para el EF 3 un



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including the name 'J.M. P.A.' at the bottom.



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

esfuerzo de 29 trampas-noche y por último en el EF 4 con un esfuerzo mayor de 45 trampas-noche (Tabla 7-84).

Tabla 7-85. Esfuerzo de muestreo de cámaras trampa para la evaluación de mamíferos silvestres en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel

EF	Código	Fecha de Instalación	Fecha de desinstalación	Tiempo de registro (días)	Esfuerzo de muestreo (Trampas- noche)
Microcuenca Agani-Ansamani					
EF 4	SGFaCT-1	28/04/2018	12/05/2018	15	45
	SGFaCT-2	28/04/2018	12/05/2018	15	
	SGFaCT-3	28/04/2018	12/05/2018	15	
EF 3	SGFaCT-4	28/04/2018	12/05/2018	15	29
	SGFaCT-5	29/04/2018	12/05/2018	14	
EF 2	SGFaCT-6	29/04/2018	12/05/2018	14	43
	SGFaCT-7	28/04/2018	12/05/2018	15	
	SGFaCT-8	29/04/2018	12/05/2018	14	
EF 1	SGFaCT-9	29/04/2018	12/05/2018	14	14
Sub total					131
Microcuenca Itapallone (Corire)					
Zona I	SGFaCT-10	29/04/2018	12/05/2018	14	14
Total					145

Índice de ocurrencia (IO) e índice de Abundancia

Para el cálculo del índice de ocurrencia se tomaron en cuenta todos los registros y evidencias encontradas (cualitativas y cuantitativas) en el área de estudio. No se consideraron las entrevistas realizadas a los apoyos locales, ni las observaciones y evidencias obtenidas fuera de los recorridos. Los valores de índice de Ocurrencia (IO) e Índice de Abundancia (IA) se muestran en la Tabla 7-85.

A nivel del análisis del registro de evidencias y considerando los índices de ocurrencia (IO), se confirman la presencia de 3 especies, siendo estas: *Lagidium viscacia* «vizcacha», *Vicugna vicugna* «vicuña» e *Hippocamelus antisensis* «taruca», los cuales sobrepasaron al valor mínimo requerido (10) para confirmar su presencia según lo manifestado en Boddicker *et al.*, 2002.

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



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Tabla 7-86. Índice de ocurrencia (IO) e Índice de diversidad de mamíferos en las zonas evaluadas

Orden	Familia	Especies	Nombre común	Microcuenca Agani-Ansamani	Microcuenca Itapallone (Corire)				IO	IA
				Zona I	EF 1	EF 2	EF 3	EF 4		
Rodentia	Chinchillidae	<i>Lagidium viscacia</i>	Viscacha	-	O(1), He(2), Ma(2)	O(10)	O(16)	O(18), Hu(1)	23	471
Carnivora	Felidae	<i>Puma concolor</i>	Puma	-	-	-	Hu(1)	-	5	5
	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro	Hu(1), He(1)	Hu(2), He(2)	Hu(1), He(1)	Hu(1)	-	9	41
	Mephitidae	<i>Conepatus chinga</i>	Zorrino, añás	-	Ex(1)	-	Ex(2)	-	4	12
Cetartiodactyla	Camelidae	<i>Vicugna vicugna</i>	Vicuña	O(6), Hu(1)	O(2)	O(7), Hu(1)	Res(1)	O(3), Res(1)	19	198
	Cervidae	<i>Hippocamelus antisensis</i>	Taruca	O(1)	-	-	-	-	10	10

Legenda: IO=Índice de ocurrencia, IA=Índice de abundancia, O=Observaciones, Hu=Huellas, He= Heces, Ex=Excavación, Res= Restos



Handwritten signature and initials in blue ink, including 'D. P. A.' and 'D. P. A.' with a large flourish at the bottom.



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

Diversidad por microcuenca

En relación con la diversidad de especies por microcuenca de evaluación, la mayor diversidad se presentó en la microcuenca Agani-Ansamani con $H'_{Log_2}=1,04$ bits/individuo, en donde la riqueza estuvo conformada por 3 especies, con una abundancia de 12 individuos (Figura 7-162). La cámara instalada en esta zona fue la SGFaCT-10 registrando especies importantes como *Lycalopex culpaeus*, «zorro», *Conepatus chinga* «zorriño o añas» y *Vicugna vicugna* «vicuña» entre las más importantes.

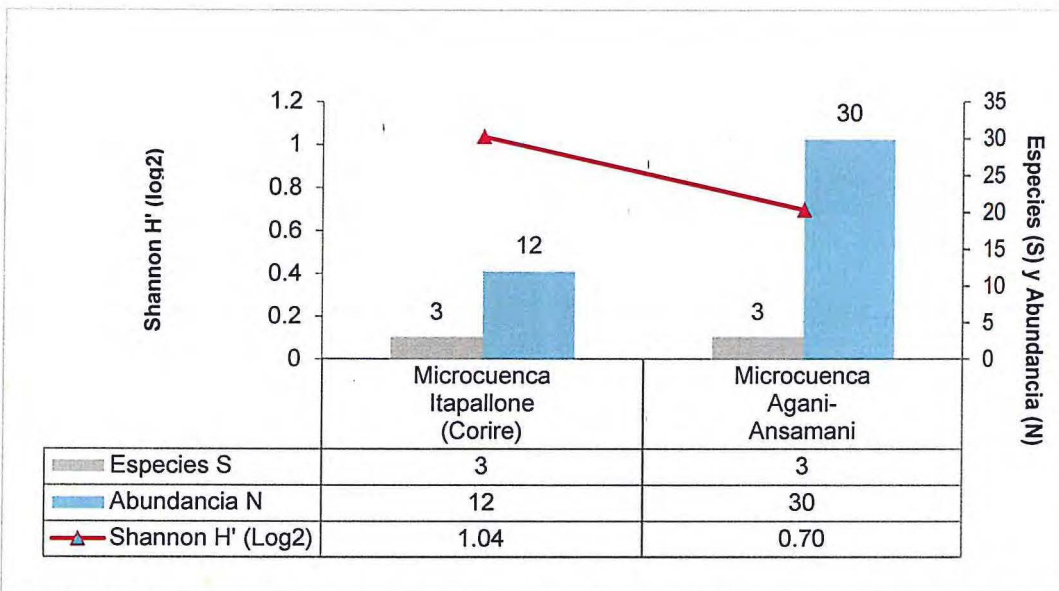


Figura 7-162. Diversidad y abundancia de mamíferos silvestres en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel

Similaridad por microcuenca

Mediante el análisis de similaridad de Jaccard, se obtuvo un grupo bien definido que comparten al menos la mayor parte de las especies registradas en ambas zonas. Este grupo conformado por las EF 1 y EF 3, con el 80 % de similaridad, las especies que originan esta unión son *Lagidium viscacia* «vizcachá», *Lycalopex culpaeus*, «zorro», *Conepatus chinga* «zorriño o añas» y *Vicugna vicugna* «vicuña». Los valores presentados en la Tabla 7-86, pueden ser expresados en porcentajes para poder entender este análisis.

Tabla 7-87. Similaridad de Jaccard por microcuenca en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel

Similaridad de Jaccard		Microcuenca	Microcuenca Itapallone (Corire)			
		Zona I	EF 1	EF 2	EF 3	EF 4
Microcuenca Agani-Ansamani	Zona I	1	0,4	0,5	0,333	0,25
	EF 1	0	1	0,75	0,8	0,5
Microcuenca Itapallone (Corire)	EF 2	0	0	1	0,6	0,667
	EF 3	0	0	0	1	0,4
	EF 4	0	0	0	0	1



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



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

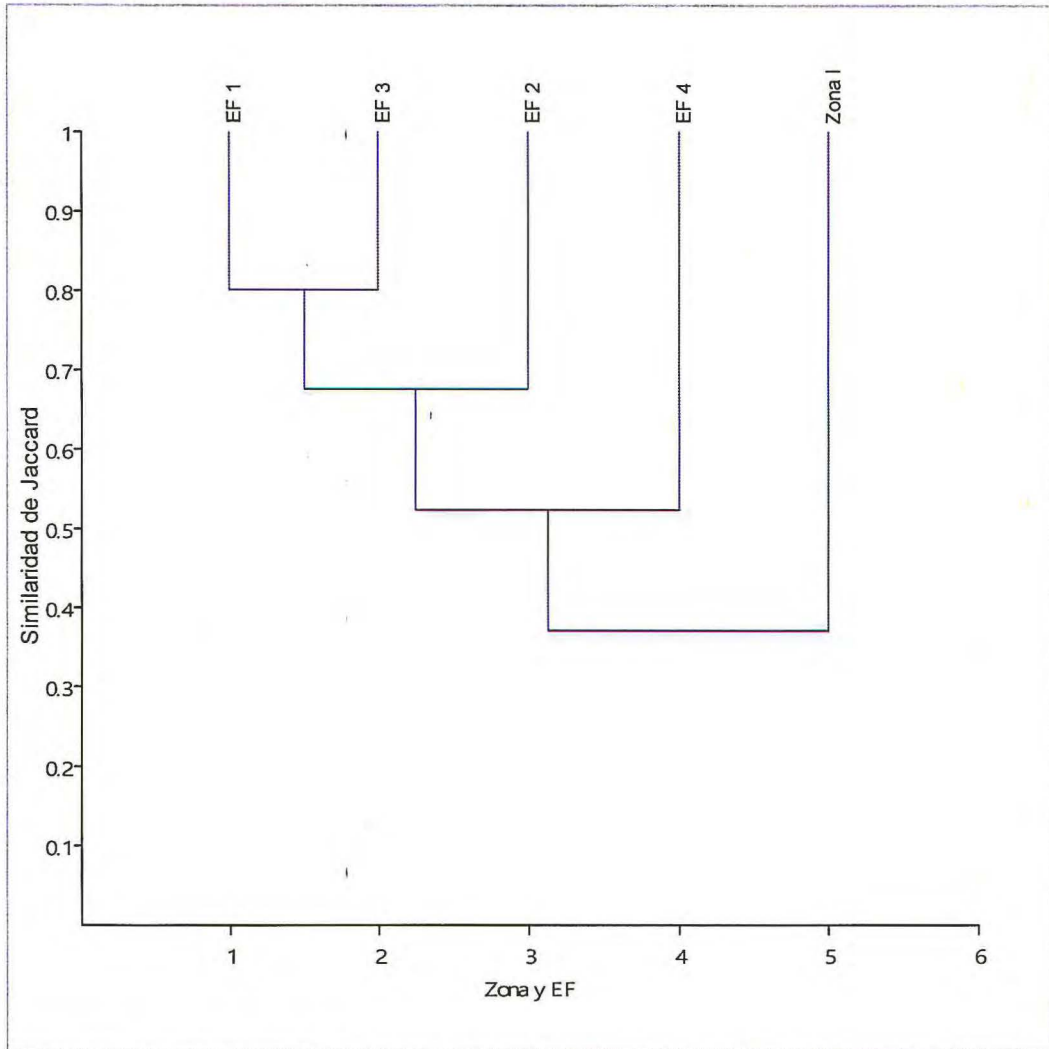


Figura 7-163. Cluster de similitud de especies compartidas entre zonas evaluadas

Los valores obtenidos en el análisis de similitud de Jaccard se muestran de manera gráfica en el Figura 7-163. Es necesario precisar que los valores usados para este análisis involucran los registros cualitativos y cuantitativos mediante recorridos.

C. Curva de acumulación

En la Figura 7-164 se presenta la curva de acumulación de especies de mamíferos silvestres sólo mediante el registro de recorridos. En ella se observa que el modelo de Clench es la que más se ajusta a los datos (R=1), en este caso, el número de recorridos realizados es casi el óptimo para el registro de 6 especies de posibles 7 especies potencialmente presentes. Al extrapolar la curva, se estima que, se ha logrado registrar casi el 90 % de las especies potencialmente presentes para el área de estudio.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including a large arrow pointing upwards and the name 'S.M.A.' at the bottom.



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

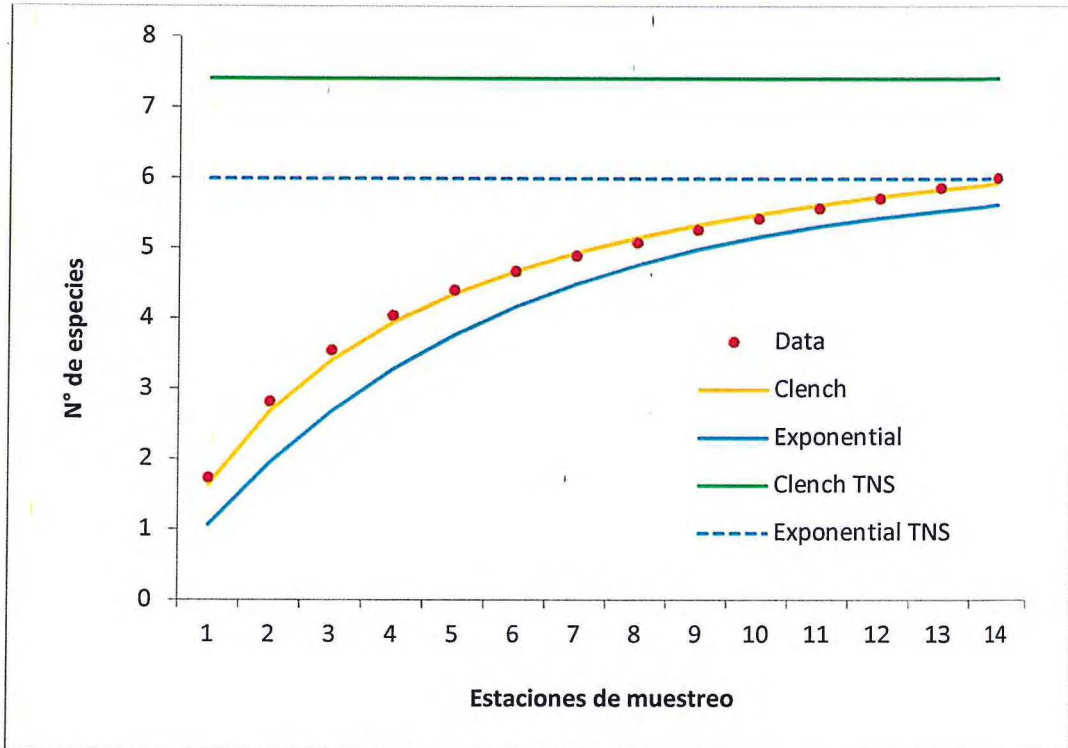


Figura 7-164. Curva de acumulación de especies

D. Análisis de evaluación por cámaras trampa

Por medio de cámaras trampa, se obtuvo 42 registros independientes de mamíferos silvestres pertenecientes a un total de 4 especies, pertenecientes a 3 órdenes y 4 familias, entre las que destacan, *Lagidium viscacia* «vizcacha», *Lycalopex culpaeus*, «zorro», *Conepatus chinga* «zorrino o añas» y *Vicugna vicugna* «vicuña» como especies importantes (Figura 7-165 y Tabla 7-87).

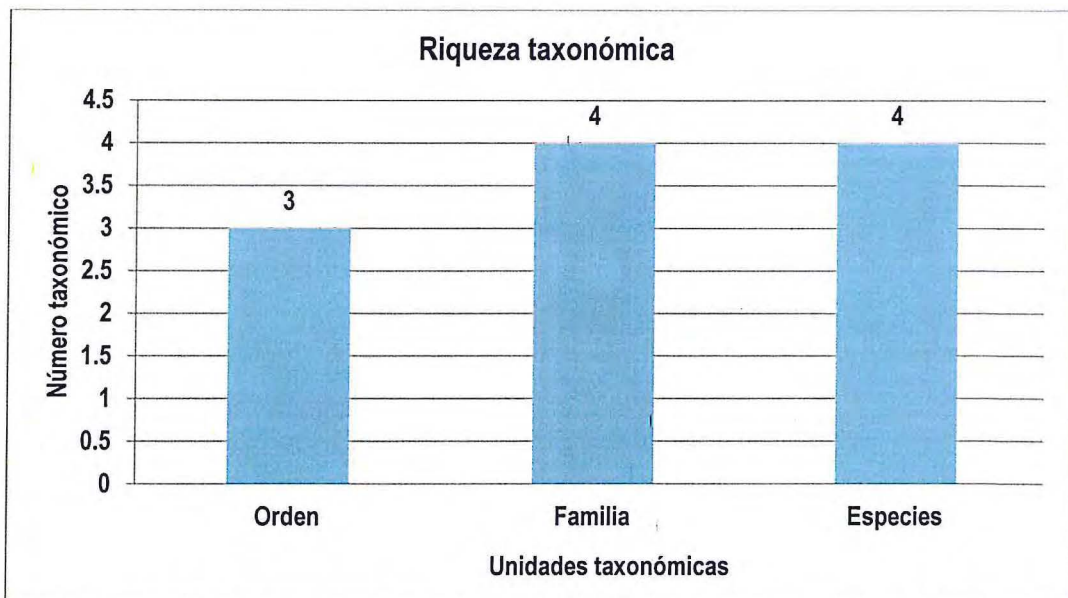


Figura 7-165. Composición taxonómica de registros de mamíferos silvestres por cámaras trampa



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including 'D.P.' and 'COMPAZ'.



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

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

Especies	CÁMARAS TRAMPA										TOTAL
	Microcuenca Agani-Ansamani	Microcuenca Itapallone (Corire)									
	Zona I	EF 1	EF 2			EF 3		EF 4			
	SGFaCT-10	SGFaCT-9	SGFaCT-8	SGFaCT-7	SGFaCT-6	SGFaCT-5	SGFaCT-4	SGFaCT-3	SGFaCT-2	SGFaCT-1	
<i>Lagidium viscacia</i>	0	0	7	3	9	0	0	3	3	0	25
<i>Lycalopex culpaeus</i>	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	4
<i>Conepatus chinga</i>	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Vicugna vicugna</i>	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
TOTAL	12	0	7	3	10	0	0	3	3	0	42
	12	4	20			0		6			42

Los registros se obtuvieron en el 70 % (7 cámaras trampa) de las 10 cámaras trampa instaladas, excepto en las cámaras SGFaCT-1, SGFaCT-4 y SGFaCT-5. La especie *Lagidium viscacia* «vizcacha», fue el que presentó el mayor registro (25 registros independientes) del total, seguido por *Vicugna vicugna* «vicuña» con 9 registros.

En cuanto a los registros obtenidos por cada zona, la EF 2 de la microcuenca Itapallone reportó 20 registros independientes, donde se instalaron 3 cámaras trampas, seguido de la zona I con 12 registros independientes producto de una cámara trampa instaladas (Figura 7-166).

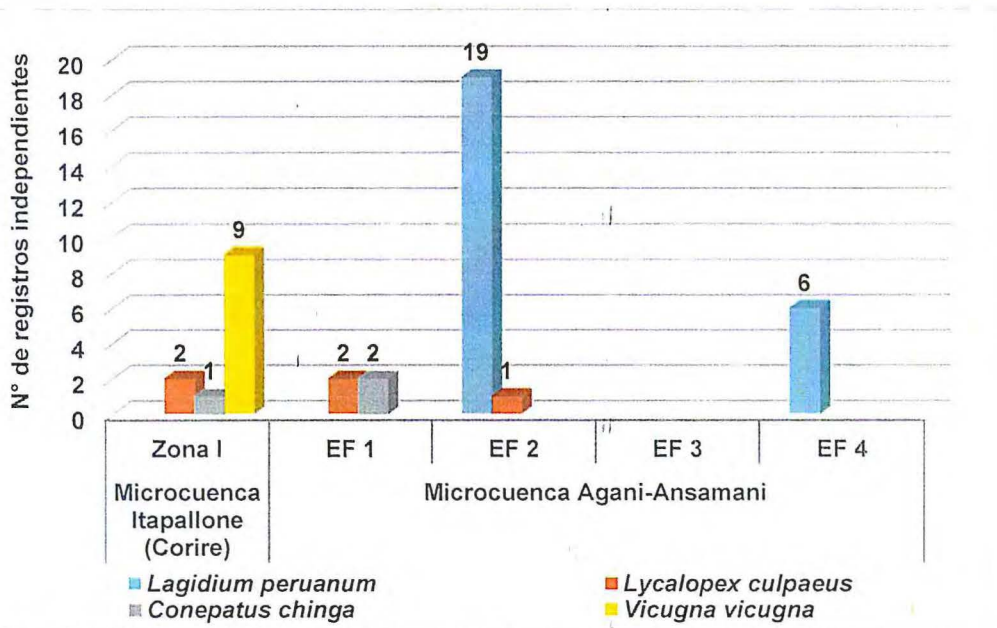


Figura 7-166. Composición de especies por microcuenca de evaluación



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including 'P.', 'R.', and 'S.M.P.A.'.

**E. Estado de conservación**

Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) la especie de cérvido *Hippocamelus antisensis* «taruca» se encuentra como especie Vulnerable (VU), del cual sus poblaciones se encuentran amenazadas por la fragmentación de los bosques. El resto de las especies se encuentran categorizadas como de bajo riesgo o de menor preocupación (LC).

Se registraron 3 especies listadas en el Libro Rojo-Fauna Silvestre Amenazada del Perú, (SERFOR, 2018), siendo estas, el mamífero del orden Carnivora el *Puma concolor* «puma» y *Vicugna vicugna* «vicuña» categorizadas en estado de Casi Amenazada (NT), asimismo se encuentra en esta categoría de Vulnerable (VU) la especie del orden Cetartiodactyla de la familia Cervidae, *Hippocamelus antisensis* «taruca».

Se registraron 3 especies listadas en la legislación de conservación nacional (D.S. N° 004-2014-MINAGRI, 2014), siendo estas, el mamífero del orden Carnivora el *Puma concolor* «puma» categorizada en estado de Casi Amenazada (NT), así mismo *Vicugna vicugna* «vicuña» se encuentra en esta categoría de Casi Amenazada (NT) y la especie del orden Cetartiodactyla de la familia Cervidae, *Hippocamelus antisensis* «taruca» en categoría de Vulnerable (VU). Las principales amenazas para estas especies son la pérdida de hábitat y la cacería para consumo y comercialización (Aquino *et al.*, 2001; Pacheco, 2002).

De acuerdo con los Apéndices del 2017 de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES), se identificaron 4 especies de mamíferos mayores listadas con fines de protección ante la amenaza de explotación excesiva (Tabla 7-88).

En el Apéndice II, se encuentran 2 especies de la familia Felidae: *Puma concolor* «puma» y *Lycalopex culpaeus*, «zorro». Este apéndice incluye a las especies que, si bien en la actualidad no se encuentran necesariamente en peligro, pero que podrían llegar a esa situación a menos de que el comercio de dichos especímenes no esté sujeto a una reglamentación estricta y el comercio de estas se realiza excepcionalmente.

En el Apéndice I, se listan 2 especies del orden Cetartiodactyla de la familia Cervidae, *Hippocamelus antisensis* «taruca» y de la familia Camelidae *Vicugna vicugna* «vicuña». Especies sobre las que se cierne el mayor grado de peligro (extinción) entre las especies registradas.

Tabla 7-89. Estado de conservación de especies amenazadas

Orden	Familia	Genero	Especie	Nombre Común	Nombre local	IUCN 2018	SERFOR 2018 (Libro rojo)	CITES 2017	DS 004-2014
Carnivora	Felidae	Puma	<i>Puma concolor</i>	Puma	Puma	LC	NT	II	NT
	Canidae	Lycalopex	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro	Zorro	LC	-	II	-
Cetartiodactyla	Camelidae	Vicugna	<i>Vicugna vicugna</i>	Vicuña	Vicuña	LC	NT	I	NT
	Cervidae	Hippocamelus	<i>Hippocamelus antisensis</i>	Taruca	Taruca	VU	VU	I	VU



8. DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo realizar la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel y zonas aledañas, antes del inicio de sus operaciones. La mayor proporción del PM San Gabriel está emplazada en la parte alta de la microcuenca Agani-Ansamani e Itapallone (sector Corire) así como zonas aledañas (fuera del área de influencia del proyecto).

Para el análisis de las matrices agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas, el área de estudio se dividió en cuatro microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (Sector Corire), Chaclaya y Oyo Oyo; además, se incluyó los estudios especializados de caracterización geológica y drenaje ácido de roca (sector Corire), determinación del nivel de fondo en suelos de la zona adyacente a los futuros componentes mineros y zona de cultivo, y la evaluación de flora y fauna silvestre asociados a ecosistemas frágiles.

De acuerdo con el contexto geológico en el área de estudio se identificaron rocas sedimentarias de edad Jurásica-Cretácica, representada por el Grupo Yura, eventos intrusivos desde el Mioceno hasta el Pleistoceno y materiales no consolidados (suelos), que definen las características naturales de los componentes ambientales de la zona evaluada. En el área de estudio se observó tres zonas mineralizadas: Canahuire (PM San Gabriel), Katrina y Chucapaca, constituidos principalmente por zonas de oxidación compuesta por limolitas, hematitas, jarositas y zonas con alteración argílica con predominancia de caolinita, illita y sideritización (Figura 8-1).

La zona mineralizada Canahuire se ubica en la divisoria de aguas entre la microcuenca Agani-Ansamani (quebrada Jamochini) e Itapallone (quebrada Atiñayoc), respecto a las zonas mineralizadas de Katrina y Chucapaca, se ubican en la parte alta de la microcuenca Itapallone (quebrada Apacheta-Corire). De la evaluación macroscópica *in situ* en las zonas mineralizadas de Canahuire y Katrina se observó la presencia de minerales sulfurados (pirita, calcopirita, estibina, galena y esfalerita), óxidos (hematita, jarosita y limolitas) y carbonatos (ankerita y siderita), estos ensamblajes ocurren como matriz de las brechas magmáticas. También se observó afloramiento de cuerpos mineralizados en forma de pseudo-gossans conformado por siderita, pirita y óxidos y en menor proporción pirolusita. En la zona mineralizada de Chucapaca se observó presencia de óxidos (hematita y limolita), sulfuros (pirita) asociados a zonas de alteración argílica con presencia de caolinita e illita, estos resultados coinciden con la información indicada en el EIA del proyecto minero San Gabriel³³.

Vidal *et al.* (2010) mencionan que la zona mineralizada Canahuire presenta un zonamiento vertical con plata, mercurio y arsénico en altura; oro, cobre y bismuto en profundidad; y zinc y plomo en las zonas periféricas.

Con los resultados del muestreo puntual de geoquímica de rocas en las zonas mineralizadas de Canahuire y Katrina, centro volcánico Chucapaca y unidades sedimentarias (Formación Gramadal y Hualhuani), se comparó referencialmente los valores de los metales con los de la corteza terrestre (Wedepohl, 1994) con la finalidad



Vertical handwritten notes and signatures in blue ink, including an upward-pointing arrow and the name 'DMPA' at the bottom.

33

Estudio de Impacto Ambiental detallado (EIA) del proyecto San Gabriel, aprobado por Resolución Directoral N.º 099 -2017-MEM/DGAAM-



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

de determinar la distribución y concentración de los elementos en cada grupo de rocas (Figura 8-2).

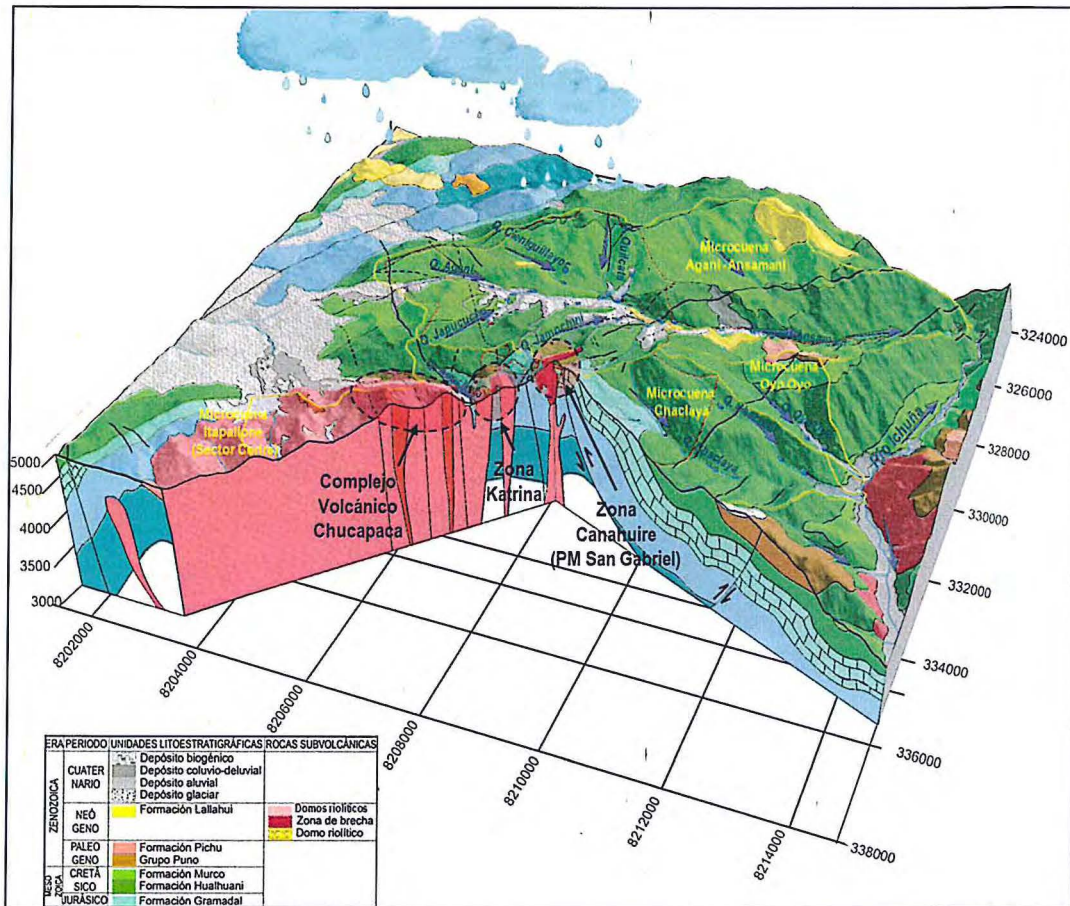


Figura 8-1. Modelo conceptual de las formaciones geológicas, zonas mineralizadas y microcuencas en el área de influencia del PM San Gabriel y zonas aledañas

Las zonas mineralizadas Canahuire y Katrina (Figura 8-2a) presentaron tendencias superiores a las concentraciones de la corteza terrestre en los metales arsénico, bario, bismuto, cobre, hierro, plomo, zinc y mercurio; y concentraciones ligeramente superiores en potasio, antimonio, selenio y talio, lo que indica que estarían relacionadas con la mineralización que presenta el yacimiento «Canahuire» por encontrarse en la franja «Metalogenética XXI (A y B) que corresponde a yacimientos epitermales de Au-Ag del Mioceno, hospedado en rocas sedimentarias y volcánicas» (Acosta *et al.*, 2009), este último relacionado al complejo volcánico de Chucapaca.

El centro volcánico Chucapaca (Figura 8-2b) presentó tendencias superiores a las concentraciones de la corteza terrestre en los metales arsénico, bismuto, plomo, antimonio y mercurio; y concentraciones ligeramente superiores en bario, cadmio, selenio y talio, por estar ubicado en la franja «Metalogenética XXI (A y B) que corresponde a yacimientos epitermales de Au-Ag del Mioceno».

En la Figura 8-2c se visualiza la geoquímica de las rocas sedimentarias de las Formaciones Gramadal (calizas) y Hualhuani (areniscas y lutitas), circundantes a la zona mineralizada Canahuire. Los metales calcio, arsénico, bismuto, cadmio, plomo, antimonio, selenio y talio presentaron concentraciones ligeramente mayores a los de la corteza terrestre, debido a que se encuentran próximos a la zona mineralizada.



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

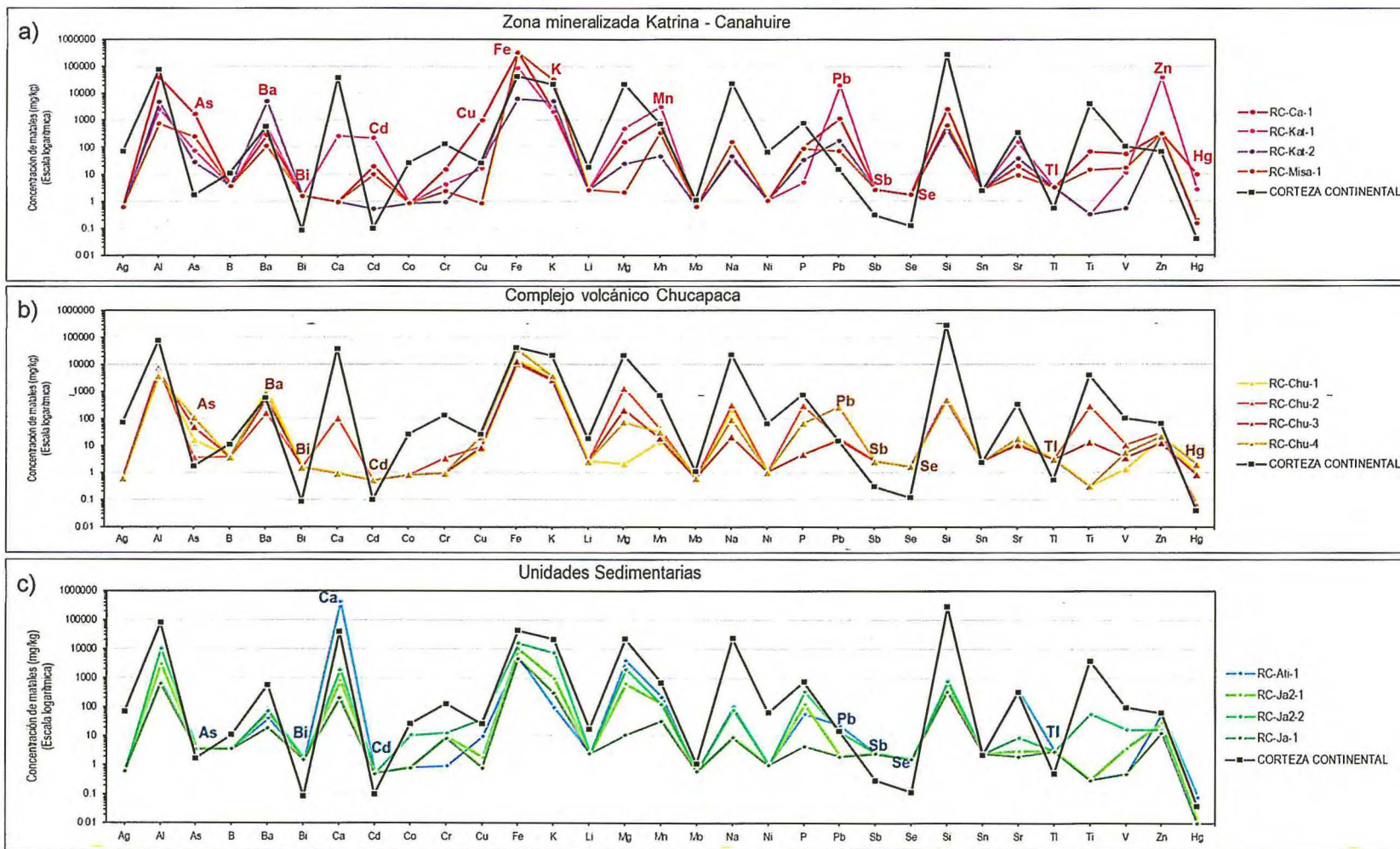


Figura 8-2. Comparación de las concentraciones de los metales en rocas con la corteza terrestre (Wedepohl, 1994): a) Zonas mineralizadas Katrina – Canahuire, b) Centro volcánico Chucapaca y c) Unidades sedimentarias



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

Las mayores concentraciones de hierro, manganeso, cobre, plomo y zinc, y en menor proporción cadmio, selenio, arsénico y mercurio, se encuentran distribuidas en la parte alta de la quebradas Jamochini, Atiñayoc y Corire, y en las partes distales de la quebrada Japucucho, ubicadas en las microcuencas Agani-Ansamani e Itapallone (sector Corire), cubriendo en su totalidad a las zonas mineralizadas y al complejo volcánico Chucapaca, dichos metales por la interacción agua-roca podrían encontrarse en el agua, sedimento y suelos aledaños a estas zonas.

El material parental y la mineralogía pueden dar como resultado varios tipos de suelos con diferentes características físicas y químicas; así, un mismo tipo de roca que evolucione bajo distintas condiciones del medio, factores formadores, puede dar lugar a suelos con distintas características, y diferentes rocas, bajo un mismo clima puede dar lugar a suelos similares (Porta *et al.*, 2014).

Los tipos de suelos identificados en la zona adyacentes a los futuros componentes mineros según la Línea Base³⁴, corresponden a suelos del orden entisols³⁵, inceptisols³⁶, mollisols³⁷ e histosols³⁸; los puntos de muestreo ubicados por tipo de suelo y litología se encuentran en el Anexo D.

En la Figura 8-3 se muestra la distribución de puntos de muestreo de suelo evaluados por el OEFA (124 puntos); así como, los puntos de muestreo registrados en la Línea Base de suelo del PM San Gabriel (65 puntos).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including an upward-pointing arrow and the signature 'SH PAZ'.

34 Estudio de Impacto Ambiental Detallado EIA-d -Categoría III – Proyecto San Gabriel (2016). Capítulo 3, Anexo 3.8: Línea de base de suelo: Informe de identificación de sitios contaminados - 2015

35 Los entisols son suelos minerales con escaso o nulo desarrollo de horizontes pedogenéticos sus propiedades están determinadas por el material heredado del material original (Porta, 2003).

36 Los inceptisols son suelos jóvenes que empiezan a tener o desarrollar un horizonte con meteorización mínima (Porta, 2003).

37 Los mollisols son suelos minerales con epipedon móllico y tienen un horizonte superficial muy oscuro, coloreado y rico en bases (Porta, 2003).

38 Los histosols son suelos orgánicos con alto contenido de materia orgánica (Porta, 2003).



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

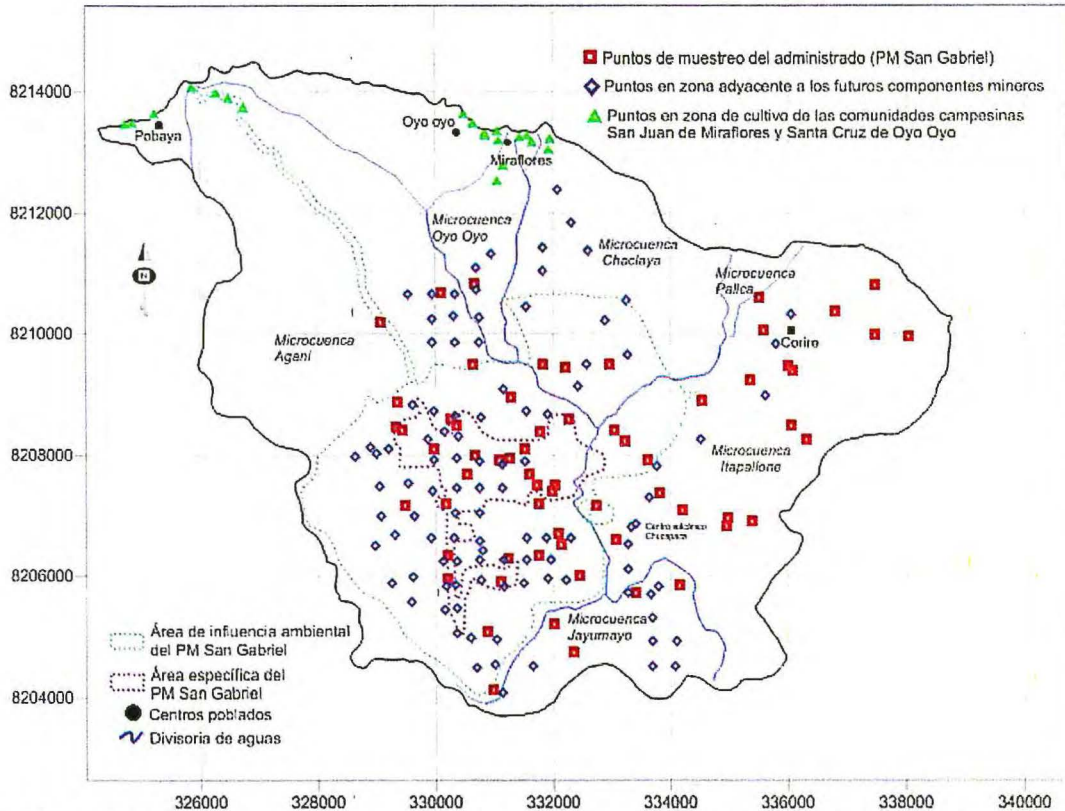


Figura 8-3. Distribución de puntos de suelo en la zona adyacente a los futuros componentes mineros y zonas de cultivo

En la Figura 8-4 se muestra la distribución de arsénico, bario, cromo, cobre, plomo, zinc, hierro y manganeso. Las concentraciones de estos elementos potencialmente tóxicos son mayores en las partes altas de las microcuencas Itapallone (sector Corire) que cubre el centro volcánico Chucapaca, Chaclaya y Agani-Ansamani; los cuales, tienen relación con el contexto geológico.

Las concentraciones puntuales y focalizadas de estos elementos en suelo son resultado de los mecanismos de meteorización de las rocas y minerales por los agentes naturales (precipitación, lluvia, temperatura), quienes movilizan a estos metales transportados por escorrentía a zonas circundante.



Vertical handwritten signature and notes in blue ink, including the name 'D. J. P. A. R.' and a signature 'JMPAS'.



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

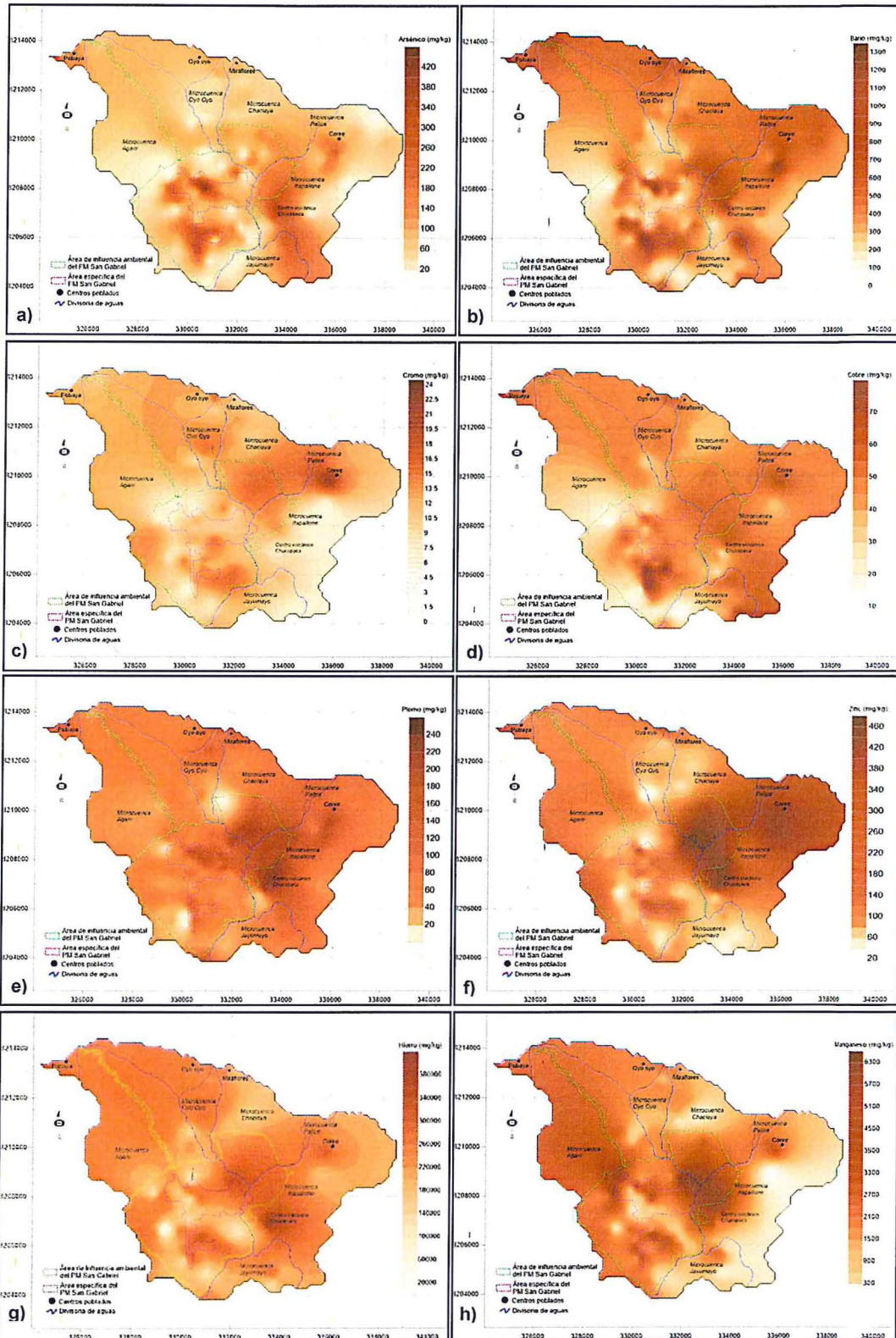


Figura 8-4. Mapa de distribución de la concentración de: a) arsénico, b) bario, c) cromo, d) cobre, e) plomo, f) zinc, g) hierro y h) manganeso en el PM San Gabriel y en zonas aledañas



Handwritten signatures and initials in blue ink, including 'P.', 'A.', 'D.', 'B.', 'A.', 'R.', and 'S.M.P.'.



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

La composición de las comunidades hidrobiológicas está determinada por diferentes factores entre locales y regionales (Cornell y Lawton, 1992); en ese sentido, el análisis de similitud (ANOSIM) es una herramienta estadística que permite determinar diferencias en la composición de especies en base a estos factores (Correa *et al.*, 2010). Según el análisis de similitud la composición de las comunidades hidrobiológicas mostró diferencias significativas entre los puntos de muestreo de acuerdo a su cercanía a las zonas mineralizadas, tanto para los macroinvertebrados bentónicos ($R = 0,497$ y $p = 0,1 \%$) como para las microalgas del perifiton ($R = 0,393$ y $p = 0,1 \%$). Esto concuerda con el estudio de Acosta (2009) realizado en la cuenca del río Cañete, donde destaca la influencia de la geología local sobre la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos.

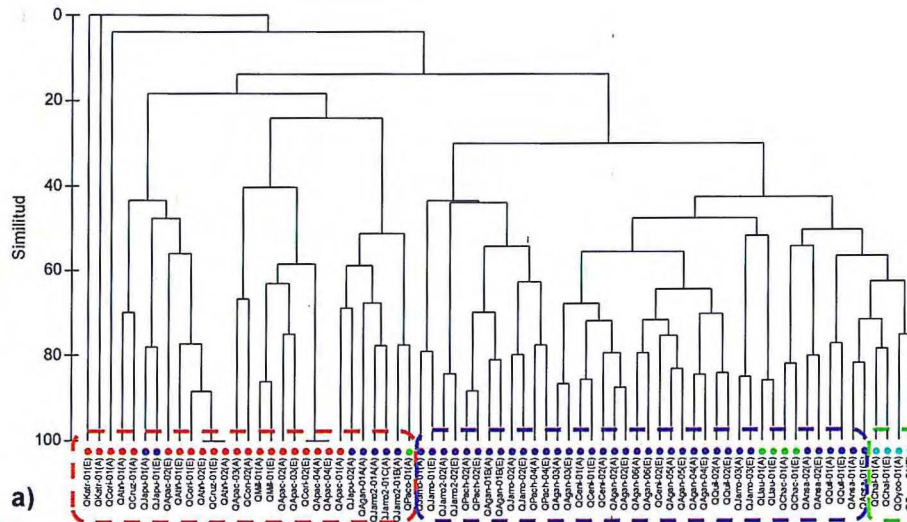
Según el análisis de similitud para las comunidades hidrobiológicas (Figura 8-5), los puntos de muestreo que conforman el grupo cercano a la zona mineralizada presentaron una baja riqueza de especies tanto de macroinvertebrados bentónicos (entre 1 y 9 especies) como de microalgas del perifiton (entre 1 y 28 especies); además, se observó el predominio de especies de macroinvertebrados bentónicos consideradas tolerantes a cambios medioambientales (Domínguez y Fernández, 2009), como los dípteros *Cricotopus* sp. y *Podonomus* sp. (Chironomidae) y oligoquetos Haplotaxidae n.d. y especies de microalgas asociadas a pH ácidos o acidófilas (Rimet, 2012), como las diatomeas *Eunotia tridentula*, *Frustulia magaliesmontana*, *Stauroneis amphicephala* (Bacillariophyta), las algas verdes *Gloeocystis* sp. (Chlorophyta), *Staurastrum orbiculare* y *Cylindrocystis brebisonii* (Charophyta). Por otro lado, los puntos de muestreo que conforman el grupo más alejado de la zona mineralizada se caracterizaron por presentar una mayor riqueza de especies tanto de macroinvertebrados bentónicos (entre 6 y 25 especies) como de microalgas del perifiton (entre 8 y 52 especies).



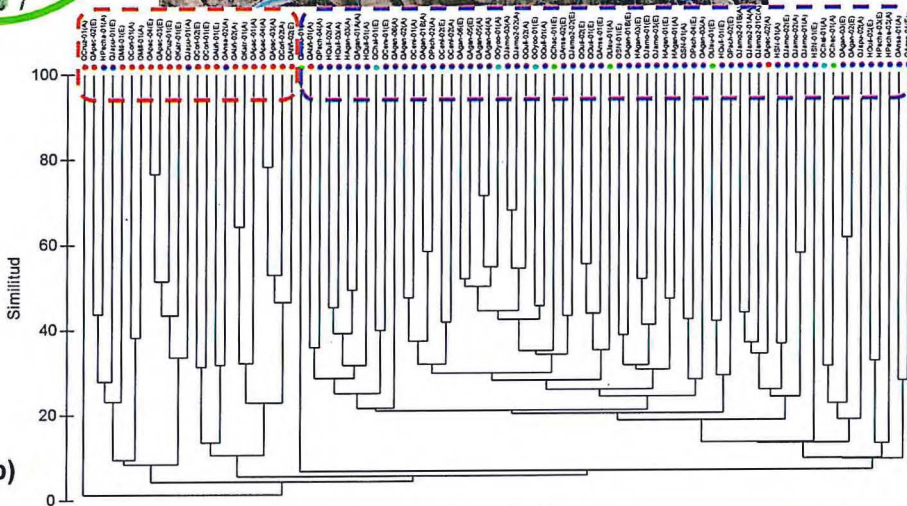
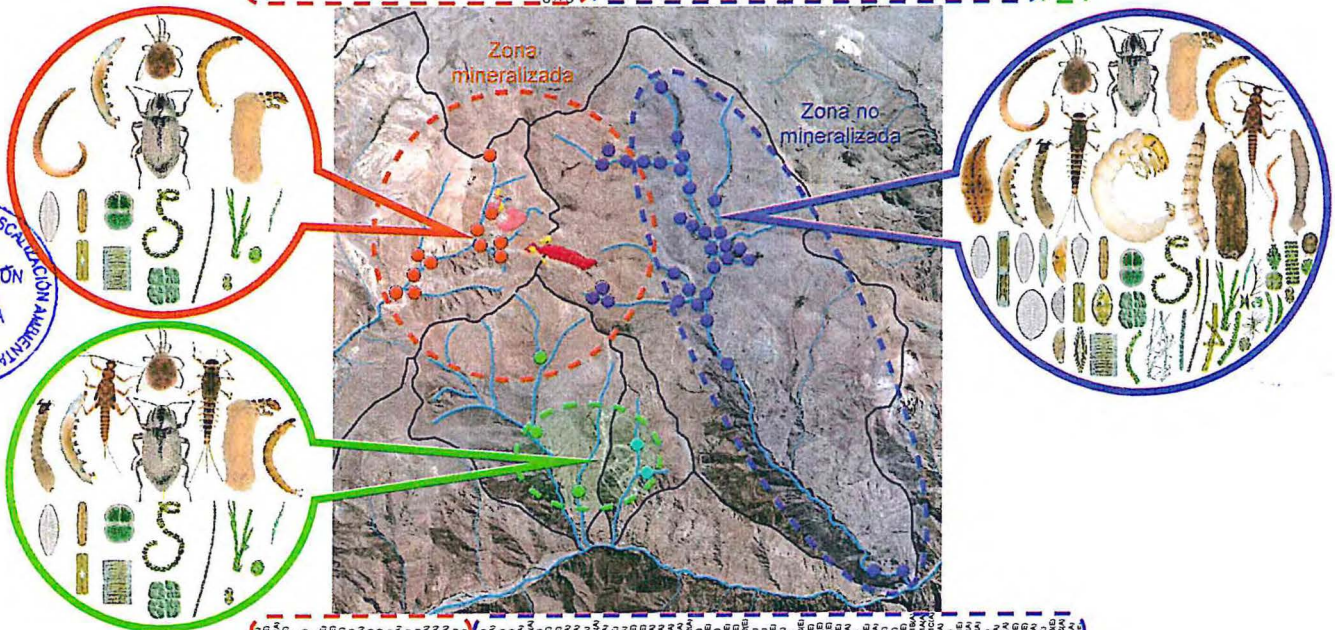
Vertical handwritten signature and initials in blue ink.



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



a)



b)

Figura 8-5. Agrupamiento de las comunidades hidrobiológicas de: **a)** macroinvertebrados bentónicos y **b)** microalgas del perifiton. Símbolos en azul representan la microcuenca Agani-Ansamani, en anaranjado la microcuenca Itapallone, en celeste la microcuenca Oyo Oyo y en verde la microcuenca Chaclaya.

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



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

Para describir la relación entre las variables ambientales del agua y sedimentos con la composición de las comunidades hidrobiológicas de macroinvertebrados bentónicos (Figura 8-6a) y microalgas del perifiton (Figura 8-6b) se utilizó el análisis de correspondencia canónica (ACC). Para ambas comunidades se observó la separación de los puntos de muestreo de la zona no mineralizada que se caracterizaron por tener un pH neutro-alkalino (entre 6,68 a 8,59), baja conductividad eléctrica (hasta 364 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y una menor concentración de metales en agua (arsénico, calcio y hierro) y sedimentos (arsénico, cadmio, cobalto, hierro y manganeso); mientras que, los puntos de muestreo de la zona mineralizada se caracterizaron por tener un pH ácido (entre 3,15 a 5,04), alta conductividad eléctrica (hasta 794 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y una mayor concentración de metales en agua (aluminio, cadmio, cobalto, cobre, manganeso, níquel, plomo y zinc) y sedimentos (arsénico, cobre, mercurio, plomo y zinc), lo cual se debería al contexto geológico y mineralógico local.

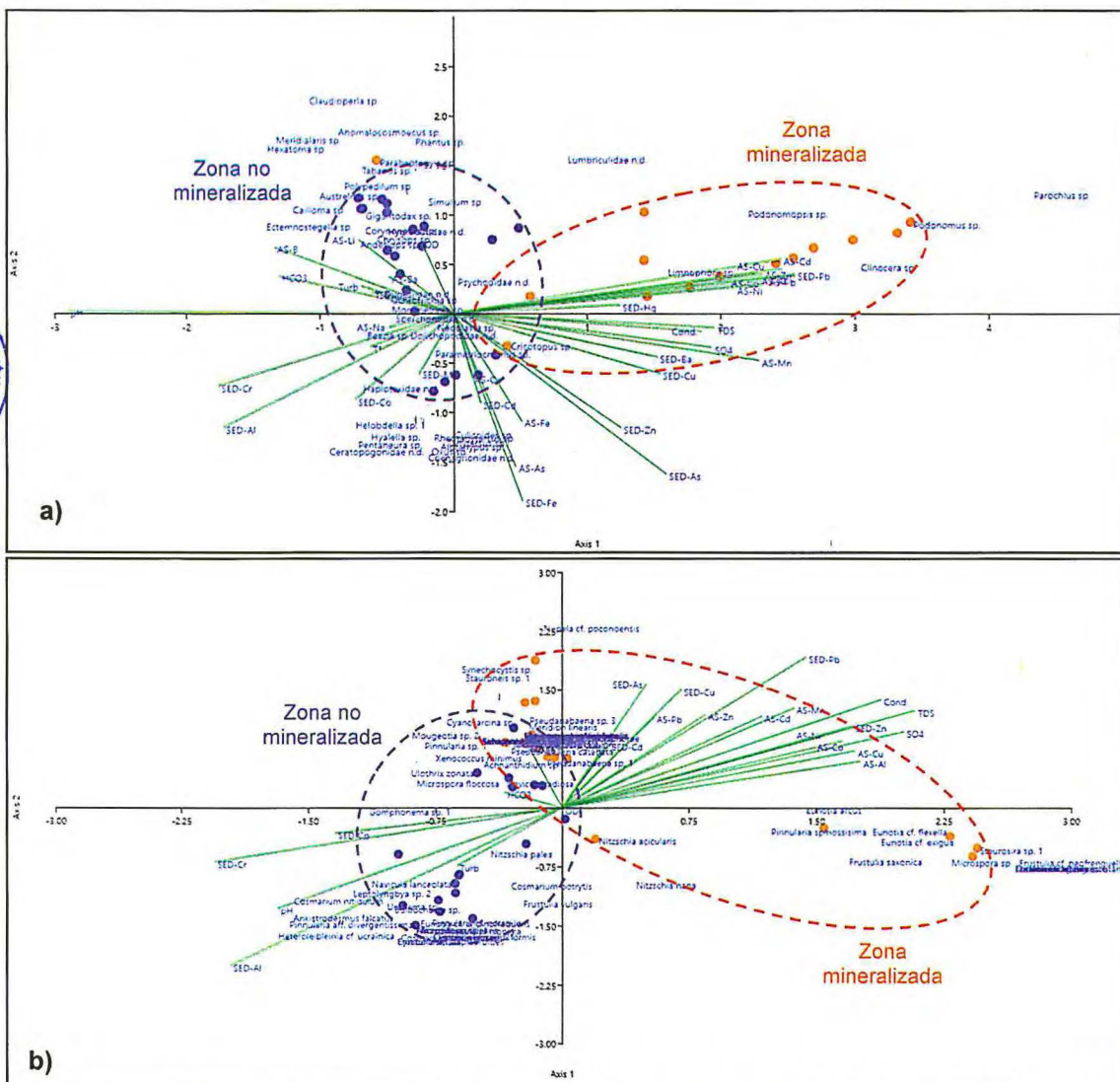


Figura 8-6. Análisis de correspondencia canónica entre las variables ambientales (agua y sedimentos) y las comunidades hidrobiológicas de: **a)** macroinvertebrados bentónicos y **b)** microalgas del perifiton. Símbolos en azul representan la zona no mineralizada y en anaranjado la zona mineralizada.



Vertical handwritten signature and initials on the left margin.



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

Sobre la base del análisis de correspondencia canónica, en la Tabla 8-1 se describe la relación entre las especies de macroinvertebrados bentónicos y las variables ambientales de agua y sedimentos.

Tabla 8-1. Relación entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los ejes canónicos relacionados con las variables ambientales de agua y sedimentos

Table with 5 columns: Ejes, Zonas, Puntos, Relación, and Parámetros. It details the relationship between macroinvertebrate species and environmental variables across different zones and sampling points.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including 'D.P.' and 'D.M.P.' with arrows pointing to specific rows in the table.



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

Ejes	Eje 1		Eje 2	
Zonas	Zona mineralizada		Zona no mineralizada	
Puntos	HB-QJamo2-01A, HB-QJamo2-01B, HB-QJamo2-01C, HB-QCruz-01, HB-QAtiñ-02, HB-QApac-02, HB-QApac-03, HB-QMill-01, HB-QApac-04, HB-QCori-01, HB-QCori-02		HB-QPach-02, HB-QPach-04, HB-QCeni-01, HB-QCeni-02, HB-QJamo2-02, HB-QJamo-01, HB-QJamo-02, HB-QJamo-03, HB-QAgan-01B, HB-QAgan-02, HB-QAgan-04, HB-QAgan-05, HB-QAgan-06, HB-QAnsa-02, HB-QAnsa-01	
Relación	(+) Altos valores de	(-) Bajos valores de	(+) Altos valores de	(-) Bajos valores de
Parámetros	C.E., SO ₄ , TDS, Al _(AS) , Cd _(AS) , Co _(AS) , Cu _(AS) , Mn _(AS) , Ni _(AS) , Pb _(AS) , Zn _(AS) , AS _(SED) , Cu _(SED) , Hg _(SED) , Pb _(SED) , Zn _(SED) , Ba _(SED)	pH, T°, Turb., HCO ₃ , TSS, B _(AS) , Ba _(AS) , Li _(AS) , Na _(AS) , Cr _(SED) , Al _(SED)	O.D., Li _(AS)	As _(AS) , Ca _(AS) , Fe _(AS) , AS _(SED) , Cd _(SED) , Co _(SED) , Fe _(SED) , Mn _(SED)
<i>Ectemnostegella</i> sp.	↓	↓	↑	↑
<i>Gigantodax</i> sp.	↓	↓	↑	↑
<i>Chrysops</i> sp.	↓	↓	↑	↑
<i>Psychodidae</i> n.d.	↑	↑	↑	↑
<i>Helobdella</i> sp. 1	↓	↓	↓↓	↓↓
<i>Oxus</i> sp.	↓	↓	↓↓	↓↓
<i>Hyaella</i> sp.	↓	↓	↓↓	↓↓
<i>Coenagrionidae</i> n.d.	↓	↓	↓↓	↓↓
<i>Culicoides</i> sp.	↓	↓	↓↓	↓↓
<i>Ceratopogonidae</i> n.d.	↓	↓	↓↓	↓↓
<i>Rheotanytarsus</i> sp.	↓	↓	↓↓	↓↓
<i>Tanytarsus</i> sp.	↓	↓	↓↓	↓↓
<i>Alotanypus</i> sp.	↓	↓	↓↓	↓↓
<i>Pentaneura</i> sp.	↓	↓	↓↓	↓↓
<i>Haplotaixidae</i> n.d.	↓	↓	↓	↓
<i>Parametricnemus</i> sp.	↓	↓	↓	↓

Nota: El número de flechas indica la intensidad de la relación entre las especies y los ejes; así mismo, la dirección indica si la relación es directa (↑) o inversa (↓).

Sobre la base del análisis de correspondencia canónica, en la Tabla 8-2, se describe la relación entre las especies de microalgas del perifiton y las variables ambientales de agua y sedimentos. De esta manera, en la zona mineralizada a medida que aumentan la conductividad eléctrica, la concentración de metales en el agua y sedimentos y disminuye el pH, la abundancia de las especies *Eunotia* cf. *bilunaris*, *Eunotia tridentula* y *Eunotia* cf. *incisa* (Bacillariophyta) aumentan progresivamente, evidenciando su adaptación a estas condiciones.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including a large arrow pointing upwards and several initials.



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

Tabla 8-2. Relación entre la comunidad de microalgas del perifiton y los ejes canónicos relacionados con las variables ambientales de agua y sedimentos

Ejes	Eje 1		Eje 2	
Zonas	Zona mineralizada		Zona no mineralizada	
Puntos	HB-QJamo2-01A, HB-QJamo2-01B, HB-QJamo2-01C, HB-QCruz-01, HB-QAtiñ-02, HB-QApac-02, HB-QApac-03, HB-QMill-01, HB-QApac-04, HB-QCori-01, HB-QCori-02		HB-QPach-02, HB-QPach-04, HB-QCeni-01, HB-QCeni-02, HB-QJamo2-02, HB-QJamo-01, HB-QJamo-02, HB-QJamo-03, HB-QAgan-01B, HB-QAgan-02, HB-QAgan-04, HB-QAgan-05, HB-QAgan-06, HB-QAnsa-02, HB-QAnsa-01	
Relación	(+) Altos valores de	(-) Bajos valores de	(+) Altos valores de	(-) Bajos valores de
Parámetros	C.E., SO ₄ , TDS, Al _(AS) , Cd _(AS) , Co _(AS) , Cu _(AS) , Mn _(AS) , Ni _(AS) , Pb _(AS) , Zn _(AS) , AS _(SED) , Cu _(SED) , Hg _(SED) , Pb _(SED) , Zn _(SED) , Ba _(SED)	pH, T° ^l , Turb., HCO ₃ , TSS, B _(AS) , Ba _(AS) , Li _(AS) , Na _(AS) , Cr _(SED) , Al _(SED)	O.D., Li _(AS)	As _(AS) , Ca _(AS) , Fe _(AS) , AS _(SED) , Cd _(SED) , Co _(SED) , Fe _(SED) , Mn _(SED)
Eunotia cf. bilunaris	↑↑↑	↑↑↑	↑	↑
Eunotia tridentula	↑↑↑	↑↑↑	↑	↑
Eunotia cf. incisa	↑↑↑	↑↑↑	↑	↑
Frustulia magaliesmontana	↑↑↑	↑↑↑	↑	↑
Frustulia cf. neofrenguelli	↑↑↑	↑↑↑	↑	↑
Stauroneis aff. agrestis	↑↑↑	↑↑↑	↑	↑
Orthoseira sp.	↑↑↑	↑↑↑	↑	↑
Microspora sp.	↑↑↑	↑↑↑	↑	↑
Frustulia saxonica	↑↑↑	↑↑↑	↑	↑
Eunotia cf. exigua	↑↑↑	↑↑↑	↑	↑
Stauroneis sp. 1	↑↑↑	↑↑↑	↑	↑
Eunotia cf. flexella	↑↑	↑↑	↓	↓
Pinnularia spinosissima	↑↑	↑↑	↓	↓
Eunotia arcus	↑↑	↑↑	↑	↑
Nitzschia nana	↑	↑	↓	↓
Frustulia vulgaris	↑	↑	↓	↓
Synechocystis sp.	↓	↓	↑↑↑↑↑	↑↑↑↑↑
Nupela cf. poconoensis	↑	↑	↑↑↑	↑↑↑
Pseudanabaena sp. 3	↓	↓	↑↑	↑↑
Stauroneis sp. 1	↑	↑	↑↑	↑↑
Cyanosarcina sp.	↓	↓	↑↑	↑↑
Diadsmis confervacea	↓	↓	↑	↑
Neidium hercynicum	↓	↓	↑	↑
Stauroneis amphicephala	↓	↓	↑	↑
Chroococcus turgidus	↓	↓	↑	↑
Gloeocystis sp.	↓	↓	↑	↑
Staurastrum orbiculare	↓	↓	↑	↑
Cylindrocystis brebisonii	↓	↓	↑	↑
Pseudanabaena sp. 1	↓	↓	↑	↑
Microspora floccosa	↓	↓	↑	↑
Achnanthydium aff. caledonicum	↓	↓	↑	↑
Achnanthydium sp. 2	↓	↓	↑	↑
Eunotia cf. pectinalis	↓	↓	↑	↑
Sellaphora pseudopupula	↓	↓	↑	↑
Cladophora glomerata	↓	↓	↑	↑



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



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

Ejes	Eje 1		Eje 2	
Zonas	Zona mineralizada		Zona no mineralizada	
Puntos	HB-QJamo2-01A, HB-QJamo2-01B, HB-QJamo2-01C, HB-QCruz-01, HB-QAtiñ-02, HB-QApac-02, HB-QApac-03, HB-QMill-01, HB-QApac-04, HB-QCori-01, HB-QCori-02		HB-QPach-02, HB-QPach-04, HB-QCeni-01, HB-QCeni-02, HB-QJamo2-02, HB-QJamo-01, HB-QJamo-02, HB-QJamo-03, HB-QAgan-01B, HB-QAgan-02, HB-QAgan-04, HB-QAgan-05, HB-QAgan-06, HB-QAnsa-02, HB-QAnsa-01	
Relación	(+) Altos valores de	(-) Bajos valores de	(+) Altos valores de	(-) Bajos valores de
Parámetros	C.E., SO ₄ , TDS, Al _(AS) , Cd _(AS) , Co _(AS) , Cu _(AS) , Mn _(AS) , Ni _(AS) , Pb _(AS) , Zn _(AS) , AS _(SED) , Cu _(SED) , Hg _(SED) , Pb _(SED) , Zn _(SED) , Ba _(SED)	pH, T°, Turb., HCO ₃ , TSS, B _(AS) , Ba _(AS) , Li _(AS) , Na _(AS) , Cr _(SED) , Al _(SED)	O.D., Li _(AS)	As _(AS) , Ca _(AS) , Fe _(AS) , AS _(SED) , Cd _(SED) , Co _(SED) , Fe _(SED) , Mn _(SED)
Mougeotia sp. 2	↓	↓	↑	↑
Meridion linearis	↓	↓	↑	↑
Gloeocapsa sp.	↓	↓	↑	↑
Nostoc commune	↓	↓	↑	↑
Microcoleus autumnalis	↓	↓	↑	↑
Xenococcus cf. cladophorae	↓	↓	↑	↑
Hantzschia amphioxys	↓	↓	↑	↑
Pseudanabaena catenata	↓	↓	↑	↑
Microspora quadrata	↓	↓	↑	↑
Spirogyra sp. 1	↓	↓	↑	↑
Pinnularia sp. 1	↓	↓	↑	↑
Xenococcus minimus	↓	↓	↑	↑
Achnanidium sp. 1	↑	↑	↑	↑
Planothidium dubium	↓	↓	↑	↑
Cymbella sp. 1	↓	↓	↓	↓
Frustulia amphipleuroides	↓	↓	↓	↓
Heteroleibleinia cf. Ucrainica	↓	↓	↓	↓
Cosmarium abbreviatum	↓	↓	↓	↓
Bulbochaete sp.	↓	↓	↓	↓
Ulothrix zonata	↓	↓	↓	↓
Navicula radiosa	↓	↓	↓	↓
Ankistrodesmus falcatus	↓	↓	↓	↓
Nitzschia acicularis	↓	↓	↓	↓
Eunotia cf. andinofrequens	↓	↓	↓	↓
Uronema sp.	↓	↓	↓	↓
Cosmarium nitidulum	↓	↓	↓	↓
Nitzschia palea	↓	↓	↓	↓
Pinnularia tsoneka	↓	↓	↓	↓
Gomphonema sp. 1	↓	↓	↓	↓
Navicula lanceolata	↓	↓	↓	↓
Leptolyngbya sp. 2	↓	↓	↓	↓
Cosmarium botrytis	↓	↓	↓	↓
Cymbopleura sp. 1	↓	↓	↓	↓
Pinnularia aff. divergentissima	↓	↓	↓	↓
Pinnularia cf. notabilis	↓	↓	↓↓	↓↓
Nitzschia sp. 2	↓	↓	↓↓	↓↓
Phormidium sp. 1	↓	↓	↓↓	↓↓
Microspora willeana	↓	↓	↓↓	↓↓



Vertical handwritten notes and signatures in blue ink, including a large arrow pointing upwards and the signature 'D.H.P.A.Z' at the bottom.



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

Table with 5 columns: Ejes, Zonas, Puntos, Relación, and Parámetros. It details the relationship between species and environmental axes in mineralized and non-mineralized zones.

Nota: El número de flechas indica la intensidad de la relación entre las especies y los ejes; así mismo, la dirección indica si la relación es directa (↑) o inversa (↓).

Para mayor entendimiento a continuación se detallarán las discusiones por microcuencas

8.1 Microcuenca Agani-Ansamani

La microcuenca Agani-Ansamani comprende las quebradas Japucucho, Agani, Agani 2, Ceniguillayoc, Quilcata, Jamochini, Jamochini 2 y la continuación de la quebrada Agani como Agani-Ansamani. En la quebrada Jamochini se ubica el PM San Gabriel y sus futuros componentes, de acuerdo con el IGA: Predominan rocas sedimentarias de las formaciones Hualhuani (areniscas cuarzosas y lutitas), Murco (areniscas y lutitas) y Gramadal (calizas) en donde se emplaza la zona mineralizada Canahuire, la cual se caracteriza como un depósito epitermal (Au-Cu-Ag) de sulfuración intermedia que contiene una composición mineral de pirita, marcasita, pirrotina, arsenopirita, calcopirita, esfalerita, galena, melnikovita y wolframita; además de, siderita, ankerita, cinabrio, arcillas y cuarzo con alteración hidrotermal (argilización-sideritización)39.

La caracterización hidroquímica del agua superficial y subterránea mostro una tendencia bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica (HCO3>SO4-Ca>Mg) en general en las dos temporadas evaluadas (marzo y junio 2018), propio de aguas meteóricas o recientes (flujos sub-superficiales) en interacción con el suelo y rocas sedimentarias (Custodio y Llamas, 1996). En 18 de los 79 puntos evaluados se registró el incumplimiento del ECA para agua categoría 3 (2015 y 2017) en al menos un parámetro (Figura 8-7).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.

Handwritten signature and page number 39.

Estudio de Impacto Ambiental Detallado EIA-d -Categoría III – Proyecto San Gabriel (2016). Capítulo 3, Anexo 3.2 Actualización del Estudio Geoquímico-Proyecto San Gabriel. Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. Página 3.



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

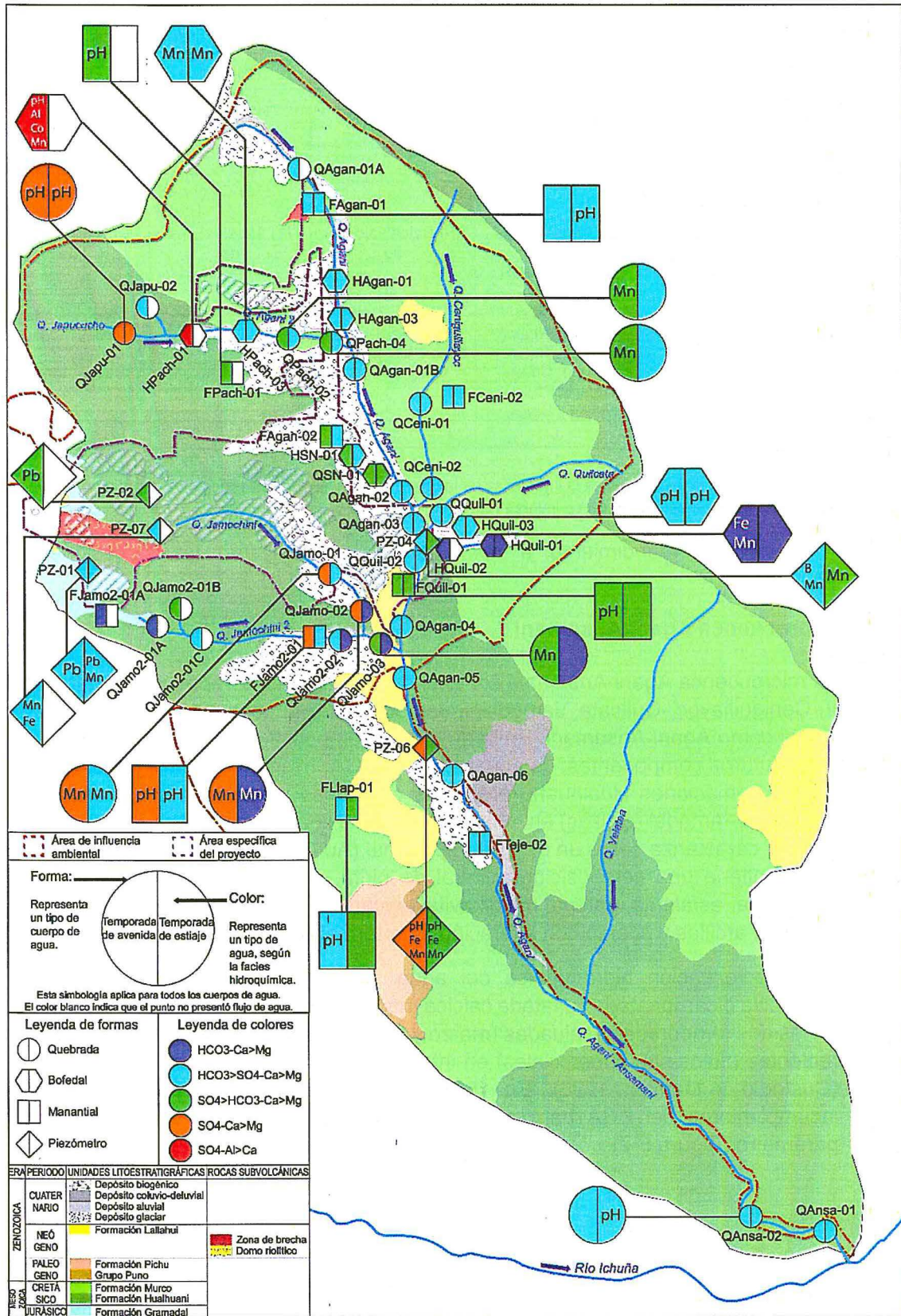


Figura 8-7. Hidroquímica y parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 (2015 y 2017), en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Agani-Ansamani



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including 'SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA' and 'OEFA - MINISTERIO DEL AMBIENTE'.



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

En general, se observó que la mineralogía del yacimiento Canahuire y las formaciones geológicas aledañas al proyecto minero se encuentran asociadas al contenido de metales en sedimentos como arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo, zinc, hierro, manganeso entre otros (Figura 8-8), lo cual podría explicar que las concentraciones de los metales mencionados excedieron los valores ISQG o PEL del estándar canadiense (CCME⁴⁰) en la mayoría de los puntos evaluados.

La distribución del arsénico en sedimentos en la microcuenca Agani-Ansamani, se evidenció desde la parte alta de la quebrada Agani 2 (SED-QPach-02) hasta la parte baja de la quebrada Agani-Ansamani (SED-QAnsa-01), registrando concentraciones que superaron los valores ISQG o PEL del estándar canadiense (CCME) en todos los puntos evaluados en la temporada de avenida, disminuyendo en la temporada de estiaje. Las concentraciones más altas de arsénico se registraron en la quebrada Jamochini (SED-QJamo-01 As: 207 mg/kg) y en menor proporción en la quebrada Ansamani (SED-QAnsa-01 As: 10,78 mg/kg). Esto podría deberse a la cercanía a la zona mineralizada del PM San Gabriel y al contexto geológico presente en la zona de estudio donde predominan rocas sedimentarias de la Formación Hualhuani (areniscas cuarzosas y lutitas negras) en contacto con las brechas polimícticas (Canahuire) y la Formación Murco (areniscas y lutitas). Cereceda *et al.* (2015) indican la presencia de arsénico que varían en concentraciones entre 12 y 95 ppm en estas formaciones geológicas, debido a la presencia de arsenopirita en lutitas de acuerdo con el estudio litogeoquímico de este sector⁴¹ (Figura 8-9), el mercurio presentó similar comportamiento que el arsénico.

El contexto geológico y mineralógico influye considerablemente sobre las características físicas y químicas del agua y el sedimento, y en conjunto estas variables determinan el contexto ambiental el cual influye sobre la dinámica de las comunidades hidrobiológicas; en ese sentido, se observó que la riqueza de especies de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos (Figura 8-10) fue menor en la temporada de estiaje (junio 2018) en comparación con la temporada de avenida (marzo 2018); esto podría deberse a la disminución del caudal de las quebradas en estiaje, el cual llegó a desaparecer en algunos puntos, el caudal es un factor natural que influye sobre la dinámica de los organismos acuáticos (Jacobsen y Encalada, 1998; Domínguez y Fernández, 2009).



Handwritten signature and initials in blue ink, including 'P.' and 'A.' with a vertical line of marks.

40

Canadian Council of Ministers of the Environment. 2001. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Introduction. Updated. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.

41

Cereceda C., Chapilliquen P. & Maquera V. (2015). Estudio litogeoquímico de la subcuenca del río Ichuña-Cuenca del río Tambo. INGEMMET, ACT1: Línea Base Ambiental Escala 1:250,000. Páginas 100 y 101.



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

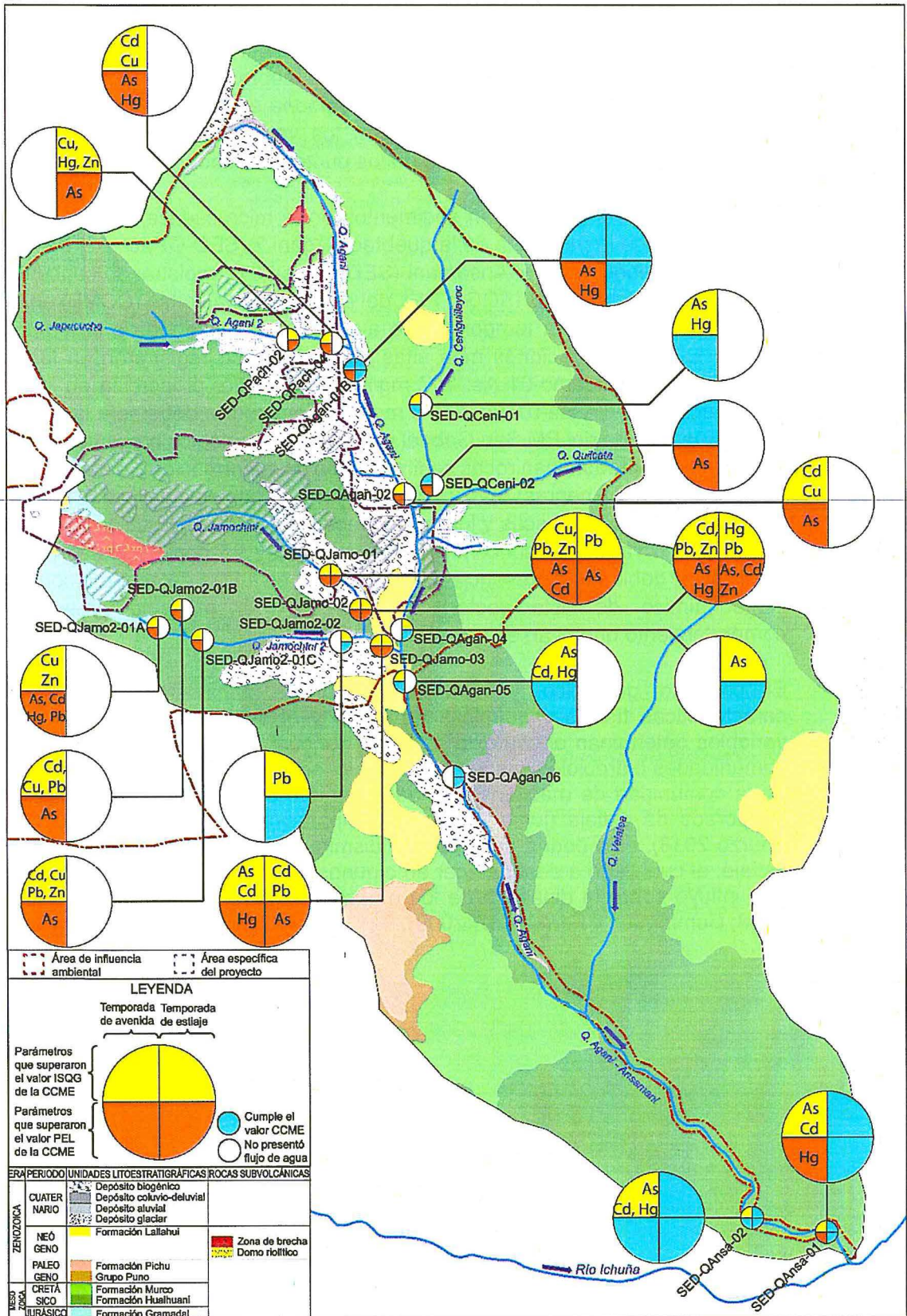


Figura 8-8. Parámetros que superaron los valores ISQG y PEL de la CCME para sedimentos, en las temporadas de avenida y estiaje evaluación en la microcuenca Agani-Ansamani



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



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

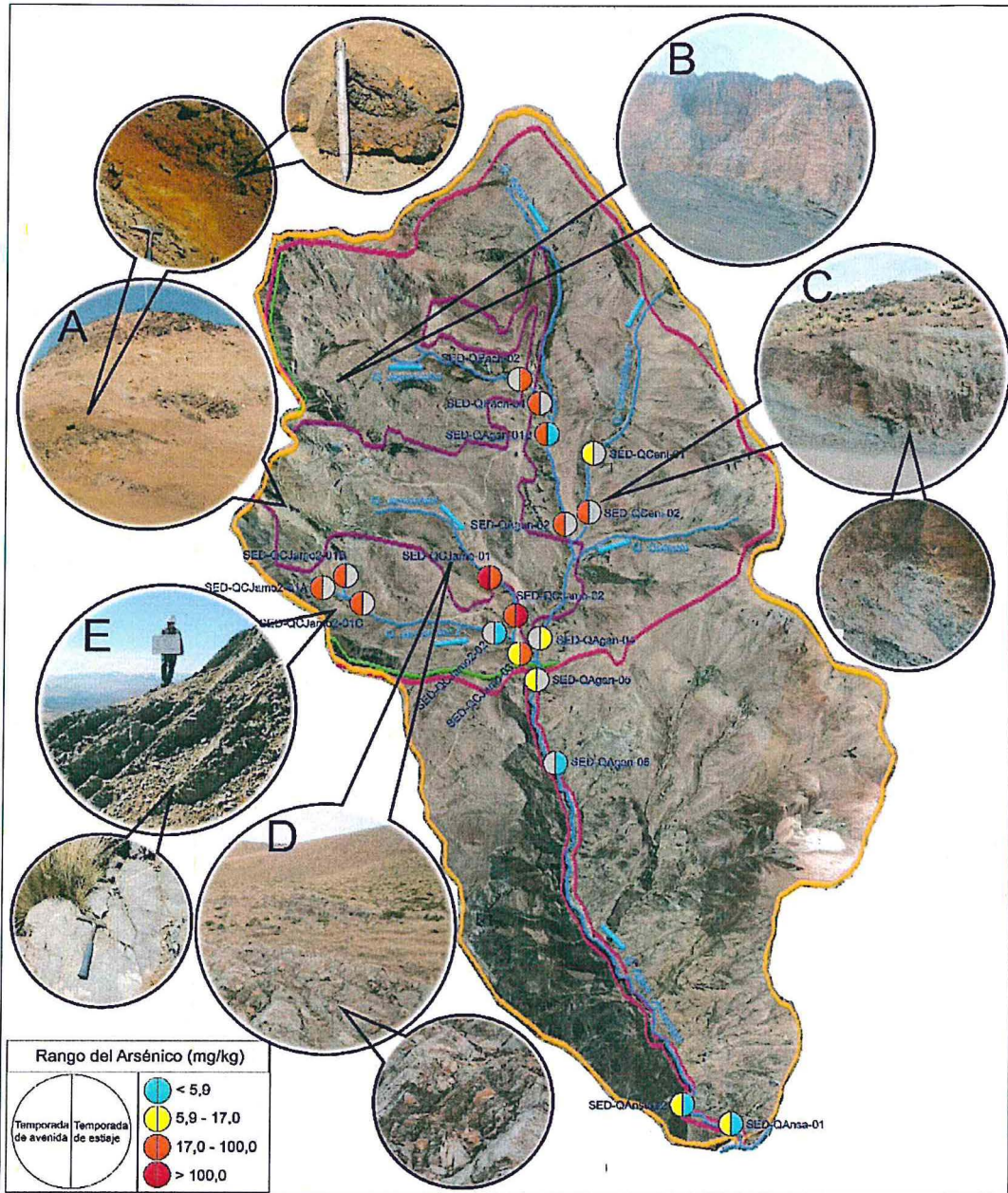


Figura 8-9. Distribución del arsénico en sedimento en ambas temporadas en la microcuenca Agani-Ansamani: **a)** Brechas polimícticas (Canahuire), **b)** Formación Hualhuani (Japucucho), **c)** Formación Murco (Quilcata), **d)** Formación Hualhuani (Jamochini) y **e)** Formación Gramadal (Cruzana)

Por otro lado, la riqueza de especies de microalgas del perifiton (Figura 8-11), en general tuvo una tendencia a incrementarse en la temporada de estiaje; asimismo, la abundancia fue mayor en esta temporada, esto podría deberse a la disminución del caudal, que beneficiaría el establecimiento de esta comunidad (Martínez, 2003).

En la Figura 8-12, se describe el comportamiento de la calidad ecológica del agua en la microcuenca Agani-Ansamani, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI). En general, la calidad ecológica fue similar tanto en temporada de avenida como de estiaje, pese a que hubo una disminución de especies.



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



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

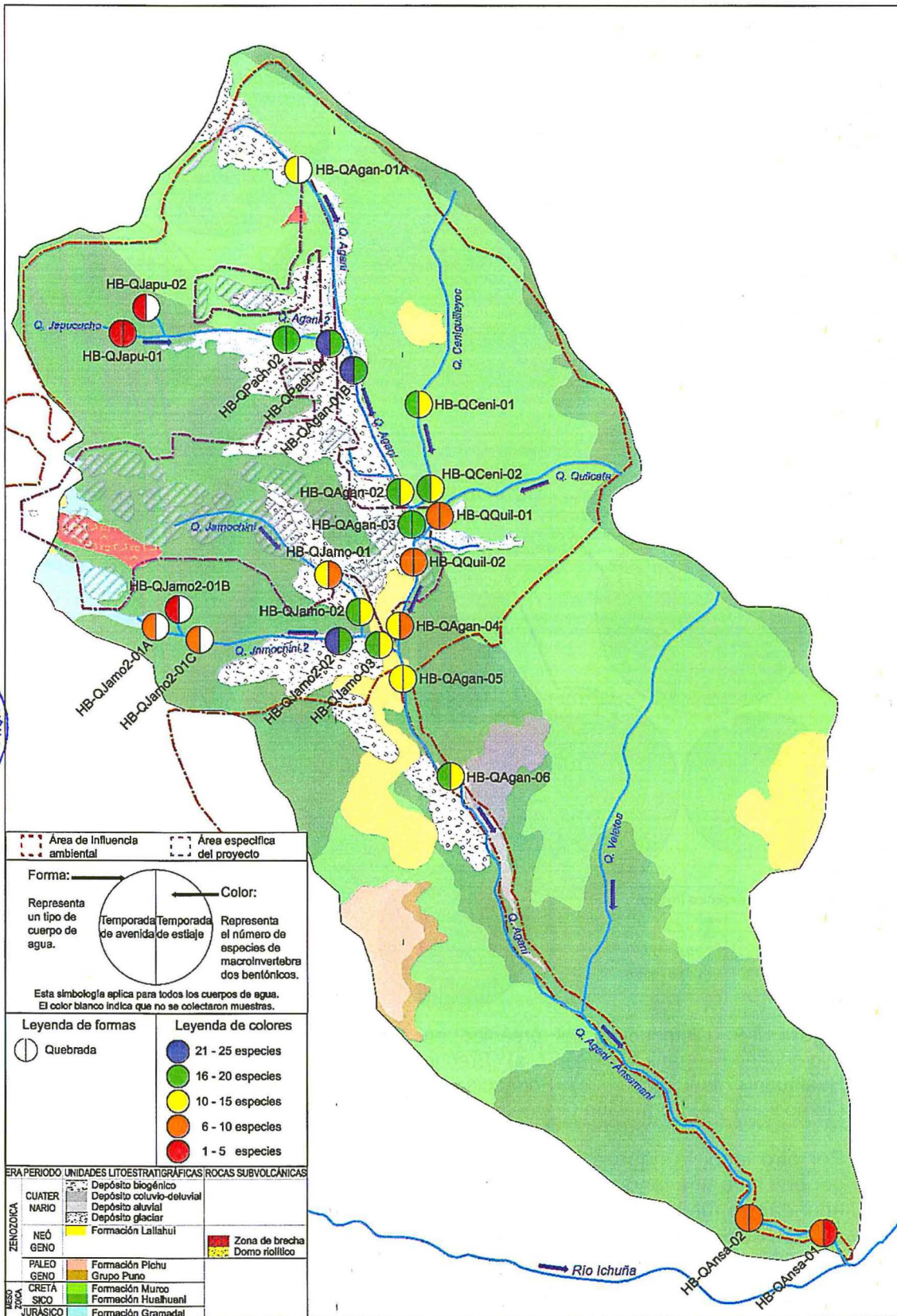


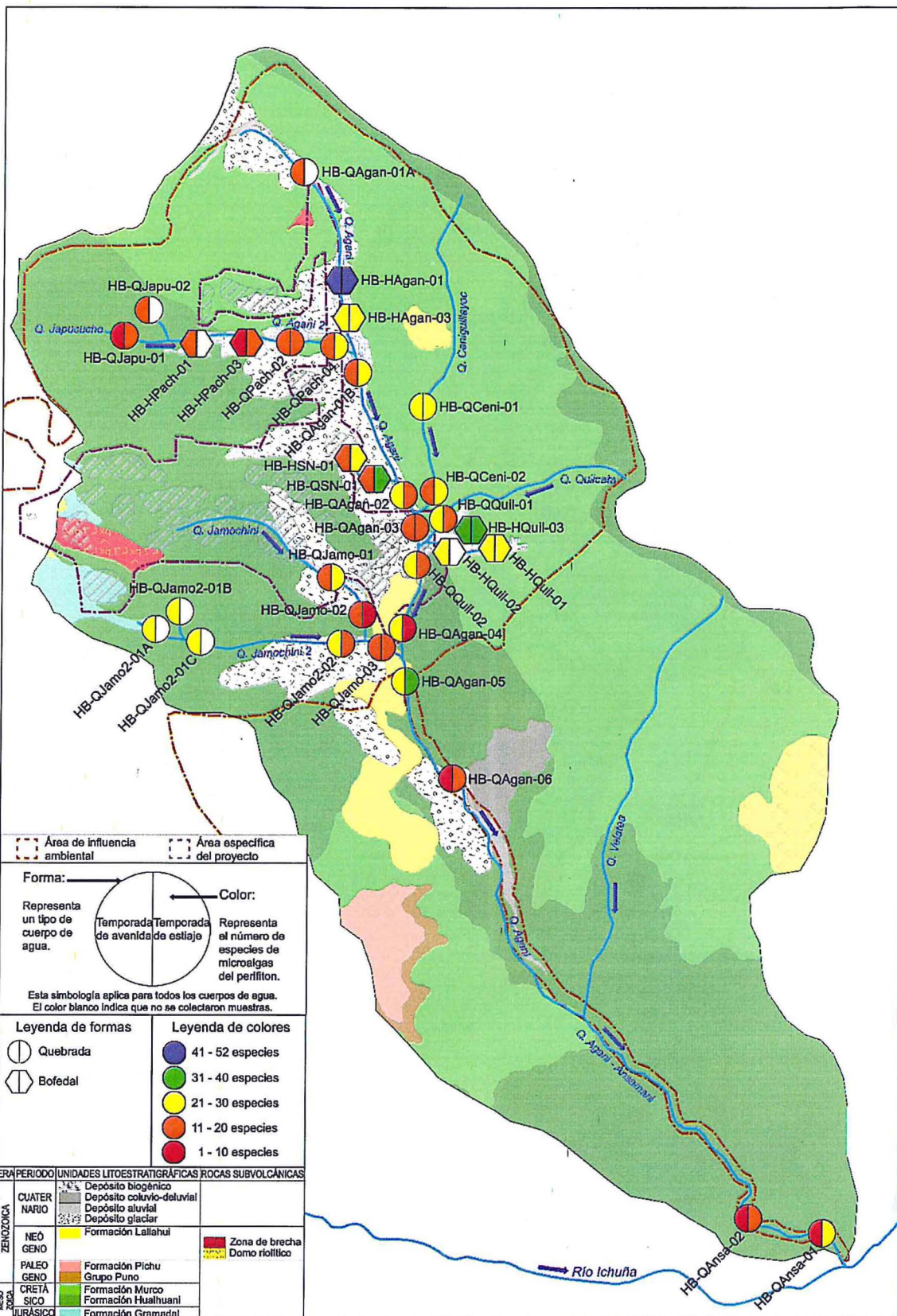
Figura 8-10. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Agani-Ansamani



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



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



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

Figura 8-11. Número de especies de microalgas del perifiton en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Agani-Ansamani



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

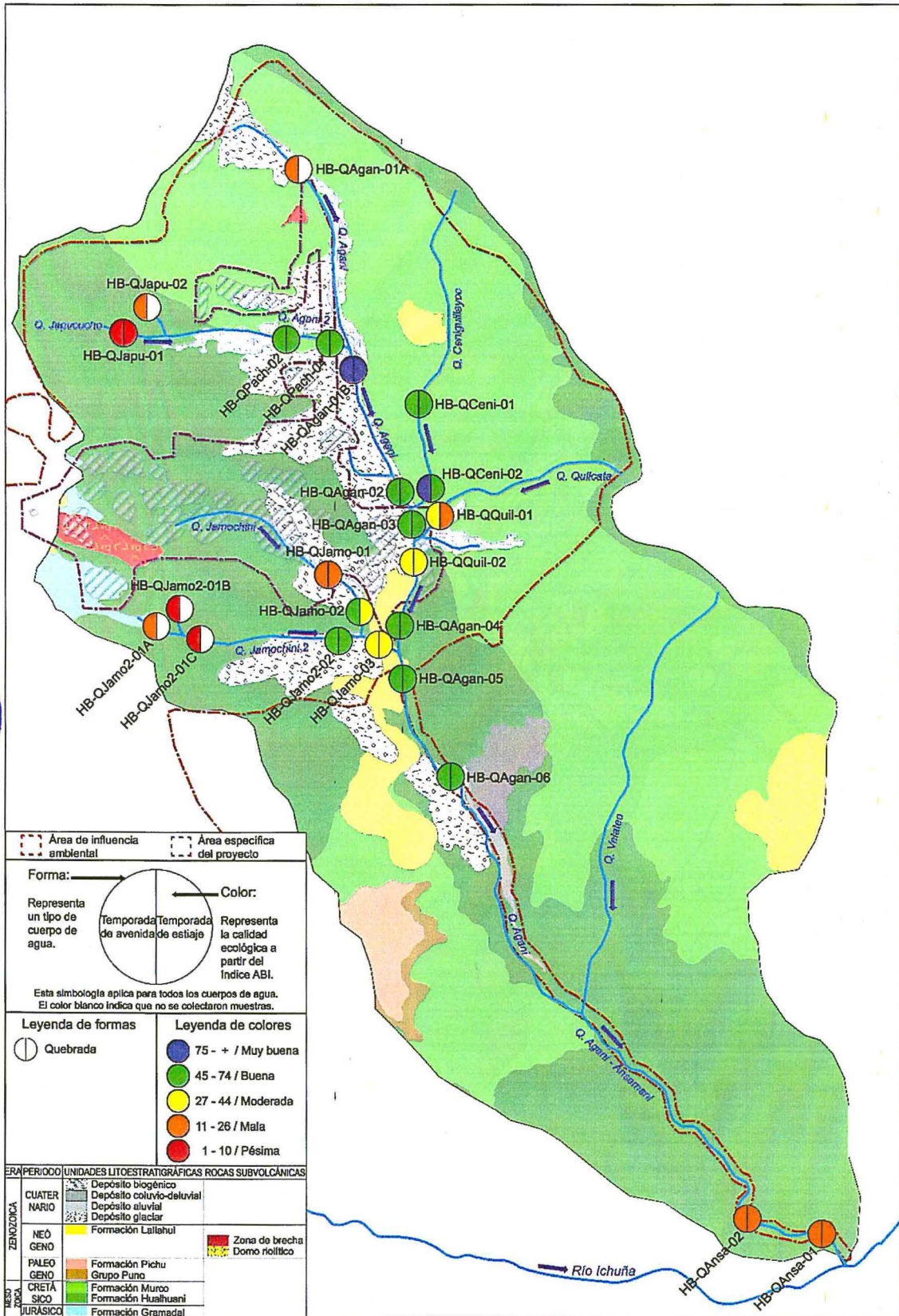


Figura 8-12. Calidad ecológica del agua a partir del índice ABI en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Agani-Ansamani



P. D. J. P. R. O. R. S. M. P.



Zona Jamochini

En la parte alta de la quebrada Jamochini se ubica el PM San Gabriel, que comprende la zona mineralizada Canahuire (Figura 8-1) emplazada en rocas sedimentarias de la Formación Gramadal (calizas) y la Formación Hualhuani (areniscas), se observó que las aguas subterráneas (PZ-01, PZ-02 y PZ-07) en este sector presentaron una tendencia bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica ($\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Ca} > \text{Mg}$) con presencia de metales como plomo, manganeso y hierro, que llegaron a incumplir los ECA para agua categoría 3 (2015 y 2017), asociados a pH neutros que varían entre 6,67-7,52 unidades; esto se debería a la presencia de calizas de la Formación Gramadal con venillas de siderita (FeCO_3) y Ankerita ($\text{Ca}(\text{Fe}^{+2}, \text{Mn})(\text{CO}_3)_2$); como consecuencia de una alteración hidrotermal por sideritización, lo cual coincide con lo descrito en el EIAd.

Las aguas superficiales en esta quebrada presentaron un cambio en su naturaleza hidroquímica de facies sulfatada cálcica magnésica ($\text{SO}_4 > \text{Ca} > \text{Mg}$) en temporada de avenida (marzo 2018) a facies bicarbonatada cálcica magnésica ($\text{HCO}_3 > \text{Ca} > \text{Mg}$) en temporada de estiaje (junio 2018), esto se debería a que hubo mayor disolución⁴² en la temporada de avenida. Asimismo, se observó que solo el manganeso incumplió los ECA para agua categoría 3 en ambas temporadas, disminuyendo desde la parte media (QJamo-01 y QJamo-02) hasta antes de la confluencia con la quebrada Agani (QJamo-03), la cual se debería a la dilución por los aportes del bofedal (ubicado en la parte baja de este sector) y de la quebrada Jamochini 2.

Al comparar los resultados de manganeso en los puntos QJamo-01 y QJamo-02 con la Línea Base⁴³ y la evaluación del OEFA⁴⁴ (2016), se observó que en la temporada de avenida (2018) el punto QJamo-01 (Figura 8-13a) registró una mayor concentración con respecto a la Línea Base; mientras que, en la temporada de estiaje su concentración fue similar a lo registrado en la Línea Base y la evaluación del OEFA (2016); sin embargo, en el punto QJamo-02 (Figura 8-13b) el comportamiento fue opuesto.

La presencia del manganeso en el agua subterránea (piezómetros PZ-01 y PZ-07) y en el agua superficial (QJamo-01, QJamo-02 y QJamo-03) estaría relacionada con la zona mineralizada Canahuire.

Es importante mencionar que, aproximadamente a 100 m aguas arriba del PZ-07 se observaron instalaciones auxiliares y una bocamina (Rampa San Gabriel Nv. 4780) las cuales no se encontraban en actividad durante las campañas de realizadas por el OEFA (Figura 8-14).

42 Disolución: Es el proceso por el cual los minerales se disuelven en el agua. La disolución controla la mezcla de cationes (iones de carga eléctrica positiva) y aniones (iones de carga eléctrica negativa). La forma y concentración de los componentes disueltos depende del contacto del agua con la atmósfera durante la precipitación y con el suelo y roca durante la infiltración o el flujo de agua subterránea. Traducido por Shianny Vásquez. Ganus W., Hurst R. & Smith L (2009) Encyclopedic Dictionary of Hydrogeology, página 25.

43 Estudio de impacto ambiental detallado del proyecto de explotación minera San Gabriel, aprobado con Resolución Directoral N° 099-2017-MEM/DGAAM, capítulo III, página 239. SW-AG-40, Norte (m): 8208350 Este (m): 332322 Altitud (m): 4869

44 Informe N.° 00123-2016-OEFA-DE-SDLB-CEAI, Evaluación ambiental de la cuenca Tambo durante el año 2016, capítulo IX, página 25. AG-55, Norte (m): 8208042 Este (m): 331737 Altitud (m): 4774



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including 'P. P.', 'J.', 'R.', and a signature 'SMAB'.



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

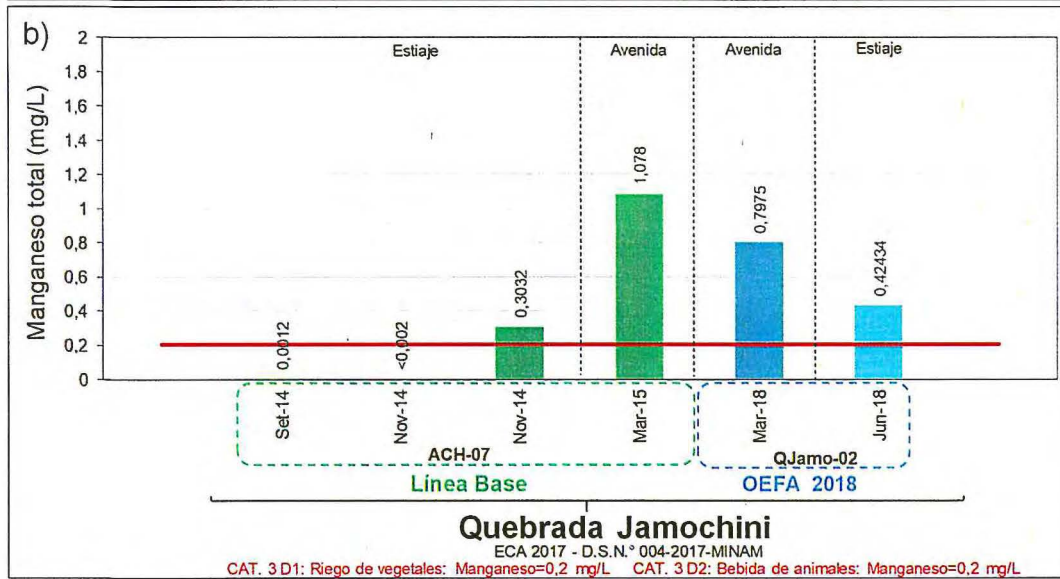
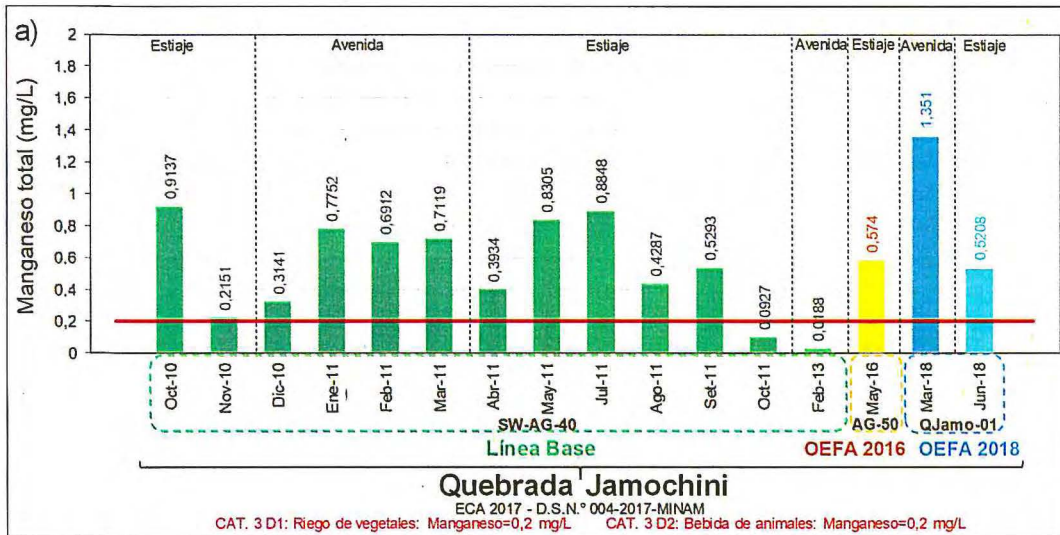


Figura 8-13. Concentración del manganeso en la Línea Base y las evaluaciones del OEFA, en la quebrada Jamochini: a) QJamo-01 y b) QJamo-02

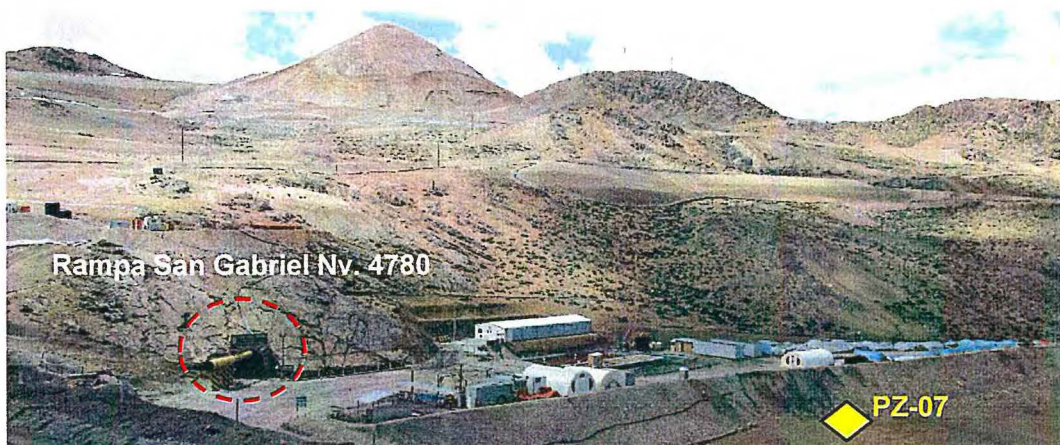


Figura 8-14. Vista panorámica de la parte alta de quebrada Jamochini



Vertical handwritten text and signature on the left margin, including the name 'DMPA' at the bottom.



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

En relación con la evaluación de sedimentos (SED-QJamo-01, SED-QJamo-02 y SED-QJamo-03), estos presentaron valores de arsénico, cadmio, cobre, plomo, zinc y mercurio, que superaron al menos un valor (ISQG y PEL) de la CCME en ambas temporadas (Figura 8-8). La mayor concentración para estos metales se registró en el punto SED-QJamo-01 (parte media de la quebrada), la cual se debería a la acumulación en el tiempo de estos metales en los sedimentos, producto del arrastre de material (suelo con escasa vegetación) proveniente de la parte alta de la zona mineralizada Canahuire, y que disminuye conforme se aleja de esta y recibe el aporte del bofedal y la quebrada Jamochini 2 (SED-QJamo-03). Además, se registraron altas concentraciones de manganeso y hierro en el sedimento.

Las aguas de la quebrada Jamochini 2 presentaron facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica ($HCO_3 > SO_4 - Ca > Mg$) desde la parte alta hasta antes de la confluencia con la quebrada Jamochini (QJamo2-02) en la temporada de avenida; no obstante, en la temporada de estiaje solo los puntos QJamo2-01A, QJamo2-01B y QJamo2-01C (parte alta de la quebrada) no presentaron flujo de agua; además, todos los parámetros evaluados cumplieron los ECA para agua categoría 3.

El manantial FJamo2-01 registró un cambio en su naturaleza de sulfatada cálcica magnésica ($SO_4 - Ca > Mg$) en avenida a bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica ($HCO_3 > SO_4 - Ca > Mg$) en estiaje, con un pH ligeramente ácido en ambas temporadas (5,89 y 6,22 unidades) que llegó a incumplir los ECA para agua categoría 3 (Figura 8-7). Esta condición se debería a que los manantiales son una manifestación de agua subterránea, por ende, la predominancia del ion sulfato nos indicaría que su recorrido en el subsuelo corresponde a un sistema de flujo intermedio (Custodio y Llamas, 1996), teniendo como zona de recarga a la parte alta de quebrada Jamochini (zona mineralizada Canahuire), según el diagrama de Ficklin, los pH neutros se asociaron a bajas concentraciones de metales (Figura 7-83).

Las mayores concentraciones de cadmio, plomo, zinc y cobre en el sedimento se registraron en la temporada de avenida en la parte alta de la quebrada Jamochini 2 (SED-QJamo2-01A, SED-QJamo2-01B y SED-QJamo2-01C) y en la parte media (SED-QJamo2-02) en la temporada de estiaje que incumplieron al menos un valor (ISQG y PEL) de la CCME, la acumulación de sedimento en la parte alta se debería al arrastre de material proveniente de los suelos sin cobertura vegetal de las partes altas de estas quebradas que se encuentran próximas a la zona mineralizada Canahuire el cual se encuentra alterado y erosionado (Figura 8-15).

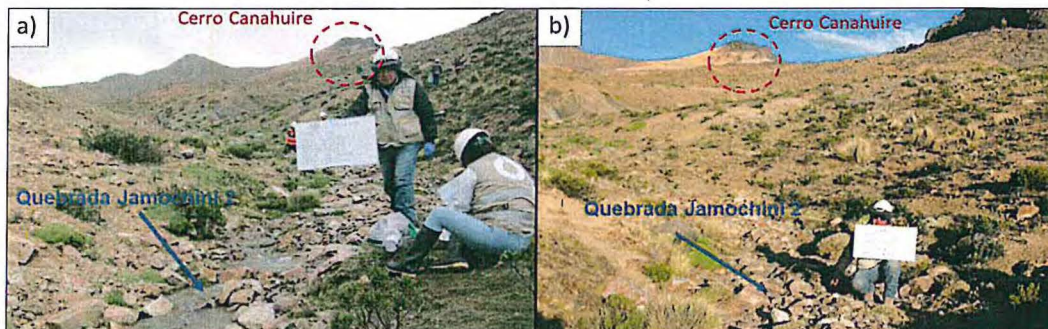


Figura 8-15. Vista panorámica de la quebrada Jamochini 2: a) Temporada de avenida y b) Temporada de estiaje



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including an arrow pointing up and several illegible signatures.



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

Se observó que tanto en estiaje como en avenida los puntos de muestreo ubicados en la parte alta de las quebradas Jamochini (HB-QJamo-01) y Jamochini 2 (HB-QJamo2-01A, HB-QJamo2-01B, HB-QJamo2-01C) presentaron una baja riqueza de macroinvertebrados bentónicos (entre 3 y 12 especies), esto podría deberse a la presencia de manganeso en el agua, el cual incumplió los ECA para agua categoría 3; asimismo, el arsénico, cadmio, mercurio y plomo en el sedimento presentaron concentraciones que superaron los valores PEL del estándar canadiense (CCME); mientras que, el cobre y zinc presentaron concentraciones superiores al valor ISQG del estándar mencionado, estas características se deberían a que ambas quebradas se emplazan sobre la Formación Hualhuani con presencia de zonas de óxidos, cercanos al área de alteración hidrotermal de la zona mineralizada Canahuire (Figura 8-10).

Con respecto a la calidad ecológica del agua en las quebradas Jamochini y Jamochini 2 (Figura 8-12), determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), tanto en estiaje como en avenida, se observó que los puntos de muestreo ubicados en la parte alta de estas quebradas presentaron una calidad ecológica entre pésima (HB-QJamo2-01B y HB-QJamo2-01C) y mala (HB-QJamo2-01A y HB-QJamo-01); asimismo, se observó la prevalencia de macroinvertebrados bentónicos considerados tolerantes a los cambios medioambientales (Acosta *et al.*, 2009; Domínguez y Fernández, 2009; Ríos *et al.*, 2014), como los dípteros Chironomidae (*Cricotopus* sp. y *Podonomus* sp.) y el Oligochaeta (Haplotaxidae n.d.). Mientras que, los puntos de muestreo ubicados en la parte baja de estas quebradas presentaron una calidad ecológica entre moderada (HB-QJamo-03) y buena (HB-QJamo2-02); además, se registraron especies catalogadas sensibles a los cambios medioambientales, como los efemerópteros Baetidae (*Andesiops* sp.) y Leptophlebiidae (*Meridialaris* sp.), el trichóptero Limnephilidae (*Anomalocosmoecus* sp.) y los dípteros Simuliidae (*Gigantodax* sp. y *Simulium* sp.).

Para el caso de la riqueza de microalgas del perifiton, en general, tuvo una tendencia a incrementarse en la temporada de estiaje; asimismo, la abundancia fue mayor en esta temporada, esto podría deberse a la disminución del caudal que favorecería el establecimiento de esta comunidad sobre el sustrato (Martínez, 2003). La riqueza de las microalgas del perifiton, en general, fue similar tanto en la parte alta (HB-QJamo2-01A, HB-QJamo2-01B, HB-QJamo2-01C y HB-QJamo-01) como en la parte baja (HB-QJamo-02 y HB-QJamo-03), a pesar de la presencia de manganeso en el agua y los metales en sedimentos. Además, se observó que las diatomeas: *Nitzschia gracilis*, *Fragilaria capuccina* y *Fragilaria capuccina* var. *gracilis* y la cianobacteria *Chroococcus dispersus* fueron las especies más comunes en todos los puntos de muestreo (Figura 8-11).

Zona Japucucho-Agani 2

La quebrada Japucucho-Agani 2 presentó una naturaleza con predominancia del anión sulfato asociada a un pH ácido en la parte alta (QJapu-01 pH: 4,84 y HPach-01, pH: 3,26), a la cual, se adiciona el anión bicarbonato desde la parte media (FPach-01 y HPach-03) hasta la parte baja (QPach-02 y QPach-04), esto se debería a la influencia de los bofedales aledaños a este sector (Figura 8-7).

El carácter ácido (3,26 unidades de pH) de las aguas del punto HPacha-01 (Figura 8-16) favoreció la presencia de metales como aluminio, manganeso y cobalto que incumplieron los ECA para agua categoría 3; similar comportamiento mostró el



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including a large arrow pointing upwards and the signature 'SMB' at the bottom.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

punto S-37 (punto IGA) que registró valores de pH de 3,45 unidades⁴⁵, esto se debería a la cercanía a la zona de óxidos de las areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani, la misma que se encuentra ligeramente erosionada y con poca cobertura vegetal; además, este sector muestra zonas de debilidad por la presencia de fallas geológicas de dirección NE a SW favoreciendo la circulación del agua subterránea de las zonas mineralizadas a estos sectores (Anexo A: Mapa geológico). Según el diagrama de Ficklin, los pH ácidos se asociaron a bajas concentraciones de metales para esta zona (Figura 7-83).

En esta quebrada, solo la concentración de manganeso incumplió los ECA para agua categoría 3 desde la zona media (HPacha-01) hasta la parte baja (QPacha-04) disminuyendo progresivamente en su recorrido (Figura 8-17), debido a la influencia del bofedal Agani 2 que actuaría como un depurador del agua (Auvire, 2006). Cabe indicar que, la parte alta de esta quebrada (QJapu-01) registró un pH ácido en las dos temporadas de evaluación (4,84 y 4,34 unidades de pH) que llegó a incumplir los ECA para agua categoría 3.



Figura 8-16. Parte alta de la quebrada Japucucho (HPacha-01) próxima a la zona de óxidos



Handwritten signatures and initials in blue ink, including 'P.', 'D.', 'R.', and 'S.M.C.'.

45

Estudio de Impacto Ambiental Detallado EIA-d -Categoría III – Proyecto San Gabriel (2016). Capítulo 3, Anexo 3.6: Estudio hidrogeológico para el EIA del proyecto minero San Gabriel, páginas 19-20. Punto de muestreo S-2: Coordenada WGS 84: E-331053 m/N-8206379 m



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

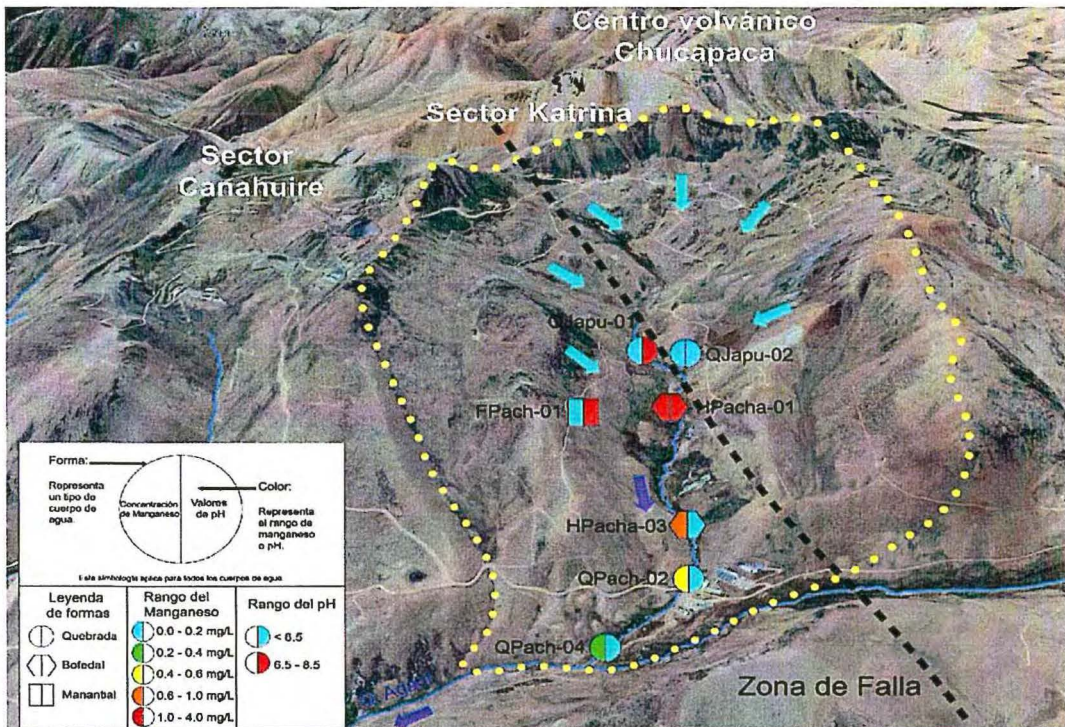


Figura 8-17. Comportamiento del manganeso y el pH en el agua de la quebrada Japucucho-Agani 2 en la temporada de avenida

Del mismo modo, los sedimentos de esta quebrada (SED-QPach-02 y SED-QPach-04) registraron la presencia de arsénico, cadmio, cobre, zinc y mercurio; cuyas concentraciones superaron los valores ISQG y PEL del estándar canadiense (CCME); además, el punto QPach-02 registró la mayor concentración de manganeso (1457 mg/kg), cabe resaltar que en estos puntos también el manganeso incumplió el ECA para agua categoría 3 (Figura 8-17).

En esta quebrada se observó que, tanto en estiaje como en avenida, el punto de muestreo HB-QJapu-01, ubicado en la parte alta de la quebrada Japucucho, presentó una baja riqueza de macroinvertebrados bentónicos (entre 2 y 4 especies), esto podría deberse al pH ácido del agua, el cual incumplió los ECA para agua categoría 3, y se asoció a un tipo de agua sulfatada cálcica magnésica ($SO_4-Ca > Mg$), debido a su cercanía a la zona de óxidos (Formación Hualhuani) y fallas geológicas (Figura 8-10).

Con respecto a la calidad ecológica del agua, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), tanto en estiaje como en avenida, se observó que los puntos ubicados en la parte alta (HB-QJapu-01 y HB-QJapu-02) presentaron una calidad ecológica entre pésima y mala (Figura 8-12); asimismo, se observó la prevalencia de macroinvertebrados bentónicos considerados tolerantes a los cambios medioambientales (Acosta *et al.*, 2009; Domínguez y Fernández, 2009; Ríos *et al.*, 2014), como el díptero Chironomidae (*Cricotopus* sp.) y el Oligochaeta (Haplotaenidae n.d.). Mientras que, en la parte baja de esta quebrada (HB-QPach-02 y HB-QPach-04) presentaron una buena calidad ecológica; además, se registraron especies catalogadas sensibles a los cambios medioambientales, como el efemeróptero Baetidae (*Andesiops* sp.), el trichóptero Hydrobiosidae (*Cailloma* sp.) y los dípteros Simuliidae (*Gigantodax* sp. y *Simulium* sp.).



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



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

Para el caso de la riqueza de microalgas del perifiton, en general, tuvo una tendencia a incrementarse en la temporada de estiaje; asimismo, la abundancia fue mayor en esta temporada, esto podría deberse a la disminución del caudal que favorecería el establecimiento de esta comunidad sobre el sustrato (Martínez, 2003). La riqueza de las microalgas del perifiton, en general, fue menor en la parte alta de esta quebrada (HB-QJapu-01); además, se observó que las diatomeas: *Achnanthisdium* cf. *convergens*, *Achnanthisdium* sp. 1, *Adlafia* sp., *Gomphonema* cf. *auritum*, *Eunotia* cf. *pectinalis*, *Eunotia* cf. *bidens*, *Pinnularia* cf. *divergens*, *Pinnularia microstauron*, fueron las especies exclusivas para este punto, lo cual indicaría su adaptación a las condiciones ácidas del agua (Figura 8-11).

Zona Ceniguillayoc-Quilcata

El bofedal Quilcata (HQuil-01, HQuil-02 y HQuil-03) presentó predominancia del ión bicarbonato en ambas temporadas, donde el punto HQuil-03 mostró un pH alcalino (8,95 y 8,86 unidades) que incumplió los ECA para agua categoría 3. Este comportamiento del pH se sustenta por la presencia de iones bicarbonatos y carbonatos disueltos en el agua (Figura 8-18), al graficar la relación entre las concentraciones de estos iones, el bicarbonato alcanzó un 77 % (línea roja) en base al cálculo de la alcalinidad = $\sum(CO_3^{2-} + HCO_3^{-})$, esto se debería a la interacción del agua de lluvia con las rocas sedimentarias.

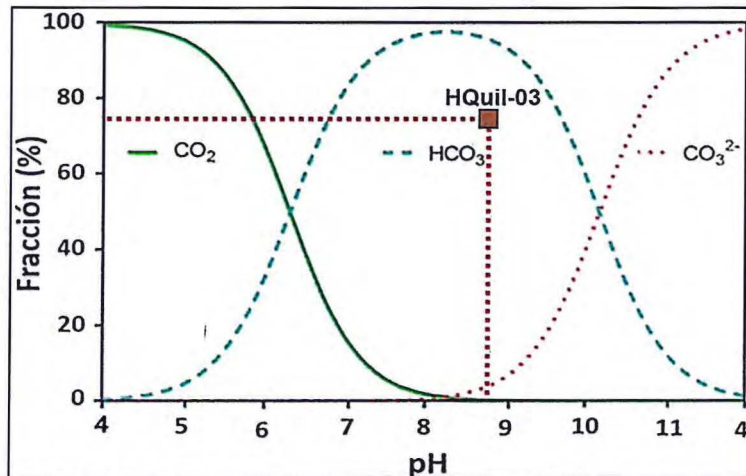


Figura 8-18. Relación entre carbonatos, bicarbonatos y pH
Fuente: Schwarzenbach y Meier, 1958.

El punto HQuil-01 (parte alta del bofedal Quilcata) presentó concentraciones de manganeso y hierro que incumplieron los ECA para agua categoría 3 (2015 y 2017), la presencia de estos metales estaría relacionada con las características geológicas propias de la Formación Murco, compuesta por niveles de areniscas masivas de color rojo, lutitas negras carbonosas y limos con presencia de óxidos de hierro rellenando fracturas; además, el estudio litogeoquímico de esta unidad geológica indica la presencia de contenidos de hierro (Fe: 2800-232400 ppm) y manganeso (Mn: 77-4350 ppm) de acuerdo con Cereceda *et al.* (2015)⁴⁶. Mientras que los parámetros evaluados en el punto HQuil-02 (parte baja del bofedal Quilcata) cumplieron los ECA para agua categoría 3 (2015 y 2017).



Vertical text and signatures on the left margin, including 'A.P.' and other illegible signatures.

46

Estudio litogeoquímico de la subcuenca del río Ichuña – cuenca del río Tambo (Lima – Perú 2015) - INGEMMET.



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

Los sedimentos en la quebrada Ceniguillayoc (SED-QCeni-01 y SED-QCeni-02) registraron la presencia de arsénico y mercurio; en la parte baja (aguas abajo del manantial FCeni-02) presentó un incremento en la concentración de arsénico llegando a superar el valor PEL del estándar canadiense (CCME); mientras que, la concentración de mercurio superó el valor ISQG del estándar mencionado en la parte alta (SED-QCeni-01), esto se debería al contexto geológico donde aflora la Formación Murco compuesta por areniscas y lutitas con presencia de óxidos y sulfuros. Cereceda *et al.* (2015), indican la presencia de arsénico en concentraciones que varían entre 12 y 95 ppm en estas formaciones geológicas, debido a la presencia de arsenopirita en lutitas; además, las condiciones fisiográficas favorecerían el arrastre y acumulación del arsénico (Figura 8-8).

En esta quebrada, se observó que tanto en avenida y estiaje, la parte alta de la quebrada Ceniguillayoc (HB-QCeni-01) presentó una moderada riqueza de macroinvertebrados bentónicos (17 y 15 especies), la cual fue similar a la parte baja (HB-QCeni-02: 18 y 12 especies), esto podría deberse a las características del agua, que cumplió los ECA para agua categoría 3; así mismo, solo el arsénico en el sedimento presentó una concentración superior al valor PEL (HB-QCeni-02) del estándar canadiense (CCME); mientras que, el mercurio presentó una concentración superior al valor ISQG (HB-QCeni-01) del estándar mencionado.

Con respecto a la calidad ecológica del agua en la quebrada Ceniguillayoc, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), tanto en estiaje como en avenida se observó que los puntos de muestreo ubicados en la parte alta (HB-QCeni-01) y la parte baja (HB-QCeni-02) de esta quebrada presentaron una buena calidad ecológica; asimismo, se observó la presencia de macroinvertebrados bentónicos considerados sensibles a los cambios medioambientales (Acosta *et al.*, 2009; Domínguez y Fernández, 2009; Ríos *et al.*, 2014), como los efemerópteros Baetidae (*Andesiops* sp.) y Leptophlebiidae (*Meridialaris* sp.), el plecóptero Gripterygidae (*Claudioperta* sp.), los trichópteros Hydrobiosidae (*Cailloma* sp.) y Limnephilidae (*Anomalocosmoecus* sp.) y los dípteros Simuliidae (*Gigantodax* sp. y *Simulium* sp.).

Para el caso de la riqueza de microalgas del perifiton, en general, tuvo una tendencia a incrementarse en la temporada de estiaje; asimismo, la abundancia fue mayor en esta temporada, esto podría deberse a la disminución del caudal que favorecería el establecimiento de esta comunidad sobre el sustrato (Martínez, 2003). La riqueza de las microalgas del perifiton, en general, fue similar tanto en la parte alta (HB-QCeni-01) como en la parte baja (HB-QCeni-02), a pesar de la presencia de arsénico y mercurio en el sedimento. Además, se observó que las diatomeas: *Cocconeis placentula*, *Nitzschia gracilis*, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema subclavatum*, *Navicula lanceolata*, *Fragilaria capuccina*, *Fragilaria tenera*, *Ulnaria ulna* y *Ulnaria acus*, fueron las especies más comunes en todos los puntos evaluados.

Cabe mencionar que se observó actividades de pastoreo en los bofedales cercanos al caserío Quilcata (Figura 8-19).



Vertical handwritten notes and signature on the left margin, including the name 'S.M.P.B.' at the bottom.



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

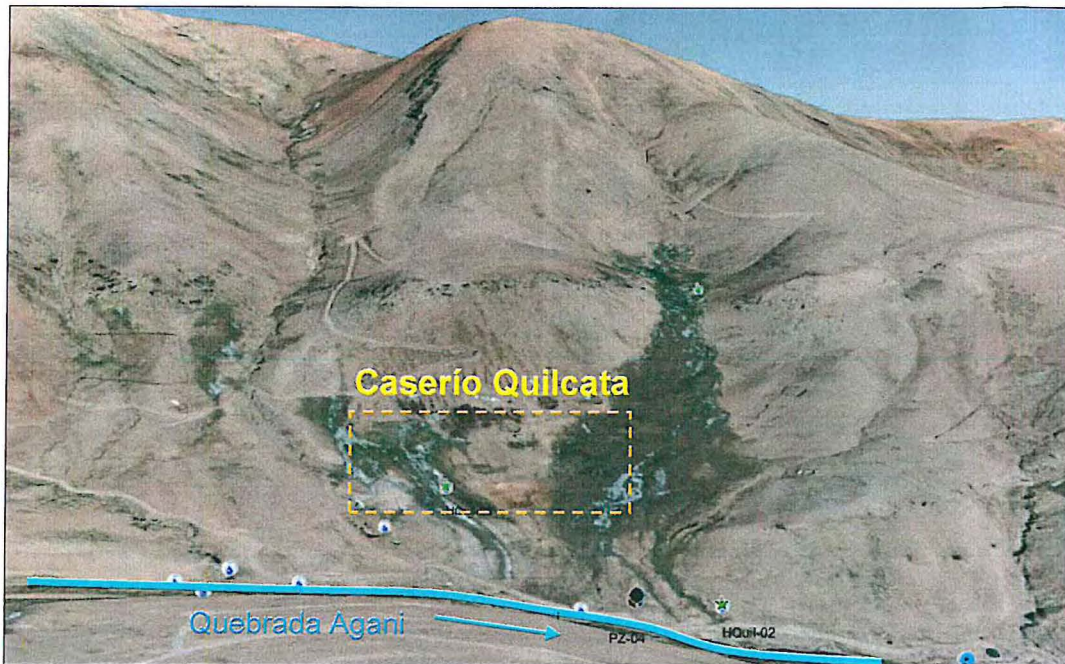


Figura 8-19. Vista panorámica de los bofedales y caserío Quilcata
Fuente Google Earth. Data SIO. NOAA U.S. Navy, NGA, GEBCO @2018 Google.

Zona Agani-Ansamani

La quebrada Agani-Ansamani inicia su recorrido en la parte alta de Agani (4800 m s.n.m.), presentando una dirección predominante de sur a noroeste, hasta su confluencia con el río Ichuña (3650 m s.n.m.), por su naturaleza hidroquímica las aguas superficiales presentaron una predominancia bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica ($\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Ca} > \text{Mg}$) en las temporadas de avenida y estiaje (Figura 8-7). Es importante mencionar que en esta quebrada los parámetros evaluados en todos los puntos cumplieron los ECA para agua categoría 3 (2015 y 2017).

El manantial Agani (FAgan-01), ubicado en el sector Pachacutec, registró un pH ligeramente ácido (5,93 unidades) incumpliendo los ECA para agua categoría 3 en la temporada de estiaje, esta condición estaría relacionada al afloramiento de brechas polimícticas⁴⁷ (prospecto Pachacutec; Figura 8-20) emplazado en rocas sedimentarias de la Formación Murco, donde posiblemente, se esté dando procesos de interacción agua-roca, produciendo la oxidación *in situ* de los sulfuros presentes en los afloramientos de brechas por el aporte de oxígeno disuelto mediante la infiltración de la precipitación.



Handwritten signature and vertical text on the left margin, including the name 'D. P.' and other illegible characters.

47

Una brecha polimíctica, es una roca clástica sedimentaria compuesta de clastos angulosos de diferente origen entremezclados en una matriz consolidada.



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

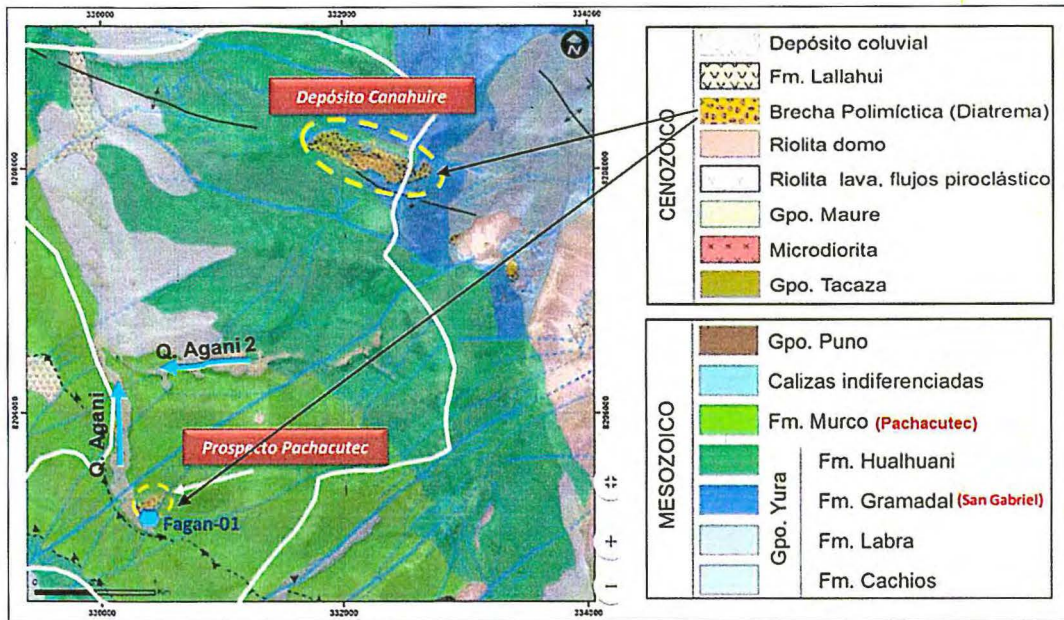


Figura 8-20. Ubicación del manantial Agani (Fagan-01), el depósito mineral Canahuire y el prospecto Pachacutec

Fuente: PERUMIN 32 Convención Minera. San Gabriel: Desarrollo y nuevas oportunidades – Igor Gonzales, Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

Al comparar los resultados del punto de muestreo Fagan-01 con el punto MA-AG-05 (2011) reportado en la Línea Base⁴⁸ (Figura 8-21), se observó que el pH fue ligeramente ácido en la temporada de estiaje, mientras que en la temporada de avenida el valor fue similar a lo reportado en la Línea Base.

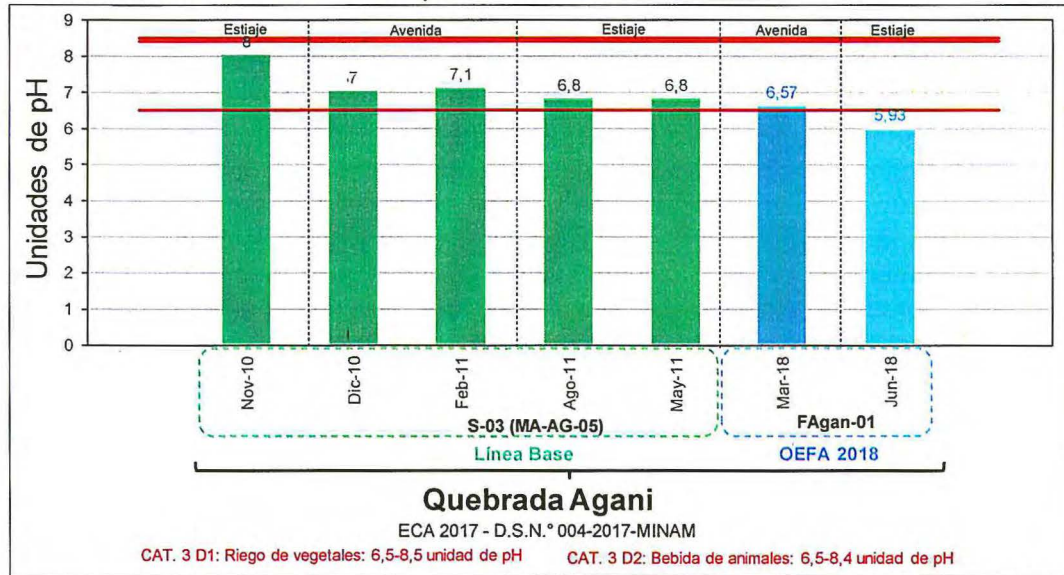


Figura 8-21. Comparación del potencial de hidrógeno (pH) del punto Fagan-01 con datos de la Línea Base

El manantial Quilcata (FQuil-01), ubicado en la margen derecha de la quebrada Agani (sector Quilcata), mostró un predominio del anión sulfato en ambas temporadas, lo que indicaría un mayor recorrido del agua subterránea; asimismo, presentó un pH

48

Estudio de impacto ambiental detallado del proyecto de explotación minera San Gabriel, aprobado con Resolución Directoral N° 099-2017-MEM/DGAAM, capítulo III, página 297. MA-AG-05 (S-03), Norte (m): 8205125 Este (m): 330358.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including 'P. P.' and 'R'.



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

ligeramente ácido (6,36 unidades) en la temporada de avenida incumpliendo los ECA para agua categoría 3. Esto podría deberse a la circulación del agua subterránea desde la zona de recarga (sector Jamochini-Japucucho), pasando por zonas mineralizadas y de óxidos disminuyendo la concentración anión bicarbonato y por ende también la alcalinidad⁴⁹.

Los datos registrados en el manantial Quilcata (FQuil-01) se compararon con los datos reportados entre el 2010 y 2011 (MA-AG-47) en la Línea Base⁵⁰ (Figura 8-22). En relación con los valores de pH, se observó que en las temporadas de evaluación fueron similares; ligeramente ácido en la temporada de avenida y neutro en la temporada de estiaje.

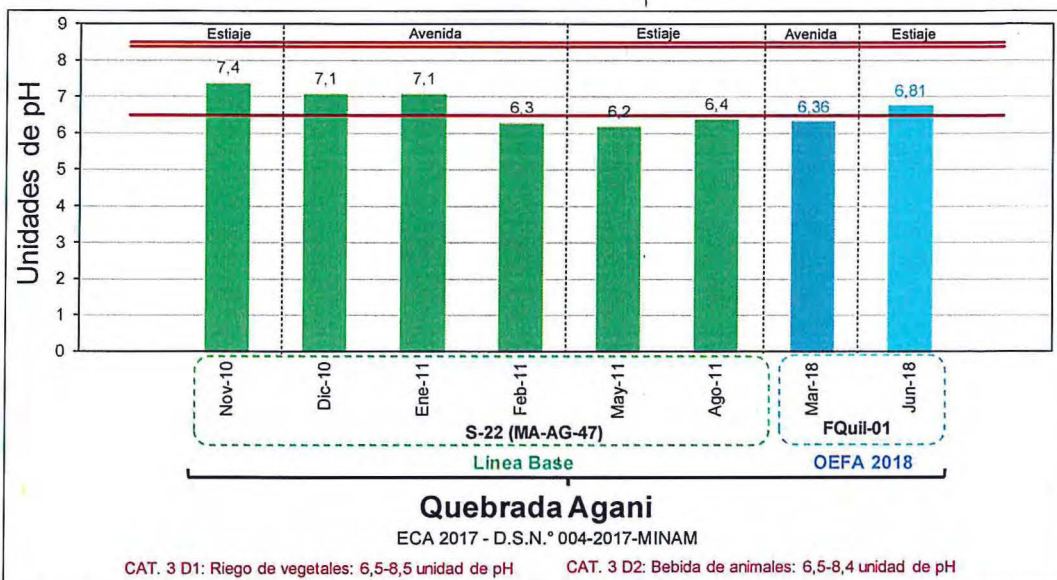


Figura 8-22. Comparación de potencial hidrógeno (pH) del punto FQuil-01 con datos de la Línea Base

Los sedimentos en los puntos ubicados en la quebrada Agani-Ansamani, desde la parte alta (SED-QAgan-01B y SED-QAgan-02), parte media (SED-QAgan-04 y SED-QAgan-05) hasta la parte baja (SED-QAnsa-01 y SED-QAnsa-02) registraron concentraciones de arsénico, cadmio, cobre y mercurio que superaron en al menos un parámetro los valores ISQG y PEL del estándar canadiense (CCME) en todos los puntos evaluados y en ambas temporadas.

Las mayores concentraciones de estos metales en los sedimentos se registraron en la parte alta y estarían asociados al aporte de las quebradas Jamochini y Japucucho-Agani 2, disminuyendo su concentración en la quebrada Ansamani. La acumulación de sedimento en la parte alta se debería al arrastre de material proveniente de los suelos sin cobertura vegetal de las partes altas de las quebradas evaluadas y que se encuentran próximas a la zona mineralizada Canahuire; sin embargo, a través de mecanismos de transporte desde la parte alta hacia la parte baja juntamente con la topografía (pendiente abrupta) generaron un incremento en las concentraciones de

49 Estudio de impacto ambiental detallado del proyecto de explotación minera San Gabriel, aprobado con Resolución Directoral N° 099-2017-MEM/DGAAM, capítulo III, página 299.

50 Estudio de impacto ambiental detallado del proyecto de explotación minera San Gabriel, aprobado con Resolución Directoral N° 099-2017-MEM/DGAAM, capítulo III, página 297.
MA-AG-47: Norte (m): 8208348Este (m): 329497



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.

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

sólidos suspendidos totales en esta quebrada, donde se observó que el agua presentó características turbias y vegetación ribereña con presencia de materia orgánica y tierra disturbada en la temporada de avenida (Figura 8-23a) a diferencia de la temporada de estiaje donde disminuyó la concentración de estos sólidos suspendidos totales. Además, esta condición influyó en la disminución de la concentración de metales en los sedimentos (Figura 8-23b) en la temporada de estiaje, en comparación con la temporada de avenida.

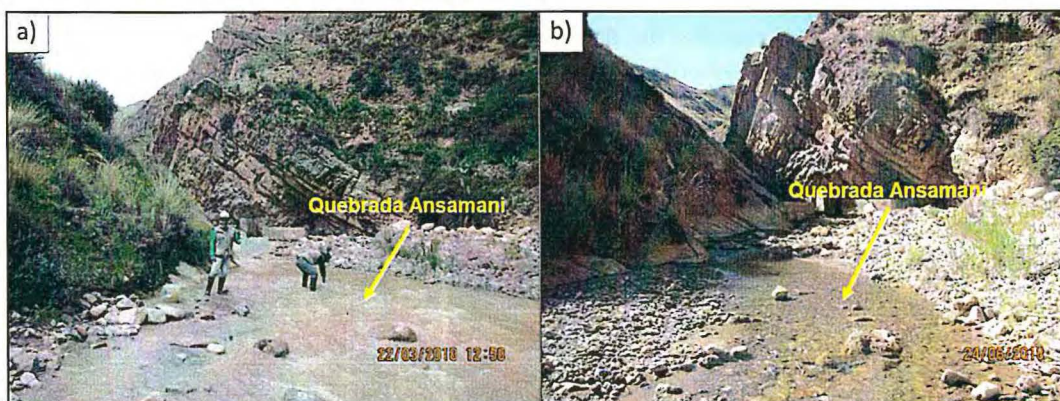


Figura 8-23. Parte baja de la quebrada Agani-Ansamani: a) Temporada de avenida y b) Temporada de estiaje

El contexto geológico y mineralógico influye considerablemente sobre las características físicas y químicas del agua y el sedimento, y en conjunto estas variables determinan el contexto ambiental el cual influye sobre la dinámica de las comunidades hidrobiológicas; en ese sentido, se observó que tanto en estiaje como en avenida, la parte alta y media de la quebrada Agani-Ansamani (desde HB-QAgan-01A hasta HB-QAgan-06), presentó una mayor riqueza de macroinvertebrados bentónicos que la parte baja (HB-QAnsa-02 y HB-QAnsa-01); la menor riqueza podría deberse a que estos puntos presentaron metales en el sedimento, tales como el mercurio (HB-QAnsa-01) cuya concentración superó el valor PEL del estándar canadiense (CCME); mientras que, el arsénico y cadmio presentaron concentraciones superiores al valor ISQG del estándar mencionado en ambos puntos (Figura 8-10).

Con respecto a la calidad ecológica del agua en la quebrada Agani-Ansamani (Figura 8-12), determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), tanto en estiaje como en avenida, se observó que los puntos de muestreo ubicados en la parte alta y media (desde HB-QAgan-01B hasta HB-QAgan-06) presentaron una buena calidad ecológica; además, se observó la presencia de macroinvertebrados bentónicos considerados sensibles a los cambios medioambientales (Acosta *et al.*, 2009; Domínguez y Fernández, 2009; Ríos *et al.*, 2014), como los efemerópteros Baetidae (*Andesiops* sp.) y Leptophlebiidae (*Meridialaris* sp.), el plecóptero Gripterygidae (*Claudioperla* sp.), los trichópteros Hydrobiosidae (*Cailloma* sp.) y Limnephilidae (*Anomalocosmoecus* sp.) y los dípteros Simuliidae (*Gigantodax* sp. y *Simulium* sp.); mientras que, la parte baja (HB-QAnsa-02 y HB-QAnsa-01) presentó una mala calidad ecológica; asimismo, se observó la prevalencia del díptero Chironomidae (*Cricotopus* sp.), considerado tolerante a los cambios medioambientales.

Para el caso de la riqueza de microalgas del perifiton, en general, tuvo una tendencia a incrementarse en la temporada de estiaje; asimismo, la abundancia fue mayor en esta temporada, esto podría deberse a la disminución del caudal que favorecería el establecimiento de esta comunidad sobre el sustrato (Martínez, 2003). La riqueza de



↑
D.
P.
f.
ch.
f.
D.
P.
R.
R.
S.H.R.



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

las microalgas del perifiton, en general, fue similar tanto en la parte alta y media (desde HB-QAgan-01A hasta HB-QAgan-06) como en la parte baja (HB-QAnsa-02 y HB-QAnsa-01), a pesar de la presencia de arsénico, cadmio y mercurio en el sedimento. Además, se observó que las diatomeas: Nitzschia gracilis, Encyonema minutiforme, Gomphonema subclavatum, Gomphonema minutum, Navicula lanceolata, Fragilaria capuccina, Fragilaria capuccina var. gracilis, Ulnaria ulna, Ulnaria acus y Diatoma tenuis y la cianobacteria Leptolyngbya sp. 1, fueron las especies más comunes en todos los puntos evaluados (Figura 8-11).

En esta quebrada se tomó muestras en dos piezómetros para evaluar la calidad del agua subterránea en el sector Quilcata (PZ-04) y aguas abajo de la confluencia con la quebrada Jamochini (PZ-06). Los macizos rocosos de la parte alta de la microcuenca Agani-Ansamani (sector: Jamochini, Japucucho y Agani) se encuentran afectados por fallas y fracturas geológicas, por ende, se deduce que el sistema hidrogeológico es un medio fracturado, en donde, el agua subterránea circula entre las fracturas, diaclasas y estratos de las rocas, en este sentido, el factor estructural tiene un rol importante para incrementar la permeabilidad de estas formaciones geológicas que afloran en estos sectores generando una permeabilidad secundaria51.

Las aguas subterráneas, registraron solo concentraciones de boro y manganeso en el piezómetro PZ-04; y hierro y manganeso asociadas a un pH ácido en el piezómetro PZ-06, que incumplieron referencialmente los ECA para agua categoría 3 en ambas temporadas. Esto se explica debido a que el agua subterránea se desplaza a través de las fallas y poros interconectados, para entrar en contacto con las rocas andesíticas, volcanoclásticas, brechas de la zona mineralizada Canahuire; y las Formaciones Gramadal y Hualhuani con venillas de siderita y ankerita propias de la alteración hidrotermal. La permeabilidad secundaria de estos materiales se sustenta con las pruebas de conductividad hidráulica (Tabla 8-3) registradas por el administrado mediante sondajes; además, la fuente de toda el agua subterránea en el área de estudio es generada por infiltración de la precipitación; es decir, por la precipitación que no se pierde por evaporación o escorrentía superficial52.

Tabla 8-3. Valores de conductividad hidráulica en el área de influencia del PM San Gabriel por unidades geológicas

Table with 6 columns: Formación geológica, Rango profundidad (m), Número de ensayos, Conductividad Hidraulica (m/d) (Mínimo, Máximo), and K. Media Geométrica (m/d). Rows include Depósito no consolidado, Brechas, Domo, Fm. Murco, Fm. Hualhuani, Fm. Gramadal, and Fm. Labra.

Nota: Tabla tomada del Anexo 3. Actualización de Estudios Hidrogeológicos - Proyecto San Gabriel Página 81 del EIA del PM San Gabriel (Resolución directoral N.º 099-2017-MEM/AAM).

51

52

Línea Base del PM San Gabriel (Resolución directoral N.º 099-2017-MEM/AAM), capítulo III, páginas 50 y 7. Estudio de impacto ambiental detallado del proyecto de explotación minera San Gabriel, aprobado con Resolución Directoral N.º 099-2017-MEM/DGAAM, capítulo III Anexo 3.6: Estudio hidrogeológico para el EIA del proyecto minero San Gabriel, página 69.



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

En la Figura 8-24 se observa que en las partes altas (cerro Canahuire) es donde se produce la recarga de aguas de precipitación y tras un tramo en la zona no saturada, las aguas pasan a formar parte del flujo subterráneo en la zona saturada y se dirigen hacia las microcuencas Agani e Itapallone de la divisoria hidrogeológica, manifestándose mediante manantiales con predominancia del anión sulfato y en menor proporción el anión bicarbonato.

El movimiento de las aguas subterráneas tiene un comportamiento gravitacional, desde las zonas elevadas (sector Canahuire), lugar donde se produce la mayor recarga, hacia las zonas de menor elevación (quebrada Agani), en donde discurre el agua de escorrentía y donde adicionalmente se recibe la descarga de las aguas subterráneas infiltradas a través de las fracturas y fallas.

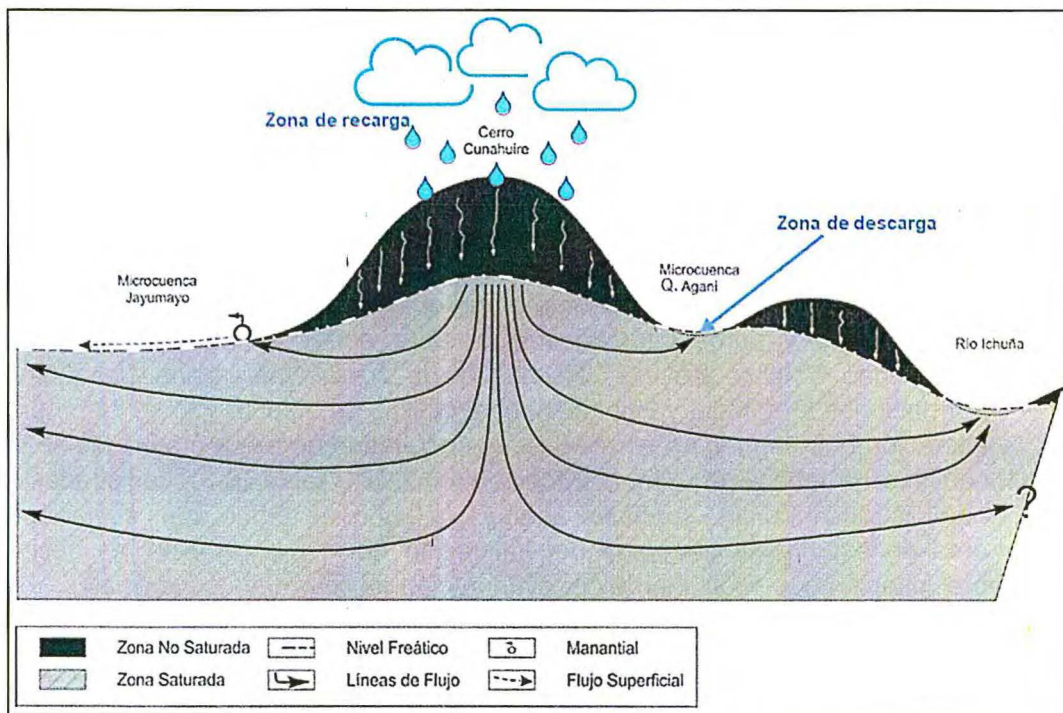


Figura 8-24. Funcionamiento hidrodinámico de las aguas subterráneas en condición actual

Nota: Adaptación del esquema del Anexo 3.6: Estudio hidrogeológico para el EIA del proyecto minero San Gabriel, página 72 del EIA del PM San Gabriel (Resolución directoral N.º 099-2017-MEM/AAM).

En los registros históricos de la Línea Base⁵³ (2011-2015) de los piezómetros AMP-02 (PZ-04), CCP12-450 (PZ-06) y CCP12-451 (ubicado a 20 m del PZ-06), se observó que los piezómetros PZ-04 y PZ-06 registraron una mayor concentración de boro en temporada de avenida y estiaje respectivamente, respecto al registro histórico (Figura 8-25a). Respecto al manganeso (Figura 8-25b), en la temporada de avenida el piezómetro PZ-04 registró una mayor concentración que el piezómetro AMP-02;

53

Estudio de impacto ambiental detallado del proyecto de explotación minera San Gabriel, aprobado con Resolución Directoral N° 099-2017-MEM/DGAAM, capítulo III, página 125.

AMP-02, Norte (m): 8208105 Este (m): 329442 Altitud (m): 4540.
CCP12-450 (MW-AG-08A): Norte (m): 8209816 Este (m): 329421 Altitud (m): 4369.
CCP12-451 (MW-AG-08B): Norte (m): 8209816 Este (m): 329421 Altitud (m): 4369.

Handwritten notes and stamps on the left margin, including a circular stamp from OEFA and various signatures and initials.



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

mientras que, en la temporada de estiaje el piezómetro PZ-06 registró una mayor concentración que lo registrado en la Línea Base (CCP12-451).

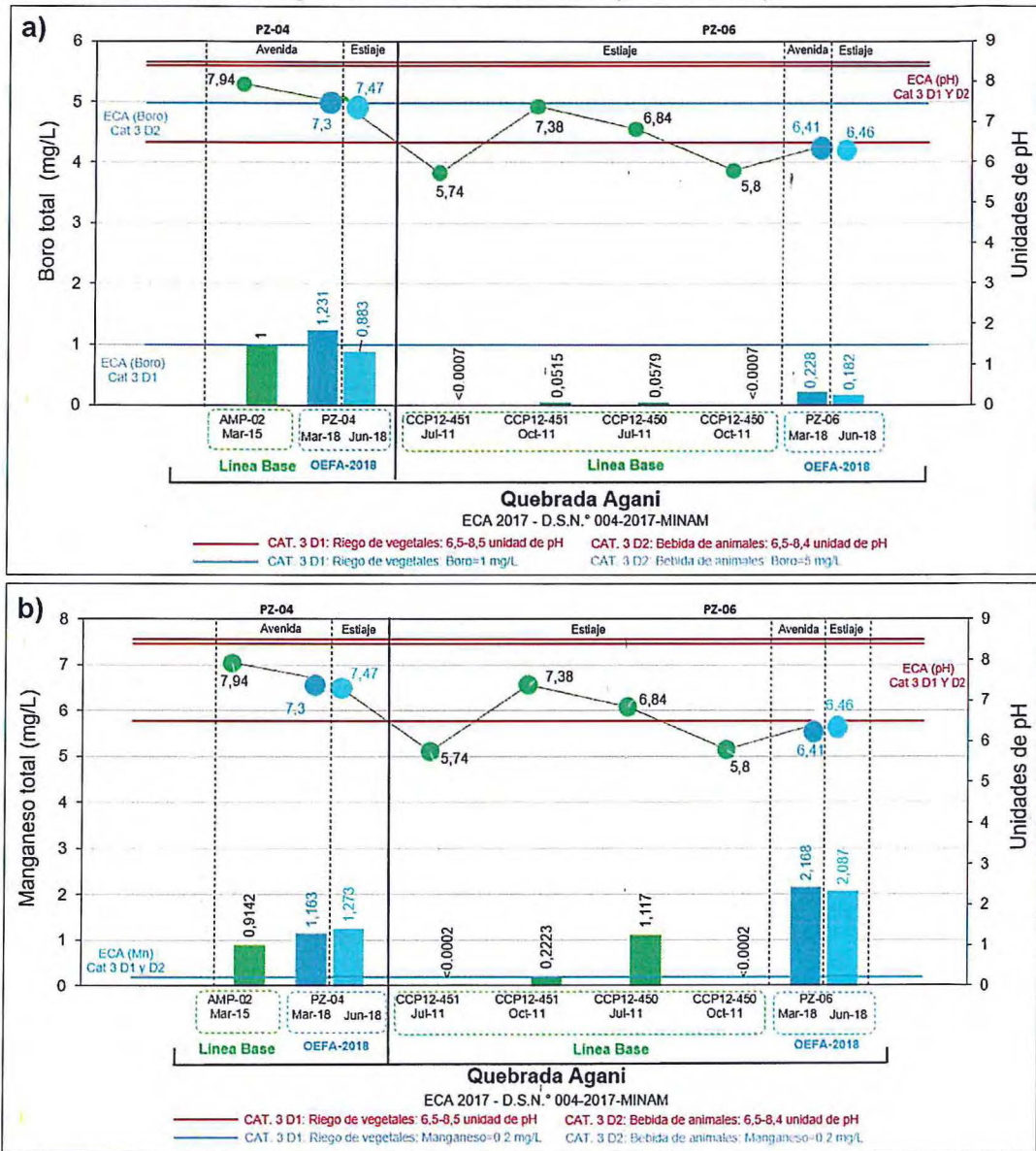


Figura 8-25. Comparación de resultados en los piezómetros PZ-04 y PZ-06 con datos del administrado (IGA-2016): a) boro y b) manganeso

El manantial Llapapampa (FLlap-01), ubicado en la parte media de la microcuenca Agani (fuera del área de influencia), presentó facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica ($\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Ca} > \text{Mg}$) en la temporada de avenida incrementando la predominancia del ion sulfato en temporada de estiaje, esto se debería al contexto geológico que define su composición hidroquímica. Asimismo, se registró un pH ligeramente ácido que incumplió los ECA para agua en la temporada de avenida, estas características naturales se deben a la interacción agua-roca con la Formación Lllahuí compuesta por lavas y tobas dacíticas que cubren a las Formaciones Hualhuani y Murco.



Vertical handwritten signature and notes in blue ink.



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

El estudio de flora presentó un registro de 262 especies, que representó el 65,5 % de las especies mencionadas en la Línea Base del EIA, donde se registraron 400 especies.

En la microcuenca Agani-Ansamani el estudio se realizó en las zonas Japucucho-Agani 2, Ceniguillayoc-Quilcata, Jamochini y Agani-Ansamani (sector Pachacutec), en donde se evaluaron tres formaciones vegetales: bofedal, matorral mixto y vegetación de roquedal (Figura 8-26), de los cuales el bofedal representa el ecosistema frágil.

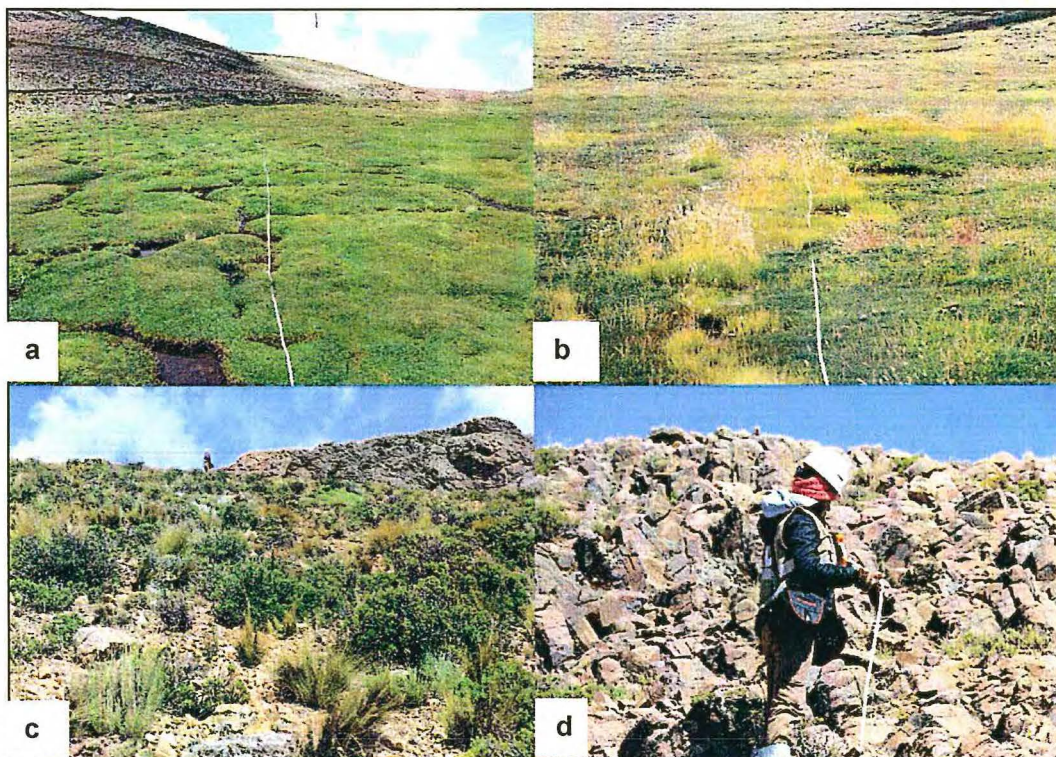


Figura 8-26. Formaciones vegetales evaluados en la microcuenca Agani-Ansamani: a) y b) Bofedal, c) Matorral mixto y d) Vegetación de roquedal

Las familias más diversas en todas las zonas estudiadas en esta microcuenca y en las diferentes formaciones vegetales fueron Asteraceae y Poaceae (Figura 8-27), en general estas son las más diversas en hábitats altoandinos (Gentry, 1993). Resultados similares se evidenciaron en los trabajos realizados por Cano *et al.* (2010 y 2011) en suelos crioturbados, donde mencionan a estas familias como las más diversas; además, Asteraceae y Poaceae son la segunda y quinta familia con mayor número de especies en el Perú (Brako y Zarucchi, 1993).



Handwritten signature and notes in blue ink, including the name 'P. J. S. R.' and the acronym 'SHPA'.



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

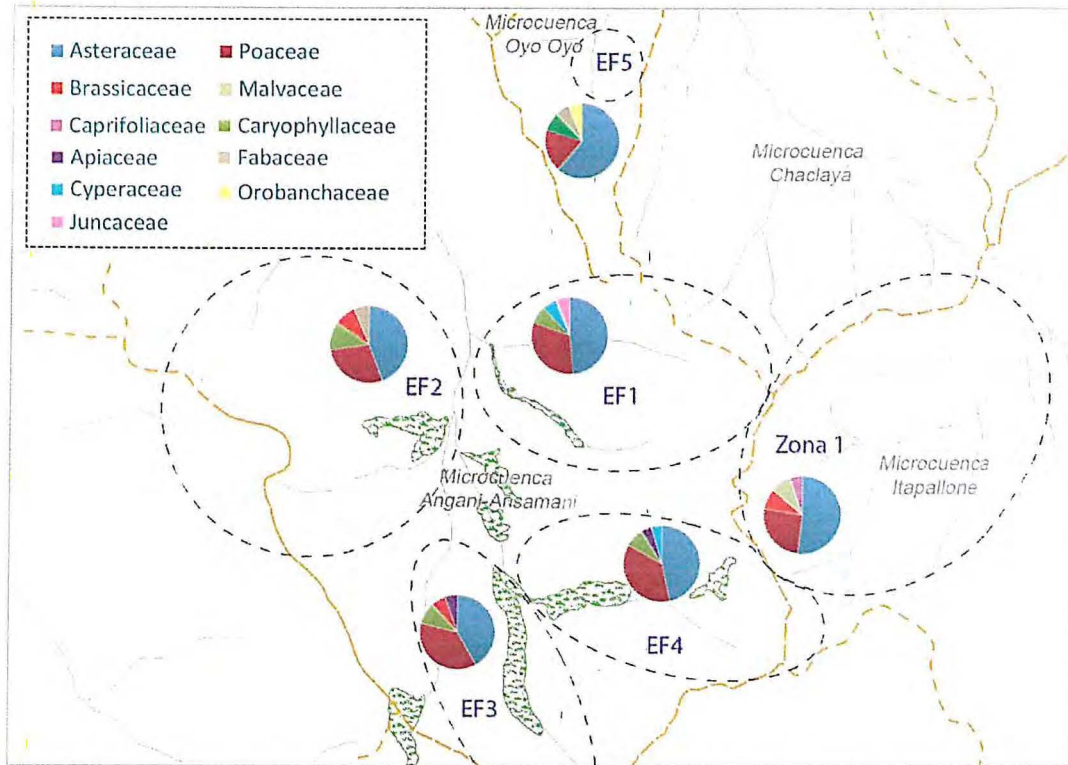


Figura 8-27. Familias más diversas por ecosistema frágil y formaciones vegetales asociadas (EF) en el área de estudio. EF1 (Jamochini), EF2 (Ceniguillayoc-Quilcata), EF3 (Agani-Ansamani), EF4 (Japucucho-Agani 2)

En la zona Japucucho-Agani 2 (EF4) se registraron 131 especies en 23 familias y 69 géneros, siendo la segunda zona con mayor número de especies. La formación vegetal con mayor riqueza de especies en esta zona fue el matorral mixto, esto debido posiblemente a la mayor extensión en el área de estudio; seguido de la vegetación de roquedal con 45 especies y el bofedal con 43 especies.

El bofedal estuvo compuesto principalmente por *Oxychloe andina* con una abundancia relativa de 30,6 %, seguido de *Calamagrostis brevifolia* con 17,0 %, ambas especies propias de esta formación; en el matorral mixto el estrato arbustivo estuvo conformado principalmente por *Baccharis tola* con 24,5 % y *Parastrephia quadrangularis* con 12,0 %; y en la vegetación de roquedal se observó una mayor abundancia de *Pycnophyllum molle* con 18,9 % y *Calamagrostis cephalantha* con 12,9 % (Figura 8-28, 8-29, 8-30). Del total de especies registradas en esta zona, 17 se encuentran en algún estado de conservación, de los cuales 10 son amenazadas y 7 son endémicas.

En la Zona Ceniguillayoc-Quilcata (EF2) se registraron 128 especies en 36 familias y 87 géneros. La formación vegetal con mayor número de especies en esta zona fue la vegetación de roquedal con 97 especies, uno de los factores que beneficiaría la alta riqueza en esta formación es la presencia de variados microhábitats que favorecerían el desarrollo de una mayor diversidad; el bofedal presentó una menor riqueza con 35 especies.

En cuanto a la abundancia, el bofedal estuvo compuesto principalmente por *Distichia muscoides* con un 32,2 %, seguido de *Oxychloe andina* con 13,2 % ambas son especies principales de los bofedales en el Perú (Weberbauer, 1945); y en la vegetación de roquedal se observó una mayor abundancia de *Anatherostipa rosea* con 21,5 % y *Stipa ichu* con 9,6 %, ambas especies de gramíneas fueron también



Handwritten notes and signatures on the left margin, including an arrow pointing up and several illegible signatures.



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

observadas en el matorral mixto en otras zonas evaluadas (Figura 8-28, 8-29, 8-30). Del total de especies registradas en esta zona, 13 se encuentran en algún estado de conservación, de los cuales 9 son amenazadas y 4 son endémicas.

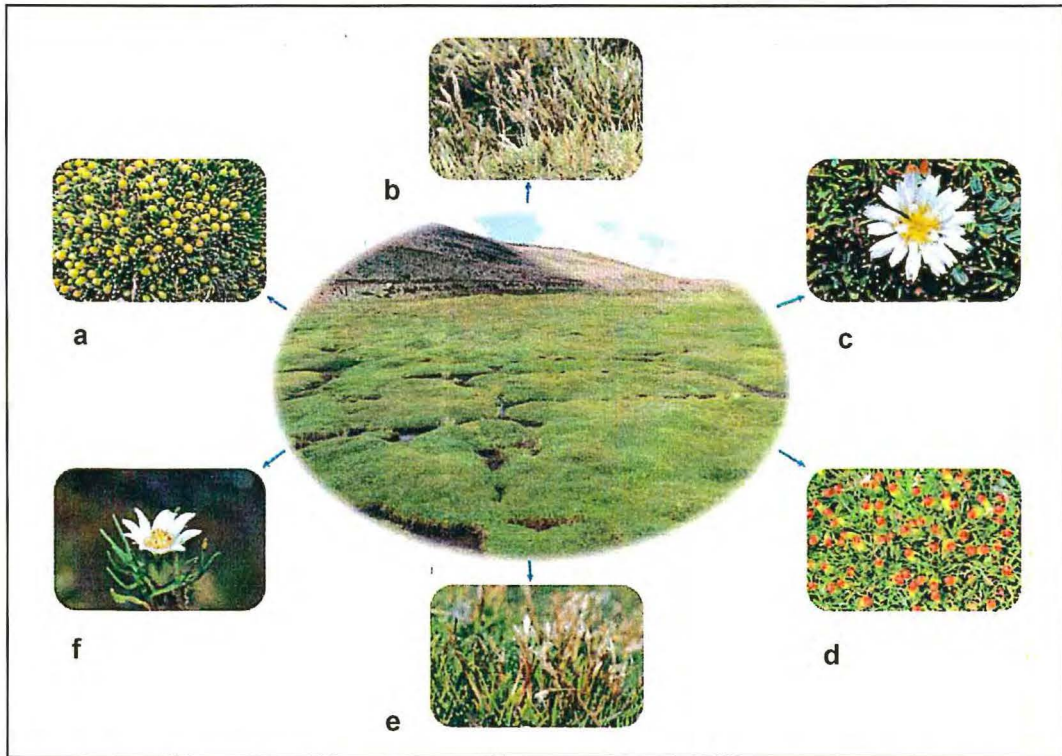


Figura 8-28. Especies comunes en el bofedal: a) *Distichia muscoides*, b) *Calamagrostis brevifolia*, c) *Hypochaeris taraxacoides*, d) *Oxychloe andina*, e) *Zameioscirpus muticus* y f) *Werneria pygmaea*

En la zona Jamochini (EF1) se registraron 90 especies en 20 familias y 61 géneros, aquí se registró el menor número de especies en comparación con las demás zonas de la microcuenca Agani-Ansamani. De las dos formaciones estudiadas el matorral mixto presentó la mayor riqueza con 59 especies, debido posiblemente a la mayor área que esta presenta; mientras que, el bofedal presentó 32 especies y representó la menor riqueza registrada en esta formación en toda el área de estudio.

En cuanto a la abundancia, el bofedal estuvo compuesto principalmente por *Distichia muscoides* con 35,5 %, seguido de *Oxychloe andina* con 24,6 %, ambas son especies principales de los bofedales en el Perú (Weberbauer, 1945); y en el matorral mixto se observó una mayor abundancia de *Anatherostipa rosea* con 35,7 %, especie de gramínea que forma macollos y alternan con especies arbustivas como *Baccharis tola* la que presentó una mayor abundancia relativa con 17,3 % (Figura 8-28, 8-29, 8-30). Del total de especies registradas en esta zona, 9 se encuentran en algún estado de conservación, de los cuales 6 son amenazadas y 3 son endémicas.



Vertical handwritten notes in blue ink, including an upward-pointing arrow and various symbols and characters.



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

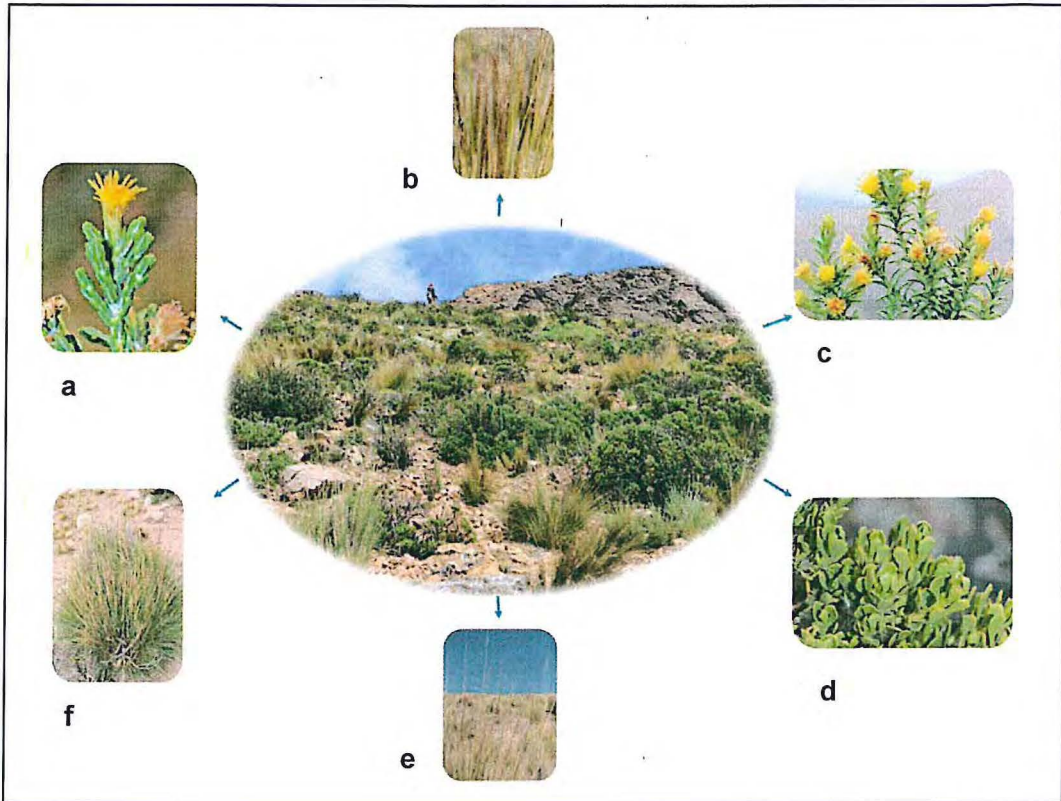


Figura 8-29. Especies comunes en el matorral mixto: a) *Parastrephia quadrangularis*, b) *Stipa ichu*, c) *Parastrephia lucida*, d) *Baccharis tola*, e) *Anatherostipa rosea* y f) *Festuca orthophylla*

En la zona Agani-Ansamani (EF3) se registraron 138 especies en 25 familias y 74 géneros, aquí se registró la mayor riqueza de especies de todas las zonas evaluadas, esto puede deberse a la presencia de tres formaciones vegetales, lo que significa una mayor heterogeneidad en los hábitats que a su vez favorecen el desarrollo de una mayor diversidad de especies. La formación vegetal con mayor número de especies en esta zona fue la vegetación de roquedal con 66, seguido del matorral mixto con 65 y la menor riqueza se encontró en el bofedal con 43 especies.

El bofedal estuvo compuesto principalmente por *Distichia muscoides* con una abundancia relativa de 16,9 %, seguido de *Oxychloe andina* con 15,7 %, ambas especies propias de esta formación y dominantes en casi todos los bofedales evaluados en el área de estudio; en el matorral mixto el estrato arbustivo estuvo conformado principalmente por *Baccharis tola* con una abundancia relativa de 19,3 %; mientras que, los macollos de gramínea estuvieron conformados principalmente por *Stipa ichu* con 11,9 %; y en la vegetación de roquedal se observó una mayor abundancia de *Anatherostipa rosea* con 32,9 %, seguidas de *Nassella depauperata* con 11,7 % (Figura 8-28, 8-29, 8-30). Del total de especies registradas en esta zona, 12 se encuentran en algún estado de conservación, de los cuales 9 son amenazadas y 3 son endémicas.



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



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

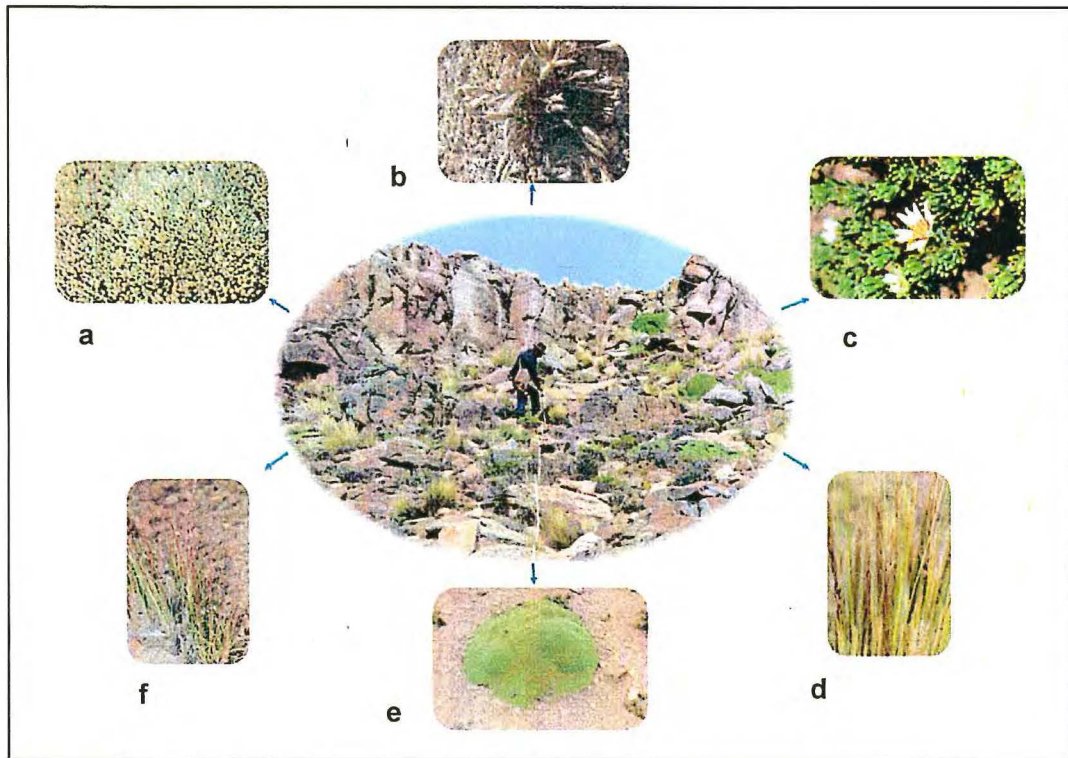


Figura 8-30. Especies comunes en la vegetación de roquedal: **a)** *Pycnophyllum molle*, **b)** *Calamagrostis cephalantha*, **c)** *Xenophyllum poposum*, **d)** *Stipa ichu*, **e)** *Azorella compacta* y **f)** *Calamagrostis breviaristata*



Vertical handwritten notes in blue ink, including a large arrow pointing up and several illegible signatures and initials.

Del total de especies registradas en esta microcuenca, 21 se encuentran en algún estado de conservación, de los cuales 11 son amenazadas y 10 son endémicas (Figura 8-31 y 8-32), entre ellas *Stangea wandae* y *Ephedra rupestris* están categorizadas en peligro crítico (CR) según el Decreto Supremo N.º 043-2006-AG; además, *Ephedra rupestris* también está categorizada como en preocupación menor (LC) según la IUCN (2018). Entre las especies endémicas tenemos a *Chaetanthera peruviana*, *Calceolaria cuneiformis*, *Lupinus cuzcensis*, *Lupinus pinguis*, *Gentianella potamophila*, *Nototriche argyllioides*, *Senecio macrorrhizus*, *Senecio moqueguensis*, *Senecio sykora* y *Senecio tassaensis*, cabe mencionar que las últimas tres especies fueron recientemente descritas por Montesinos (2014).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

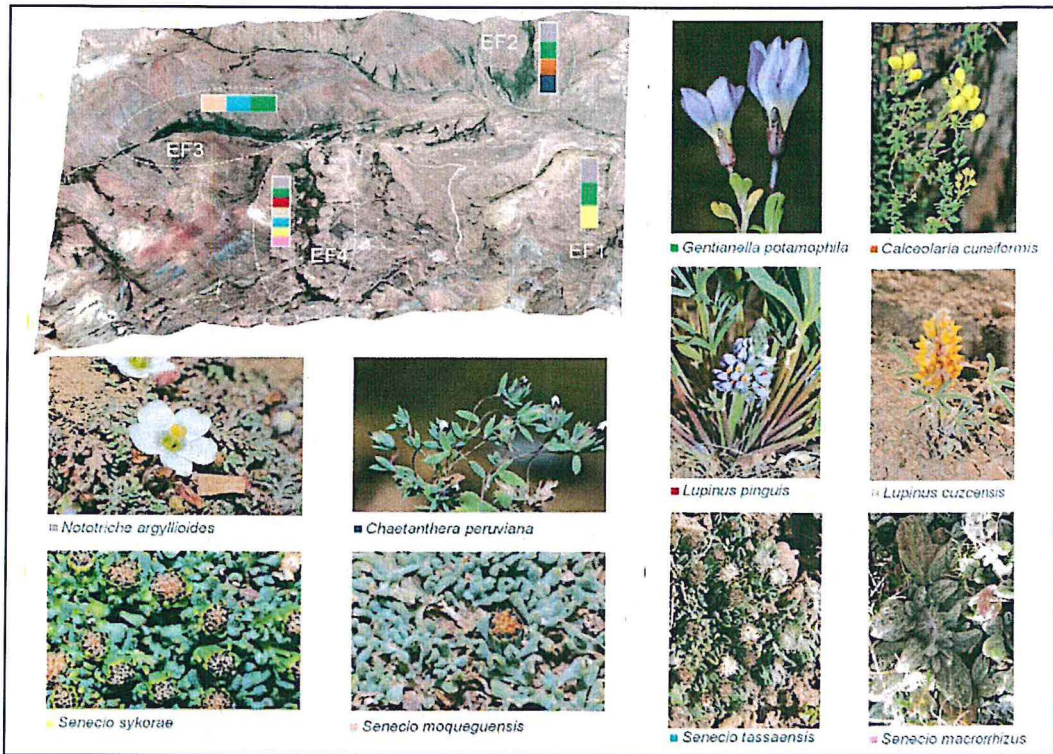


Figura 8-31. Especies endémicas registradas en la microcuenca Agani-Ansamani

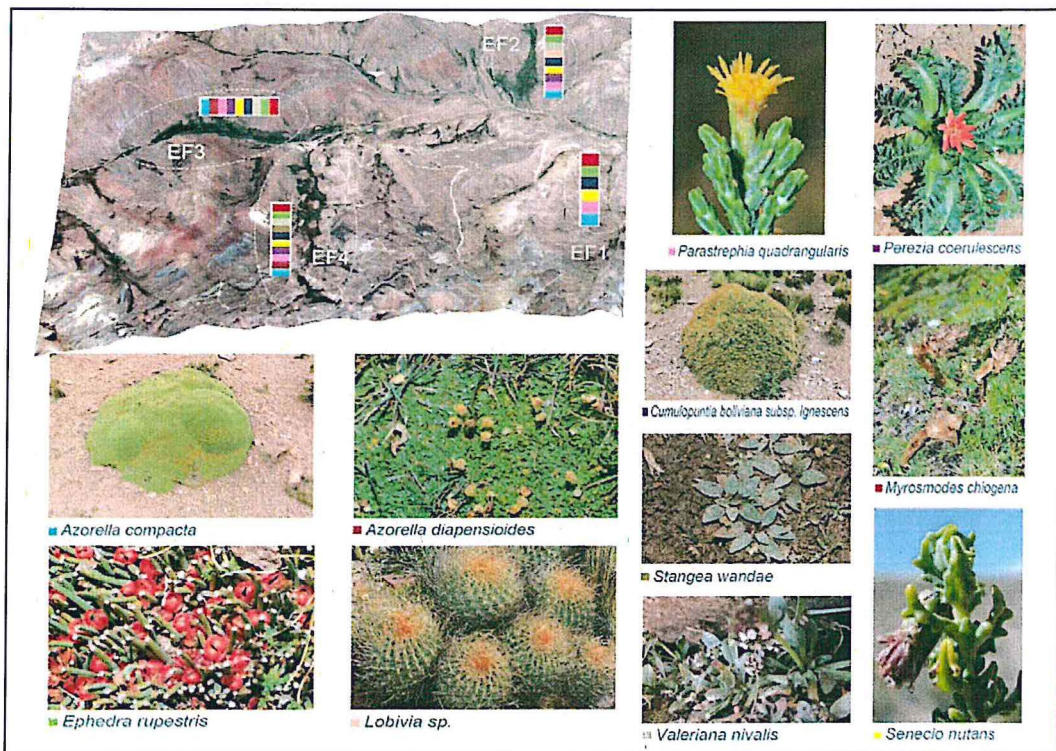


Figura 8-32. Especies amenazadas registradas en la microcuenca Agani-Ansamani



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing up and the name 'D. P. F. A. R.' with a signature.



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

8.2 Microcuenca Itapallone (Sector Corire)

La microcuenca Itapallone (sector Corire) comprende las quebradas Apacheta, Misaorcco, Katrina, Atiñayoc, Millahuaico y Corire, en este sector afloran las zonas mineralizadas Katrina y Canahuire; el centro volcánico Chucapaca y zonas de óxidos (jarosita y hematita) relacionados a un sistema magmático-hidrotermal⁵⁴, el cual presenta una alteración argilica avanzada y una mineralización compuesta por pirita (FeS₂), marcasita (FeS₂), pirrotina (Fe_{1-x}S), arsenopirita (AsFeS), melnikovita (FeS₂), wolframita ((Fe,Mn,Mg)WO₄), calcopirita (CuFeS₂), estibina (Sb₂S₃), bismutinita (Bi₂S₃), tenantita-tetraedrita ((Cu,Fe)₁₂(As,Sb)₄S₁₃), esfalerita (ZnS) y galena (PbS), cabe precisar que, la presencia de estos minerales se encuentran en menor proporción en el centro volcánico Chucapaca (Figura 8-2).

En esta microcuenca se observó un alto grado de erosión y una escasa cobertura vegetal con pendiente escarpada y fuertemente pronunciada⁵⁵ (cotas que varían entre 5050 y 4510 m s.n.m.), procesos de remoción en masa como cárcavas y abarrancamientos, erosión fluvial y deslizamientos en la quebrada Apacheta y cerro Chucapaca, produciendo procesos de soliflucción⁵⁶ y reptación de suelos⁵⁷, siendo estos últimos inestables debido a su poca cohesión y por encontrarse sobresaturados (Figura 8-33).

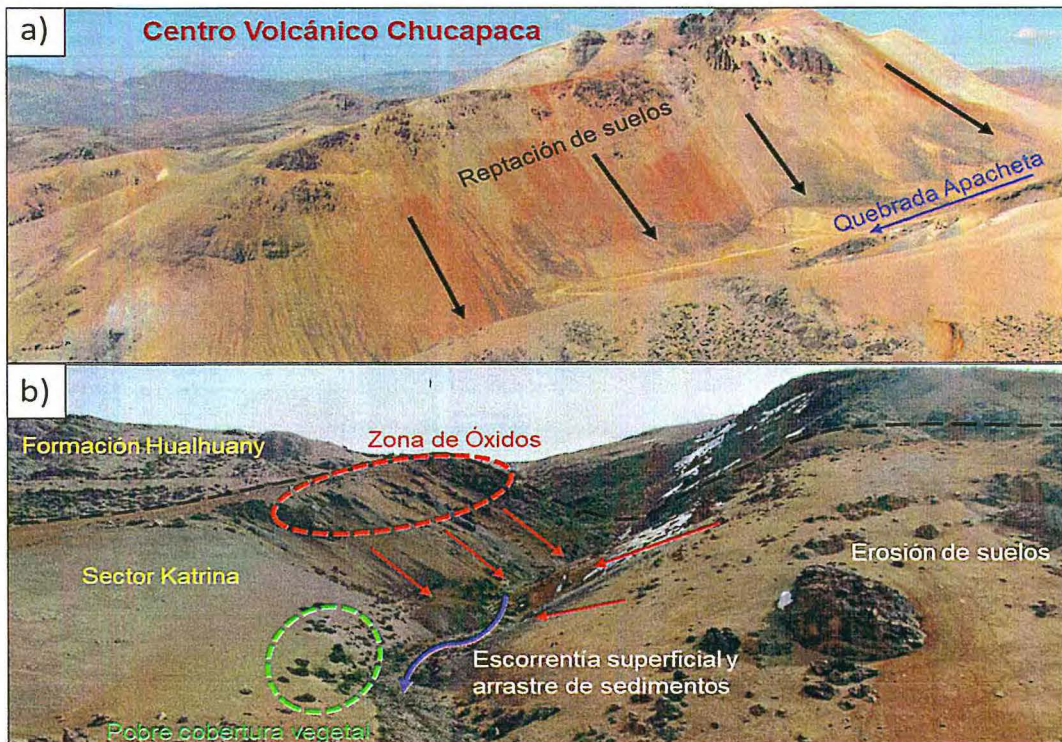


Figura 8-33. a) Vista panorámica del complejo volcánico Chucapaca, y b) Vista panorámica del sector Katrina, donde se observó la erosión y el arrastre de suelos

54 Línea Base del EIA del PM San Gabriel (Resolución directoral N.º 099-2017-MEM/AAM), capítulo III, página 311.

55 Tabla 3.2: Parámetros geomorfológicos de las microcuencas del área de estudio general (AEG) ambiental del EIA del PM San Gabriel (Resolución directoral N.º 099-2017-MEM/AAM).

56 Soliflucción: Deslizamientos de terreno (derrames). Foucault y Raoult (1985). Diccionario de geología, página 275.

57 Reptación de suelos: En una vertiente se produce deslizamiento lento, hacia abajo, de los suelos o de las formaciones superficiales. Foucault y Raoult (1985). Diccionario de geología, página 255.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including 'P.', 'A.', 'R.', and 'SME'.



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

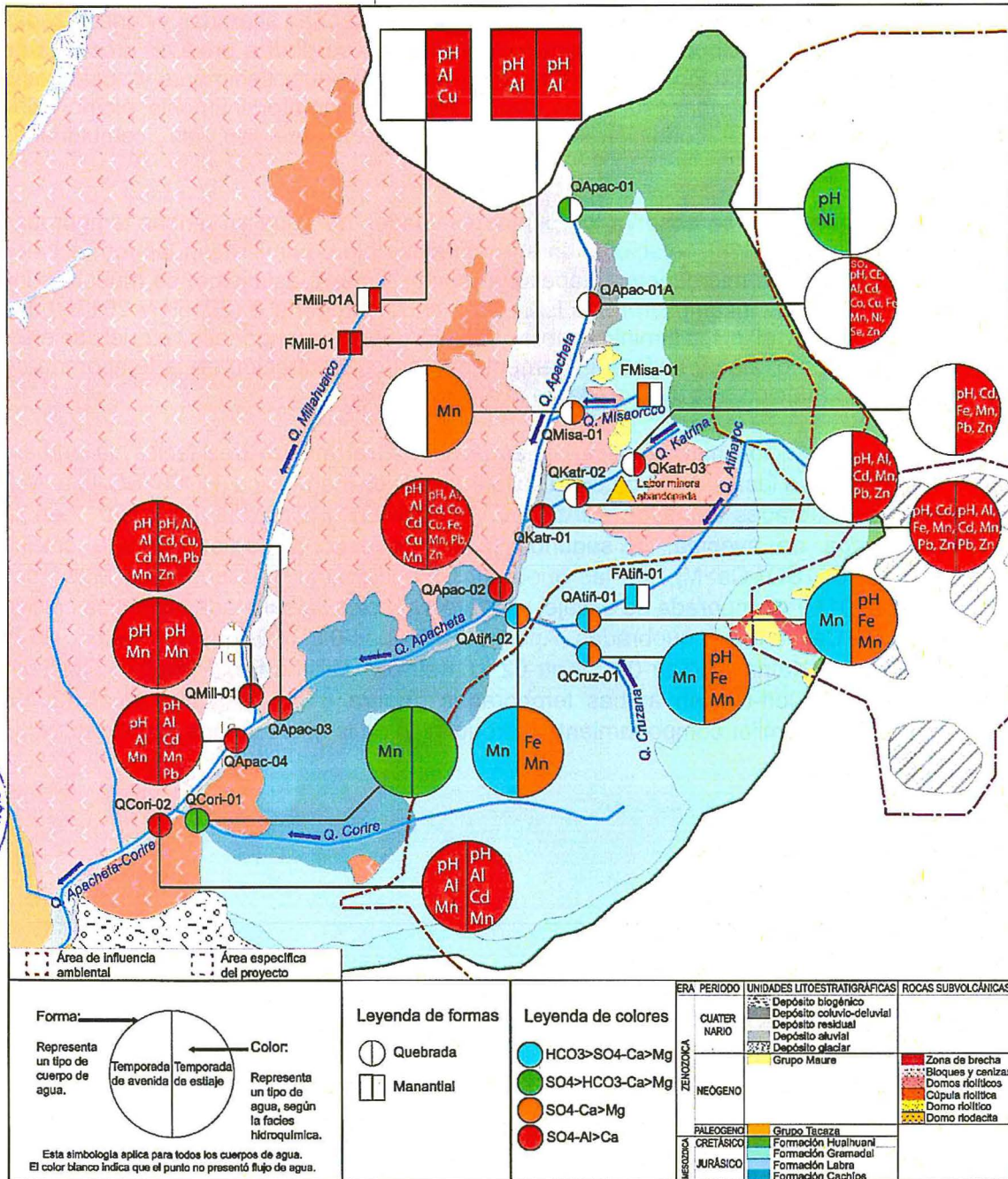


Figura 8-34. Hidroquímica y parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 (2015 y 2017), en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Itapallone (sector Corire)

En general, todos los puntos evaluados (Figura 8-35) en la temporada de avenida y estiaje registraron concentraciones de metales en sedimentos, los cuales incumplieron en al menos un parámetro los valores ISQG y PEL del estándar canadiense (CCME⁶⁰).

60

Canadian Council of Ministers of the Environment. 2001. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Introduction. Updated. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.



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

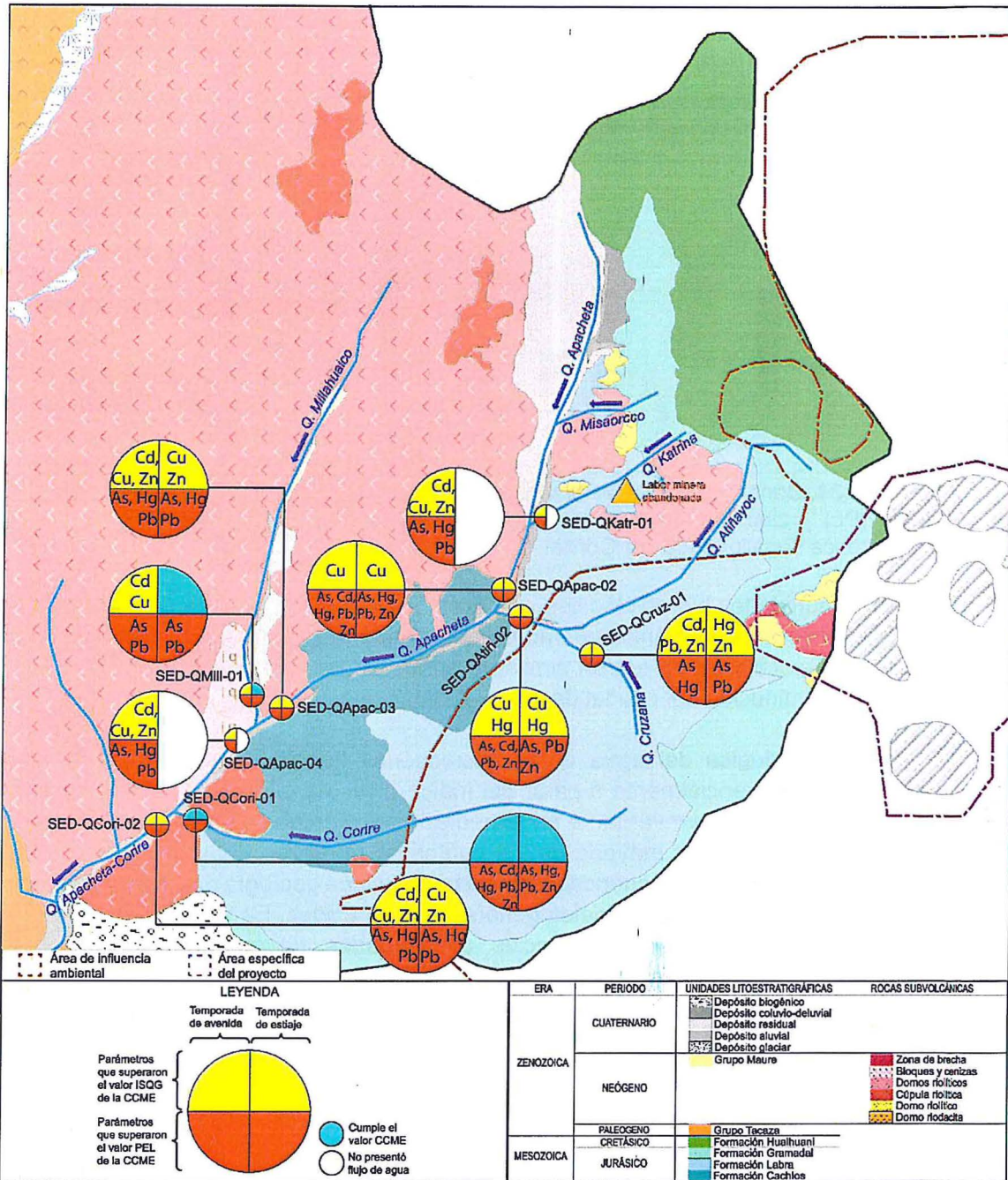


Figura 8-35. Parámetros que superaron los valores ISQG y PEL del estándar canadiense para sedimentos (CCME) en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Itapallone (sector Corire)

La Figura 8-36 muestra las concentraciones de los metales arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc en los sedimentos en ambas temporadas, resaltando la mayor concentración de estos metales en la temporada de avenida (marzo 2018) a diferencia de la temporada de estiaje (junio 2018), esto se debería, al mayor caudal presente en la temporada de avenida, donde podría ocurrir mayor arrastre y erosión de las rocas y suelos asociados a la alteración hidrotermal; además, el plomo, zinc y arsénico presentaron mayores concentraciones en relación al cobre, cadmio y mercurio, debido al zonamiento vertical, de acuerdo a Vidal *et al.* (2010), incrementándose en las áreas periféricas las zonas de óxidos y sulfuros como galena (PbS) y esfalerita (ZnS).

Handwritten notes and signatures on the left margin, including a circular stamp from OEFA and various initials.



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

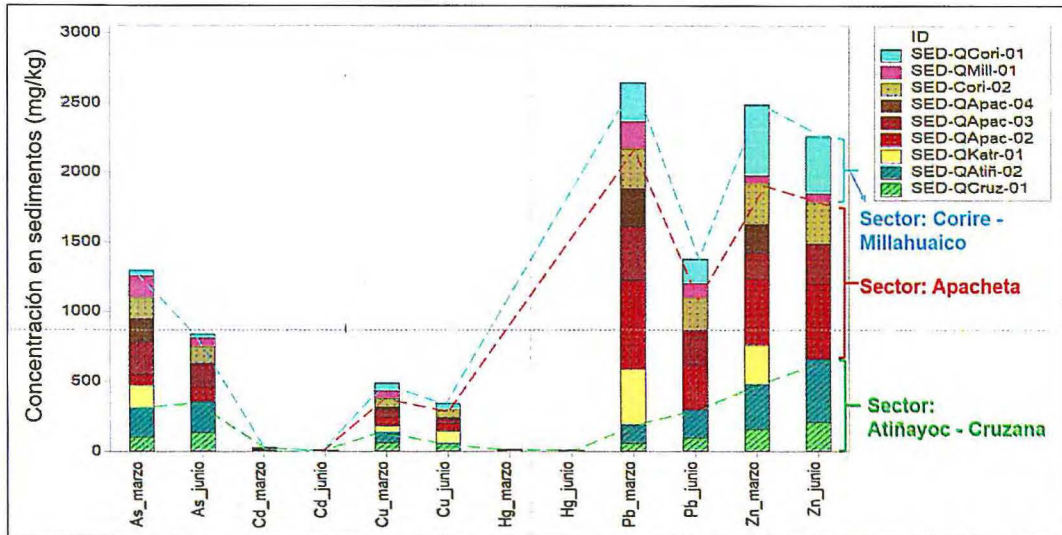


Figura 8-36. Concentraciones de arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), mercurio (Hg), plomo (Pb) y zinc (Zn) en sedimento, en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Itapallone (sector Corire)

En las comunidades hidrobiológicas se observó que tanto la riqueza de especies de macroinvertebrados bentónicos como de microalgas del perifiton en la microcuenca Itapallone (sector Corire), fueron similares en las temporadas de avenida y estiaje, pese a la disminución del caudal de las quebradas en estiaje (Figura 8-37 y 8-38).

La calidad ecológica del agua en la microcuenca Itapallone (sector Corire), fue determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI). En general, la calidad ecológica fue similar tanto en temporada de avenida como de estiaje, siendo de pésima calidad en la mayoría de los puntos de muestreo (Figura 8-39). Esto se debería a que toda la microcuenca se emplaza sobre una geología de rocas volcánicas de alta mineralización y potenciales generadoras de acidez. En esta microcuenca se evidenció la prevalencia de especies consideradas tolerantes a los cambios medioambientales (Domínguez y Fernández, 2009), como son los Chironomidae (*Cricotopus* sp. y *Podonomus* sp.).



Vertical handwritten signature and text in blue ink, including the name 'D. P. ...' and other illegible characters.



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

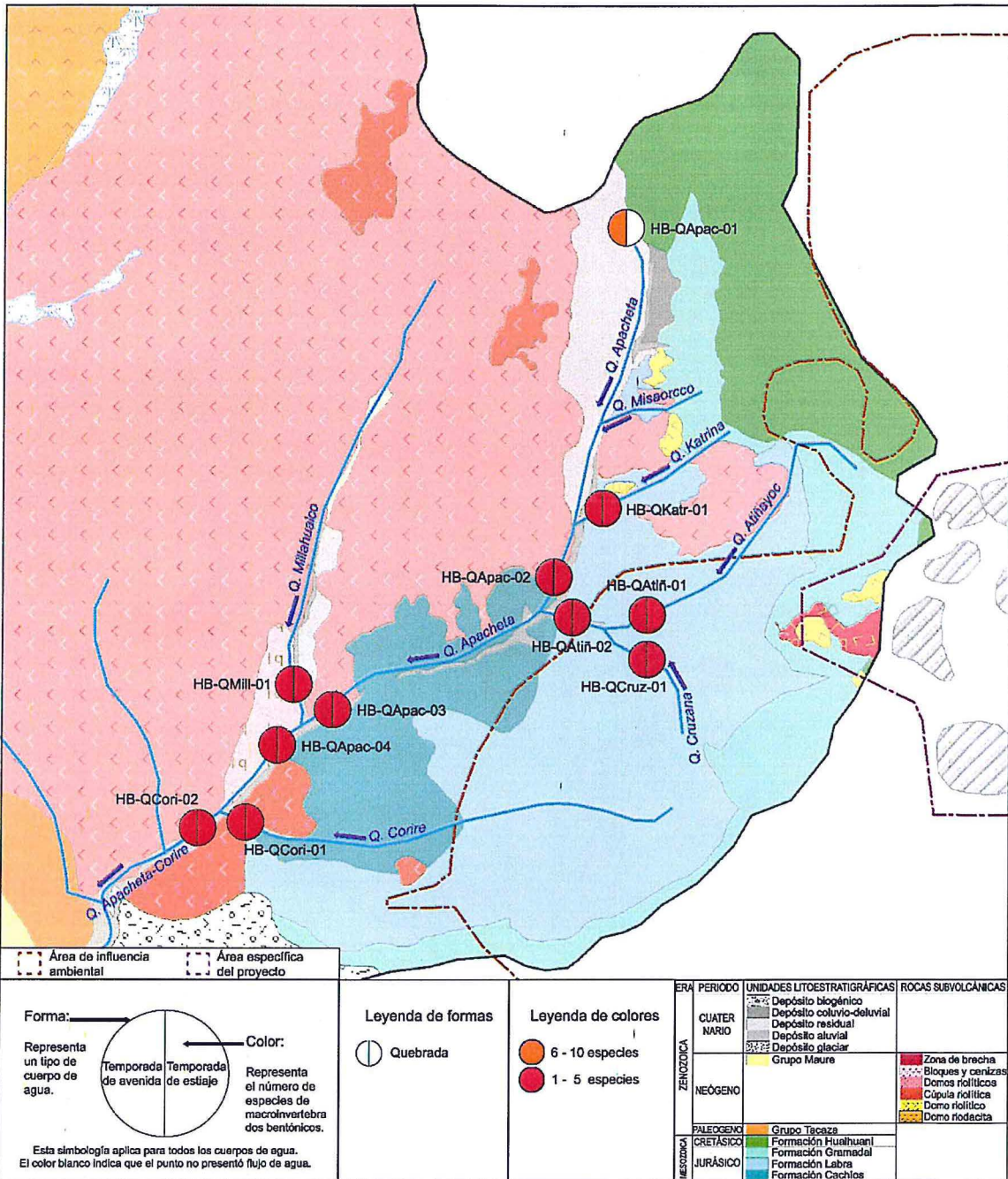


Figura 8-37. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Itapallone (sector Corire)



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a vertical list of names and initials.



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

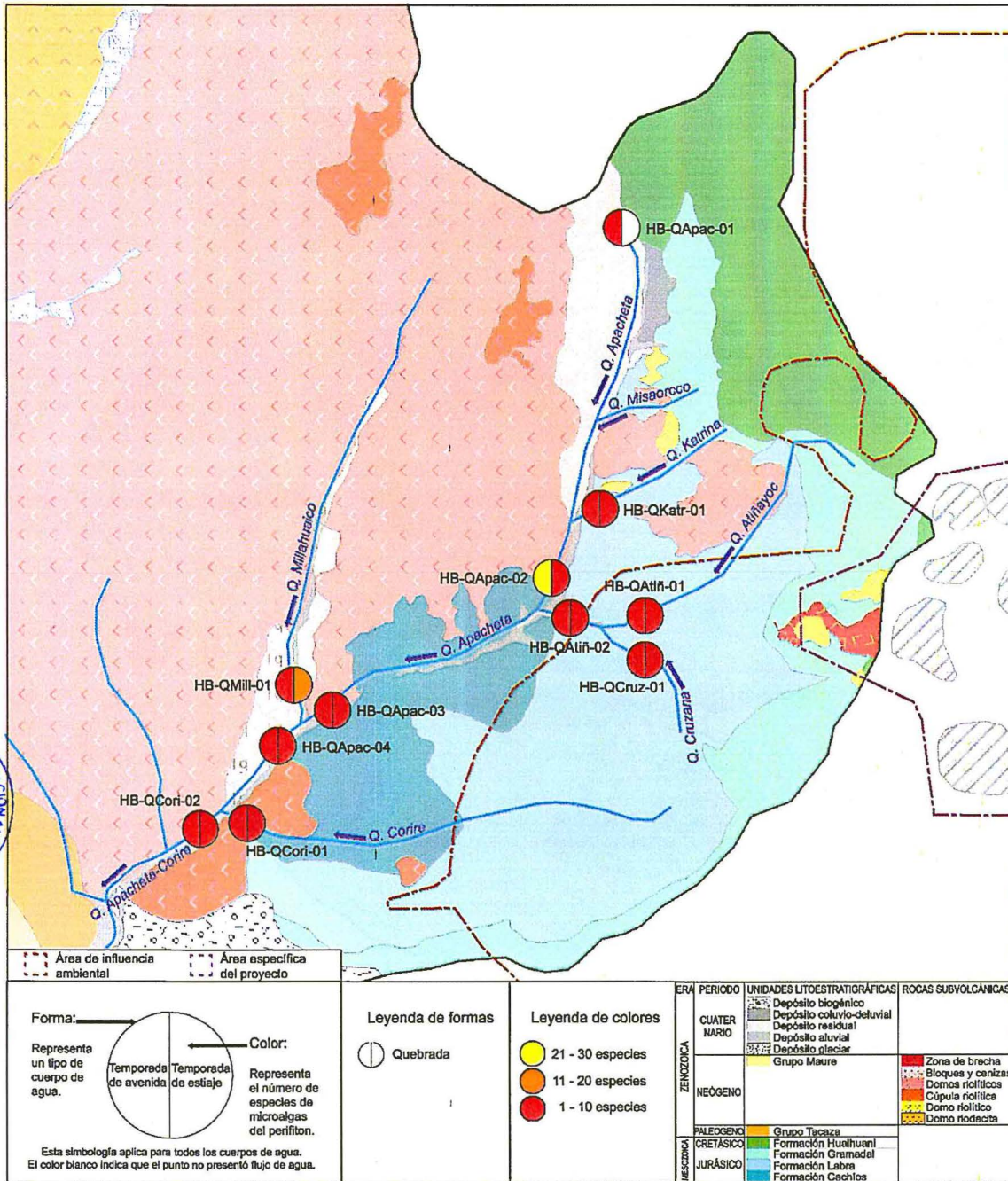


Figura 8-38. Número de especies de microalgas del perifiton en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Itapallone (sector Corire)



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

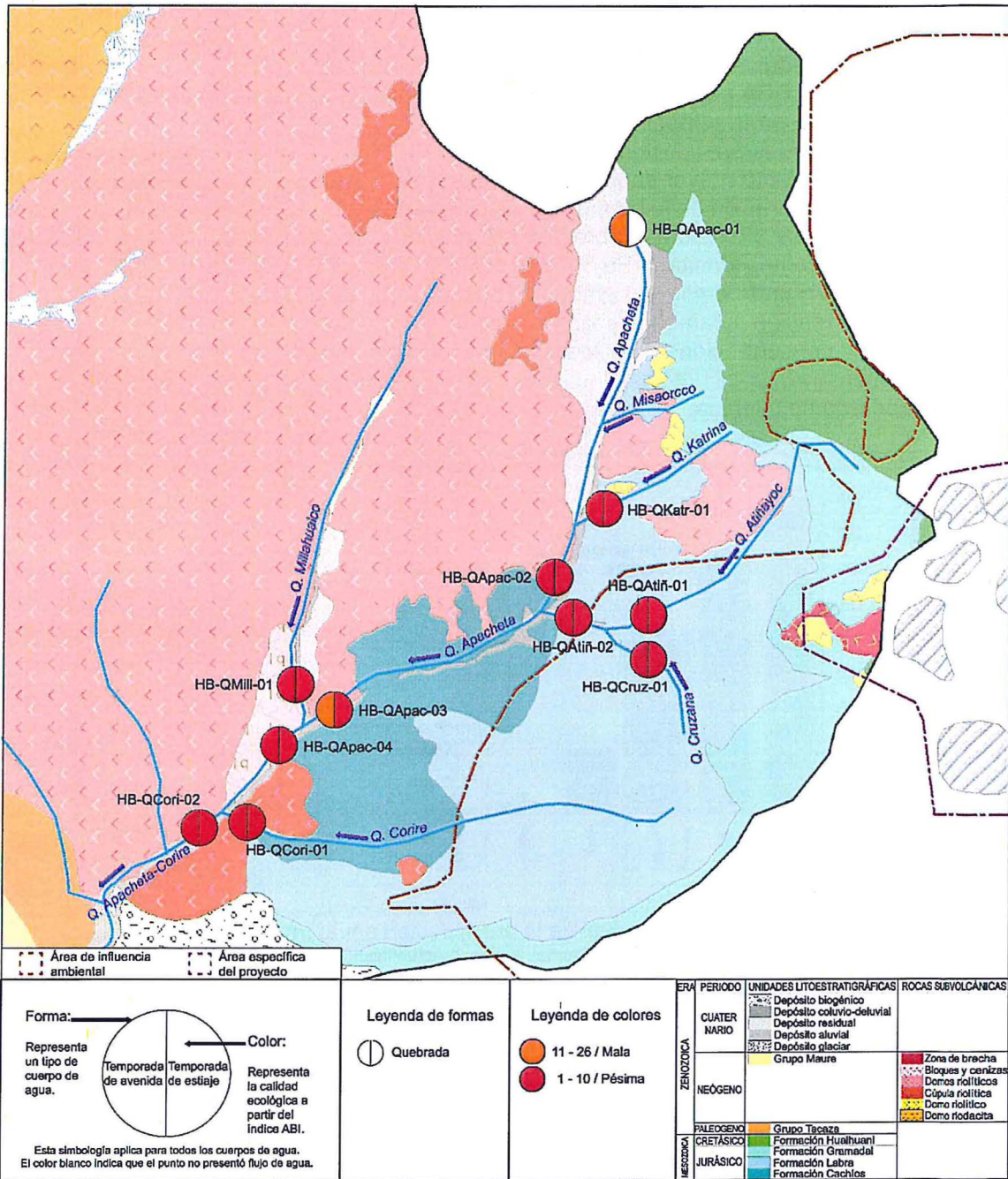


Figura 8-39. Calidad ecológica del agua a partir del índice ABI, en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Itapallone (sector Corire)



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

Zona Atiñayoc Cruzana

En las quebradas Atiñayoc (QAtiñ-01 y QAtiñ-02) y Cruzana (QCruz-01) el manganeso incumplió los ECA para agua categoría 3 en ambas temporadas; mientras que, el pH y hierro, solo en la temporada de estiaje, esto se debería a la variación hidrológica relacionada a las precipitaciones⁶¹ (Figura 8-40), donde se observó que la quebrada Atiñayoc presentó mayor caudal en la temporada de avenida (Q= 0,0058 m/s marzo 2018) a comparación de la temporada de estiaje (Q= 0,0034 m/s junio 2018); además, de encontrarse próximo a las brechas polimícticas (sector Canahuire) con presencia de óxidos como jarosita ($KFe_3^{3+}(SO_4)_2(OH)_6$), hematita (Fe_2O_3), pirolusita ($Mn^{4+}O$) entre otros (Figura 8-41); sin embargo, al atravesar por calizas (rocas carbonatadas) de la Formación Gramadal y areniscas de la Formación Labra el agua adquiere mayores concentraciones de los cationes calcio y magnesio, por tanto, tiende a incrementarse el pH y disminuir las concentraciones de estos minerales en la temporada de avenida.

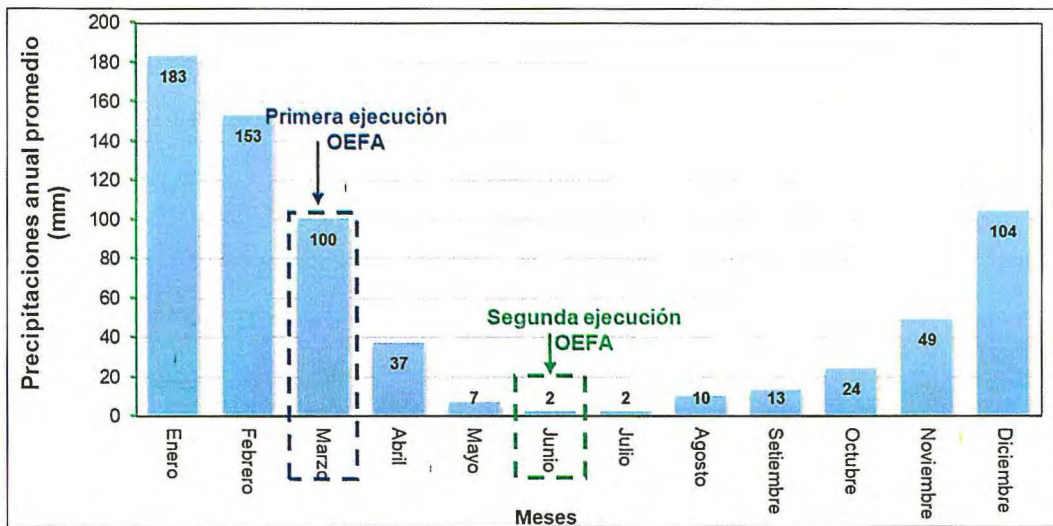


Figura 8-40. Distribución mensual de la precipitación anual (mm) en el distrito de Ichuña. Fuente: Línea base detallado del PM San Gabriel. Anexo 3: Actualización de Estudios Hidrogeológicos - Proyecto San Gabriel, páginas 41 y 42.

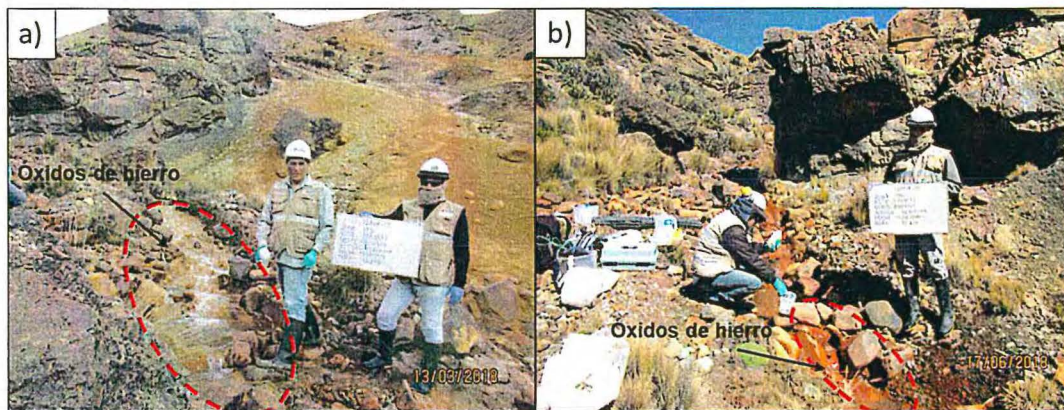


Figura 8-41. Vista panorámica de la quebrada Atiñayoc, antes de su confluencia con la quebrada Cruzana: a) Temporada de avenida y b) Temporada de estiaje

61 Para el cálculo de la precipitación anual en la zona del PM San Gabriel, se emplearon registros mensuales de las estaciones meteorológicas: Ichuña, Lagunillas, Ubinas y Crucero Alta, las cuales, se encuentran cercanas al proyecto a nivel regional y son registradas por el SENAMHI. Fuente: Línea Base detallado del PM San Gabriel. Anexo 3: Actualización de Estudios Hidrogeológicos - Proyecto San Gabriel, páginas 41 y 42.



Vertical handwritten text on the left margin, including a signature and the name 'D.M.P.E.' at the bottom.



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

Los resultados de sedimento mostraron la presencia de arsénico, cobre, cadmio, zinc, plomo y mercurio en las quebradas Atiñayoc (SED-QAtiñ-02) y Cruzana (SED-QCruz-01) que incumplieron, en al menos un parámetro, los valores ISQG o PEL de la CCME (Figura 8-35), en las temporadas de avenida y estiaje. Cabe resaltar que la parte baja de la quebrada Atiñayoc presentó la mayor concentración de estos metales, debido al arrastre y transporte de sedimentos de la parte alta de estas quebradas; donde se emplaza el yacimiento Canahuire, el cual contiene minerales sulfurados y oxidados los cuales son arrastrados por la escorrentía superficial (escasa cobertura vegetal y alto grado de erosión de los suelos y afloramientos rocosos).

En esta zona se comparó el punto de muestreo QAtiñ-02, cuya ubicación coincide con el punto SW-IT-60 establecido en la Línea Base⁶² entre el 2010 y 2014, se observó que las concentraciones de manganeso (Figura 8-42a) y hierro (Figura 8-42b) en este punto fueron variables en el tiempo, notándose además que los valores menores de manganeso se dieron en temporadas de avenidas.

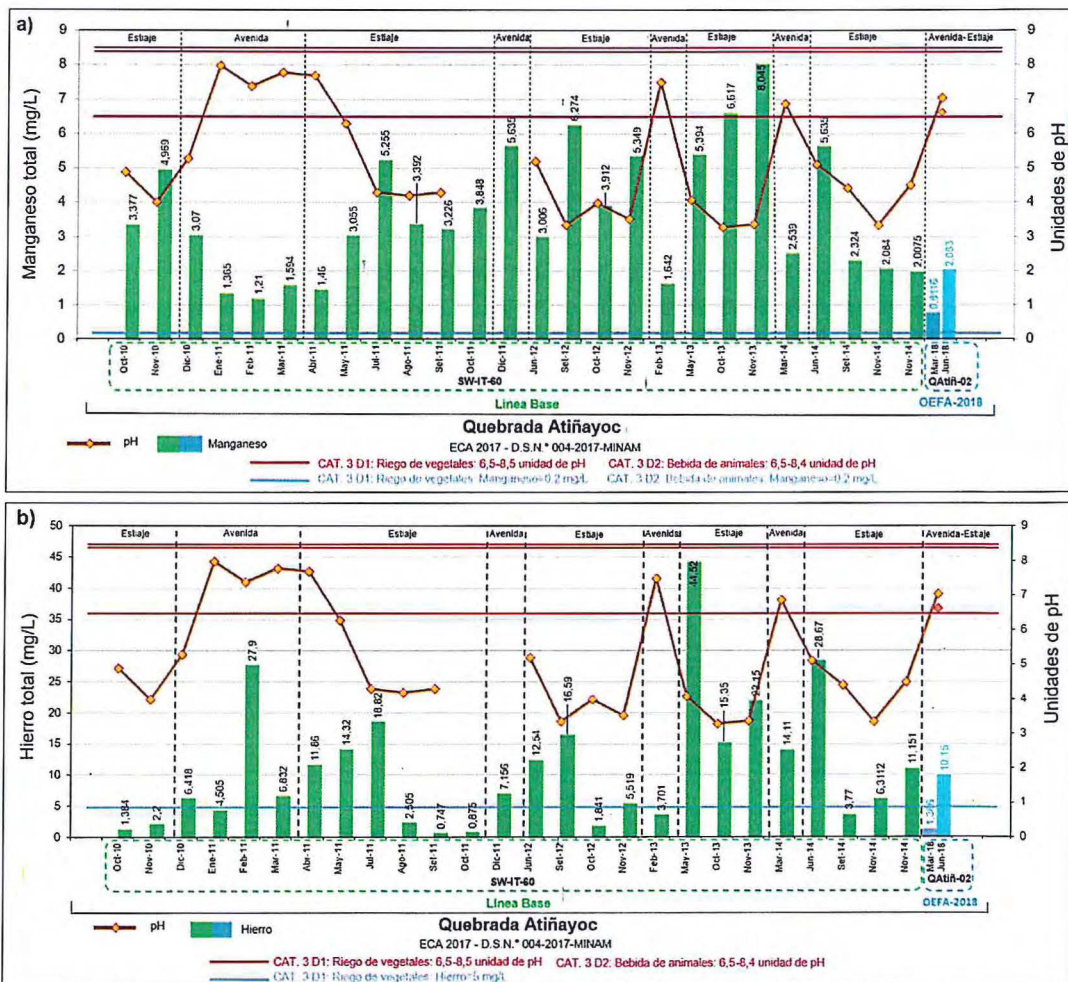


Figura 8-42. Comparación de resultados en el punto de muestreo QAtiñ-02 con datos de la Línea Base: a) manganeso y b) hierro



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including an arrow pointing upwards and the word 'SUCA' at the bottom.



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

Se observó que tanto en estiaje como en avenida, la riqueza de macroinvertebrados bentónicos fue baja (entre 1 y 4 especies) en todos los puntos de muestreo de las quebradas Atiñayoc (HB-QAtiñ-01 y HB-QAtiñ-02) y Cruzana (HB-QCruz-01), esto se debería al pH ácido del agua, el cual incumplió los ECA para agua categoría 3 en temporada de estiaje; además, se asoció a un tipo de agua bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica en avenida ($\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$) y sulfatada cálcica magnésica en estiaje ($\text{SO}_4^{2-} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$), con presencia de metales como hierro y manganeso, que incumplieron los ECA para agua categoría 3; mientras que, en el sedimento el arsénico, cadmio, mercurio, plomo y zinc superaron los valores PEL del estándar canadiense (CCME); asimismo, el cobre superó el valor ISQG del estándar mencionado. Esto se debería a que dichas quebradas se ubican aguas abajo de la zona mineralizada Canahuire, la cual presenta un alto grado de erosión que favorece el transporte y disposición de estos metales en el agua y sedimento (Figura 8-37).

Con respecto a la calidad ecológica del agua, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), tanto en la temporada de estiaje como en avenida, se observó que las quebradas Atiñayoc (HB-QAtiñ-01 y HB-QAtiñ-02) y Cruzana (HB-QCruz-01) presentaron una pésima calidad ecológica; asimismo, se observó la prevalencia de macroinvertebrados bentónicos considerados tolerantes a los cambios medioambientales (Acosta *et al.*, 2009; Domínguez y Fernández, 2009; Ríos *et al.*, 2014), como los dípteros Chironomidae (*Cricotopus* sp., *Parakiefferiella* sp. y *Podonomopsis* sp.). Es importante mencionar que, por las características del agua y sedimentos, en esta zona no se registró ninguna especie catalogada sensible (Figura 8-39).

La riqueza de microalgas del perifiton, en general, fue baja en todos los puntos de muestreo de las quebradas Atiñayoc y Cruzana (entre 2 y 6 especies); además, se observó que las diatomeas *Achnanthydium* sp. 1 y *Nitzschia gracilis* y la cianobacteria *Pseudanabaena* sp. 1, fueron las microalgas más frecuentes en estas quebradas, lo cual indicaría su adaptación a las condiciones ácidas del agua (acidófilas) con alto contenido de metales (Figura 8-38)

Zona Apacheta

En la parte alta de la quebrada Apacheta se observó que la quebrada Misaorcco (QMisa-01) presentó una naturaleza hidroquímica de facies sulfatada cálcica magnésica ($\text{SO}_4^{2-} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$), registrando un pH neutro (7,79 unidades); sin embargo, el manganeso incumplió el ECA para agua categoría 3, esto se explicaría debido a que las nacientes de esta quebrada se encuentran influenciadas por rocas carbonatadas (calizas y areniscas) de las Formaciones Gramadal y Labra, que en su recorrido atraviesan por zonas de óxidos y sulfuros aportando concentraciones de manganeso (pirolusita).

En las quebradas Apacheta (QApac-01A, QApac-02, QApac-03, QApac-04 y QCori-02), Katrina (QKatr-01, QKatr-02 y QKatr-03) y Millahuaico (FMill-01A, FMill-01 y QMill-01), predominó el anión SO_4^{2-} y los cationes Al^+ , Ca^+ , Mg^+ y K^+ , respecto al anión HCO_3^- sus concentraciones fueron bajas en relación a los otros aniones, esto explicaría los bajos niveles de alcalinidad, la misma, que podría influir en los niveles ácidos de pH (pH < 4,37).

Se observó que las aguas de las quebradas Apacheta (Corire aguas abajo), Katrina y Millahuaico podrían estar influenciadas por las zonas mineralizadas de Katrina y



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



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

Chucapaca⁶³; además de labores mineras abandonadas (minería informal) evidenciados en este sector (Figura 8-43). Bajo este contexto, las aguas de estas quebradas al interactuar con los sulfuros (pirita, calcopirita, galena, esfalerita y otros), y óxidos (hematita, jarosita y pirolusita) probablemente adquirieron en su composición los metales aluminio, cadmio, hierro, manganeso, cobre, plomo, zinc, selenio y cobalto con mayores concentraciones en la parte alta de estas quebradas disminuyendo en la parte baja, después de la confluencia con la quebrada Millahuaico, incumpliendo los ECA para agua categoría 3.

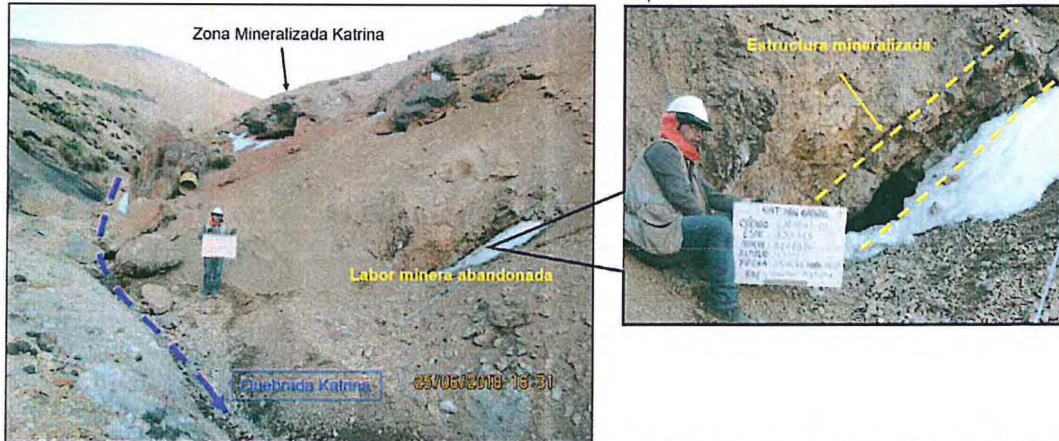


Figura 8-43. Labor minera abandonada ubicada en la parte media de la quebrada Katrina

El test ABA⁶⁴ realizado en los sectores Katrina (RC-Kat-1 y RCKat-2), Canahuire (RC-Ca-1) y centro volcánico Chucapaca (RC-Chu-1 y RC-Chu-2) en las rocas encajonantes a las zonas mineralizadas y con presencia de alteración hidrotermal, generada por procesos magmáticos-hidrotermales, registraron pH ácidos que variaron entre 3,22 a 5,85 unidades; además, el contenido de azufre en los puntos RC-Kat-1 y RC-Ca-1 presentó concentraciones mayores al 1 %, lo cual indica que podrían ser susceptibles a generar drenajes ácidos con altas concentraciones de metales; los puntos RC-Kat-1, RC-Chu-1 y RC-Chu-2 presentaron concentraciones de azufre entre 0,1 % al 0,9 % que podrían generar drenaje ácidos con menor concentración de metales y los afloramiento rocosos con bajos contenidos de azufre (menor al 0,1 %) deberían tener poco o nulo potencial de generar drenaje ácido, estos datos coinciden con los descritos en la Línea Base⁶⁵. También es importante considerar la forma mineral en la que se encuentran el azufre (sulfuros, hidroxisulfatos de hierro y aluminio) debido a que determinarán su capacidad para generar acidez en un medio acuoso.

Se determinó además la biodisponibilidad de metales en rocas mediante la metodología de extracción química secuencial (Tessier) en los puntos RC-Kat-1, RCKat-2, RC-Ca-1, RC-Misa-1 y RC-Chu-1, cuyos resultados indicaron que el azufre y calcio estarían biodisponibles por encontrarse en la extracción 1. Respecto al manganeso, plomo y zinc estarían biodisponibles debido a que se encontraron en las extracciones 1 y 2, y el hierro, aluminio y cobre, que se encontraron en la extracción 2. Es importante resaltar que todos estos elementos superaron los ECA para agua categoría 3 en estas quebradas.

63 Estudio de impacto ambiental detallado del proyecto de explotación minera San Gabriel, aprobado con Resolución Directoral N° 099-2017-MEM/DGAAM, capítulo III, páginas 267.

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

65 Línea base detallado del PM San Gabriel (2016). Capítulo 3, Anexo 3.2 Actualización del Estudio Geoquímico – Proyecto San Gabriel (2015). Páginas 4 y 5.

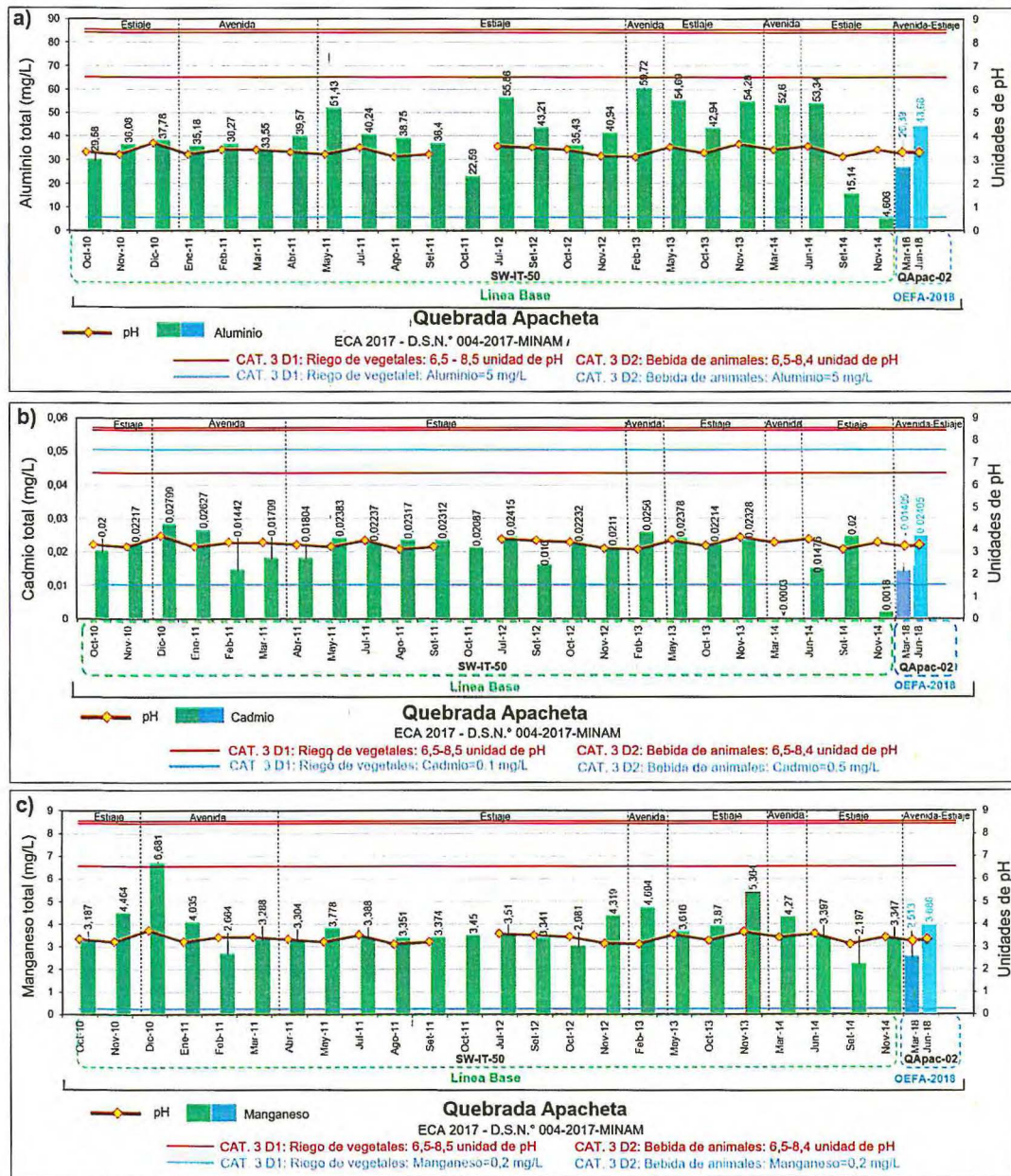


Handwritten signatures and initials in blue ink, including a vertical line of marks and a signature at the bottom left.



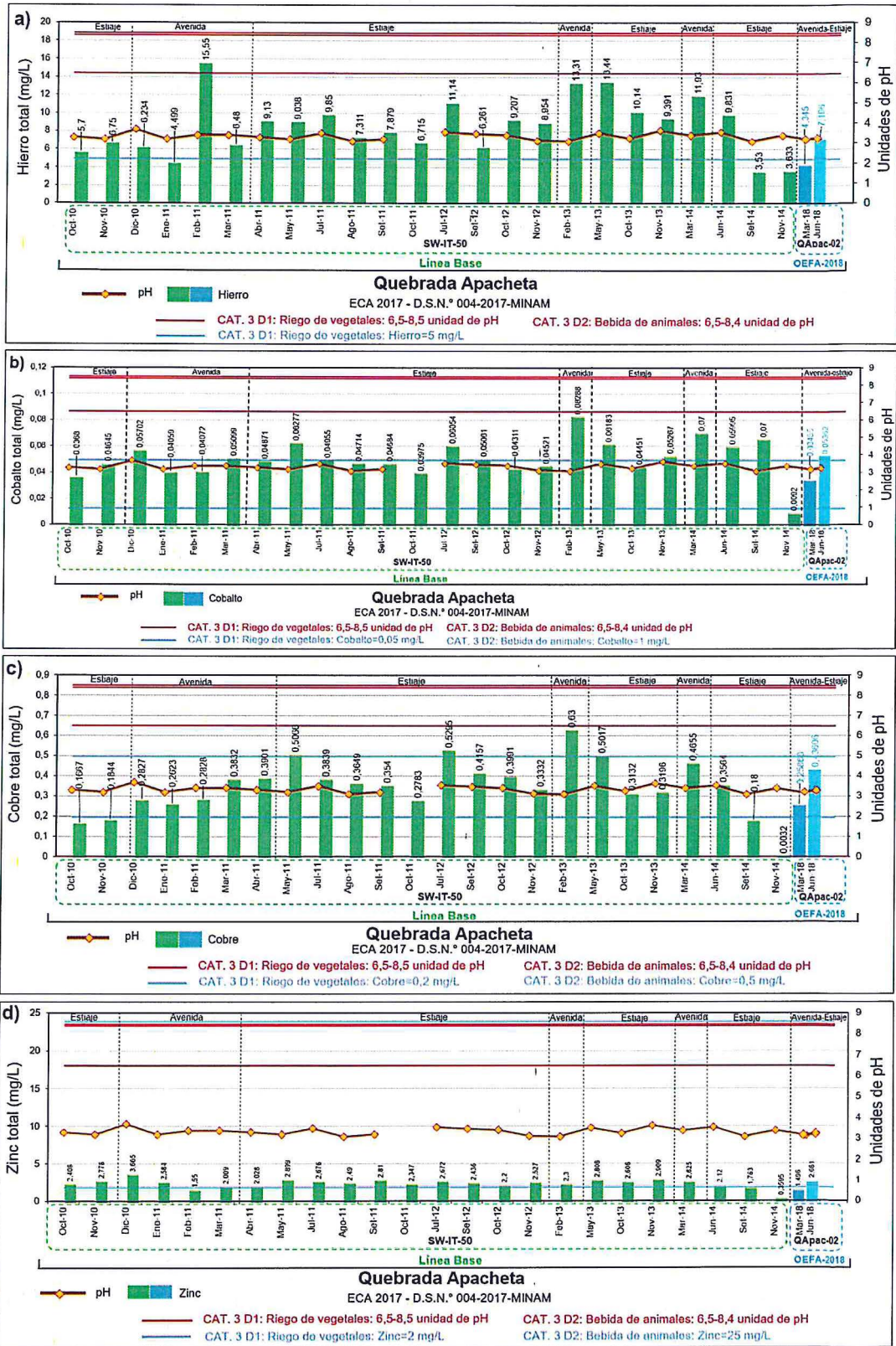
«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

En esta zona, se evaluó un punto QApac-02 cuya ubicación coincide con los puntos establecidos en la Línea Base⁶⁶. Comparando los resultados de la presente evaluación (marzo y junio del 2018) con los reportados en la Línea Base entre el 2010 y 2014, se observó que los valores de pH, aluminio, cadmio, manganeso, hierro, cobalto, cobre y zinc mantuvieron valores similares en el tiempo; además, el aporte de estos metales hacia la quebrada Apacheta sería permanente, según los datos registrados (Figura 8-44 y 8-45).





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





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

En las quebradas Apacheta-Corire (SED-QApac-02, SED-QApac-03, SED-QApac-04 y SED-QCori-02) y Katrina (SED-QKtr-01), el arsénico, cobre, cadmio, zinc, plomo y mercurio en sedimentos, incumplieron en al menos un valor (ISQG o PEL) de la CCME en ambas temporadas (Figura 8-35). Esto se explicaría debido al contexto geológico y metalogenético (Acosta, 2009), donde, la zona mineralizada Katrina, zonas de óxidos y el complejo volcánico Chucapaca podrían estar influenciado directamente en la acumulación de metales en los sedimentos, agua y suelos en esta quebrada.

La quebrada Corire (SED-QCori-01) registró concentraciones de arsénico, cadmio, zinc, plomo y mercurio que incumplieron los valores (PEL) de la CCME en ambas temporadas, esto podría estar relacionado a la geología local donde afloran domos riolíticos con presencia de sulfuros y a la acumulación por arrastre de sedimentos provenientes de la parte alta de esta quebrada asociado a la zona mineralizada Canahuire.

En la quebrada Millahuaico (SED-QMill-01) solo el arsénico y plomo incumplieron los valores PEL de la CCME en ambas temporadas; mientras que, el cadmio y cobre incumplieron los valores de ISQG del estándar mencionado, debido a que los sedimentos estarían siendo arrastrados del centro volcánico Chucapaca compuesto por domos riolíticos con alteración hidrotermal argilica (Remigio, 2008).

Cabe resaltar que solo el mercurio se registró en las quebradas Apacheta, Katrina, Atiñayoc y Corire, debido a la presencia de yacimientos hidrotermales (Katrina y Canahuire) y suele estar asociado a la mineralización principal como cinabrio (HgS) y mercurio nativo en pequeñas concentraciones⁶⁷.

Se observó que tanto en estiaje como en avenida, la riqueza de macroinvertebrados bentónicos fue baja en todos los puntos de muestreo de las quebradas Apacheta, Katrina, Millahuaico y Corire (entre 1 y 6 especies), esto se debería al pH ácido del agua, el cual incumplió los ECA para agua categoría 3, y se asoció a un tipo de agua sulfatada aluminica cálcica (SO₄-Al>Ca), con presencia de metales como aluminio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, níquel, plomo, selenio y zinc que incumplieron el estándar mencionado; mientras que, en el sedimento el arsénico, cadmio, mercurio, plomo, zinc superaron los valores PEL del estándar canadiense (CCME); asimismo, el cobre superó el valor ISQG del estándar mencionado. Esto se debería a que todas las quebradas y sus aportantes se emplazan sobre un contexto geológico con predominancia de rocas volcánicas (Chucapaca) y el aporte de zonas mineralizadas (Katrina), las mismas que se caracterizaron por ser potenciales generadores de acidez (Figura-36).

Con respecto a la calidad ecológica del agua, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), tanto en estiaje como en avenida, se observó que las quebradas Apacheta, Katrina, Millahuaico y Corire presentaron una pésima calidad ecológica; asimismo, se observó la prevalencia de macroinvertebrados bentónicos considerados tolerantes a los cambios medioambientales (Acosta *et al.*, 2009; Domínguez y Fernández, 2009; Ríos *et al.*, 2014), como los dípteros Chironomidae (*Cricotopus* sp. y *Podoñomus* sp.). Es importante mencionar que, por las características del agua y sedimentos, en esta zona no se registró ninguna especie catalogada sensible (Figura-38).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including an arrow pointing up and several initials.

67

Estudio de impacto ambiental detallado del proyecto de explotación minera San Gabriel, aprobado con Resolución Directoral N° 099-2017-MEM/DGAAM, capítulo III, página 180.



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

La riqueza de microalgas del perifiton en general fue baja en la mayoría de los puntos de muestreo de las quebradas Apacheta, Katrina, Millahuaico y Corire (entre 1 y 13 especies); además, se observó que las diatomeas: *Achnantheidium* sp. 1, *Nitzschia gracilis*, *Eunotia arcus* y *Eunotia* cf. *exigua*, y las cianobacterias *Chroococcus dispersus*, *Cyanosarcina* sp., *Leptolyngbya* sp. 1 y *Pseudanabaena* sp. 1, fueron las microalgas más frecuentes en estas quebradas, lo cual indicaría su adaptación a las condiciones ácidas del agua (acidófilas) con alto contenido de metales (Figura-37).

En esta microcuenca se evaluó la zona Apacheta-Corire (Zona I) en donde se registraron 51 especies en 10 familias y 29 géneros; además, presentó la menor diversidad en comparación con las demás zonas evaluadas. Asimismo, esta zona se ubica por encima de los 4900 m s.n.m., en donde se identificaron 2 formaciones vegetales, la vegetación de suelos crioturbados y la vegetación de roquedal, esta última presentó influencia de la primera.

La formación vegetal con mayor riqueza en esta zona fue la vegetación de roquedal con 48 especies; mientras que, la vegetación de suelos crioturbados presentó 17 especies. La vegetación de roquedal estuvo conformada principalmente por *Azorella compacta* con una abundancia relativa de 20,3 %, esta especie forma cojines compactos de hasta 1 m de altura, seguido de *Calamagrostis breviaristata* con 10,9 %, especie cespitosa frecuente en esta formación en las zonas evaluadas (Figura 8-46). En la vegetación de suelos crioturbados se observó una mayor abundancia de *Xenophyllum weddellii* con 42,9 % y *Senecio nutans* con 28,6 % ambas especies comunes en esta formación (Cano et al., 2010; 2011); cabe resaltar que estos datos fueron obtenidos mediante la evaluación de un solo transecto (Figura 8-46).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including an upward-pointing arrow and several illegible signatures.

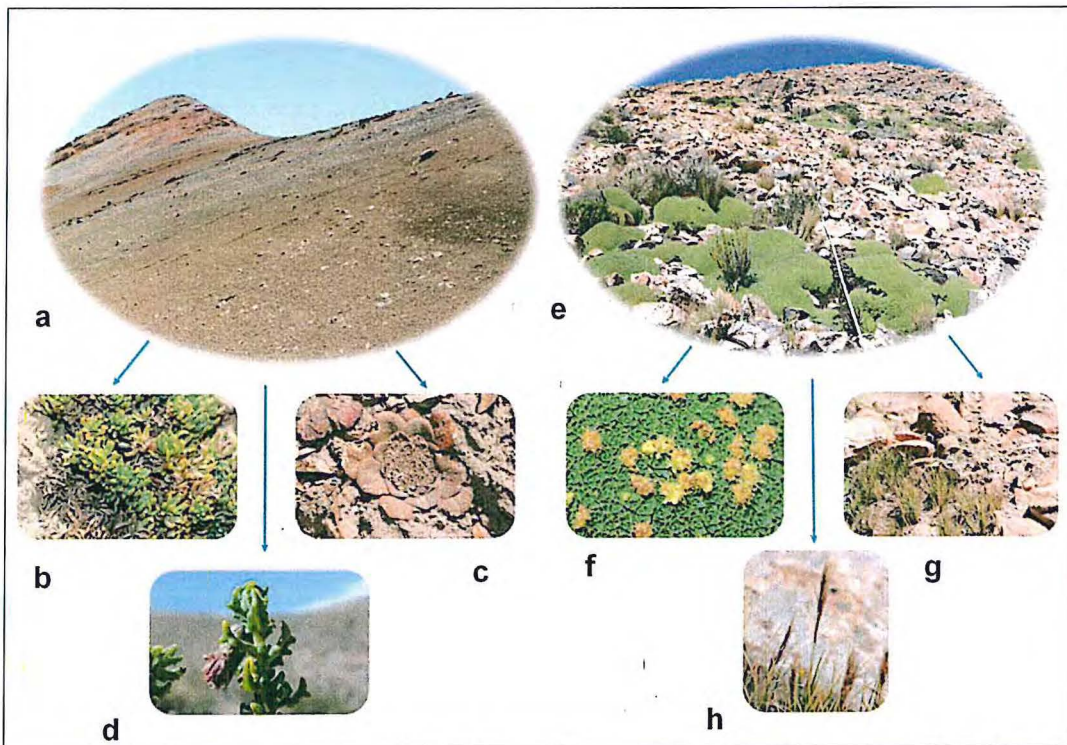


Figura 8-46. Especies comunes de las formaciones vegetales en la zona Apacheta Corire: **a)** Vegetación de suelos crioturbados, **b)** *Xenophyllum weddellii*, **c)** *Stangea* sp., **d)** *Senecio nutans*, **e)** Vegetación de roquedal, **f)** *Azorella compacta*, **g)** *Calamagrostis breviaristata* y **h)** *Anatherostipa hans-meyeri*



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

Del total de especies en esta zona, 8 se encuentran en algún estado de conservación, de los cuales 6 son amenazadas y 2 son endémicas, entre ellas *Ephedra rupestris* está categorizadas en peligro crítico (CR) según el Decreto Supremo N.º 043-2006-AG y en preocupación menor (LC) según la IUCN (2018) (Figura 8-47). Entre las especies endémicas tenemos a *Senecio sykora*e y *Nototriche argyllioides*.



Figura 8-47. Especies en estado de amenaza registrados en la zona Apacheta-Corire: a) *Senecio sykora*e, b) *Nototriche argyllioides* y c) *Ephedra rupestris*

8.3 Microcuenca Chaclaya

La microcuenca Chaclaya comprendió dos quebradas, ambas confluyentes al río Ichuña; una de ellas conformada por la quebrada Llaullacaso y la otra por las quebradas Pacolle y Chaclaya.

La quebrada Llaullacaso recibe el aporte de los manantiales FJapu-01 en la parte alta y FLlah-01 en la parte media; el manantial FJapu-01 presentó facies sulfatada bicarbonatada cálcica magnésica ($SO_4 > HCO_3 - Ca > Mg$) en la temporada de avenida y bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica ($HCO_3 > SO_4 - Ca > Mg$) en la temporada de estiaje; mientras que, el manantial FLlah-01 presentó facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica ($HCO_3 > SO_4 - Ca > Mg$) en ambas temporadas (Figura 8-48).

El valor del pH en el manantial FJapu-01 (Figura 8-48) dio un registro ligeramente ácido (6,04 unidades) en temporada de estiaje, valor que incumplió referencialmente los ECA para agua categoría 3, esta condición se debería a que los manantiales son una manifestación de agua subterránea que en su recorrido podrían haber interactuado con rocas de la formación Hualhuani (areniscas y lutitas con presencia de óxidos); mientras que, todos los parámetros evaluados en el manantial FLlah-01 cumplieron referencialmente los ECA para agua categoría 3.

La quebrada Llaullacaso (QLlau-01) presentó facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica ($HCO_3 > SO_4 - Ca > Mg$) en la temporada de avenida, mientras que en la temporada de estiaje fue sulfatada bicarbonatada cálcica magnésica ($SO_4 > HCO_3 - Ca > Mg$), en donde todos los parámetros evaluados cumplieron los ECA para agua categoría 3 (Figura 8-48).

La quebrada Pacolle-Chaclaya (QPaco-01 y QChac-01) presentó facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica ($HCO_3 > SO_4 - Ca > Mg$) en ambas temporadas (Figura 8-48), cabe resaltar que el punto QPaco-01 no registró flujo de agua en la temporada de estiaje (Figura 8-48), los parámetros evaluados en estos puntos cumplieron los ECA para agua categoría 3, a excepción del pH en el punto QChac-01 que registró valores ligeramente alcalinos (8,67 y 8,50 unidades respectivamente).



Vertical list of handwritten initials and signatures on the left margin.



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

natural que influye sobre la dinámica de los organismos acuáticos (Jacobsen y Encalada, 1998; Domínguez y Fernández, 2009).

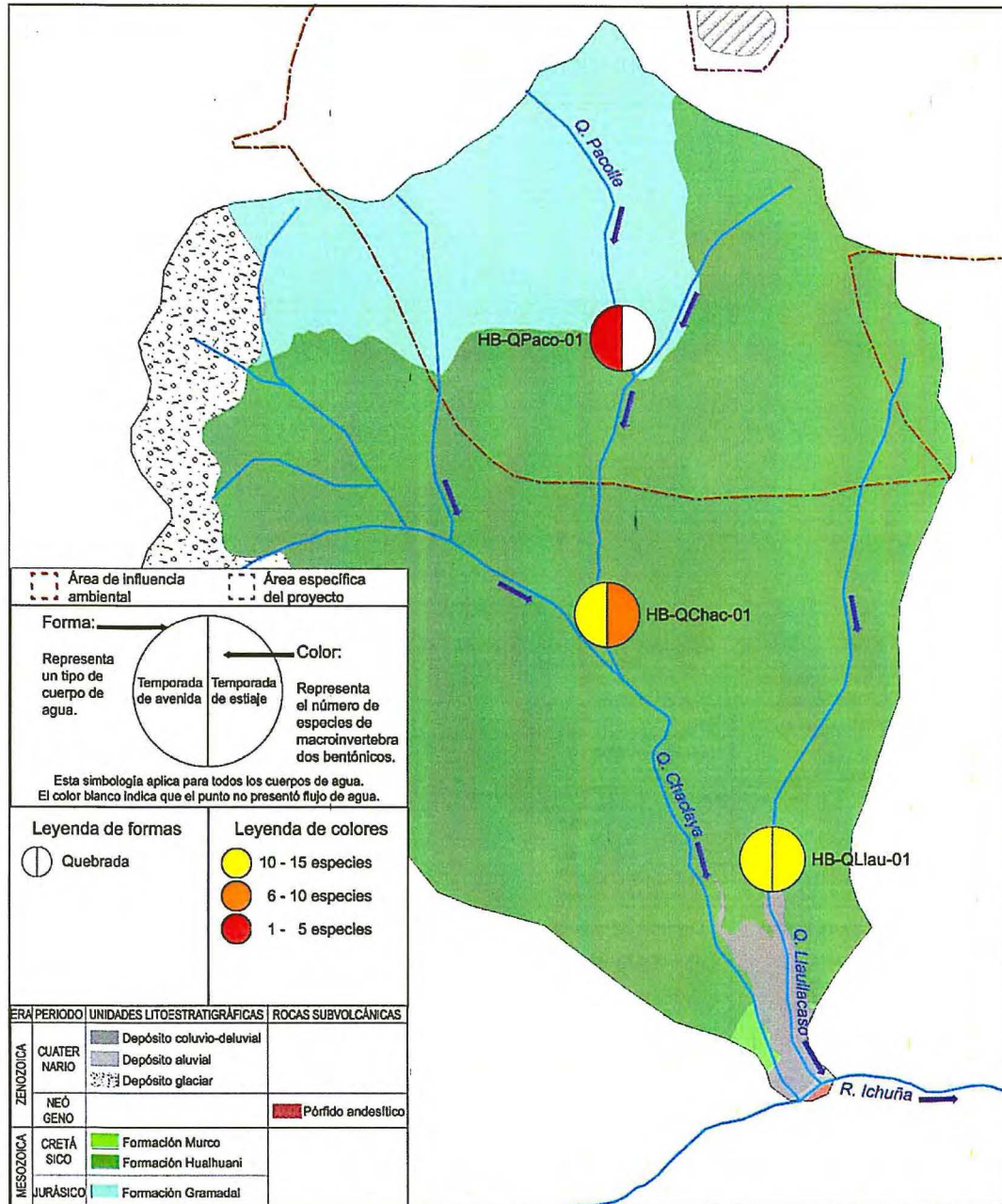


Figura 8-49. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Chaclaya

La riqueza de microalgas del perifiton (Figura 8-50), en general, tuvo una tendencia a incrementarse en la temporada de estiaje, esto podría deberse a la disminución del caudal del agua que beneficiaría el establecimiento de esta comunidad sobre el sustrato (Martínez, 2003). La riqueza de macroinvertebrados bentónicos y microalgas del perifiton fue moderada en la mayoría de los puntos de muestreo, esto se debería al pH alcalino del agua; sin embargo, llegó a incumplir los ECA para agua categoría 3 en la quebrada Chaclaya (HB-QChac-01) y se asoció a un tipo de agua bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica ($\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Ca} > \text{Mg}$).



Vertical handwritten notes in blue ink, including a large arrow pointing up and various initials and symbols.

Handwritten initials 'SMPB' at the bottom left.



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

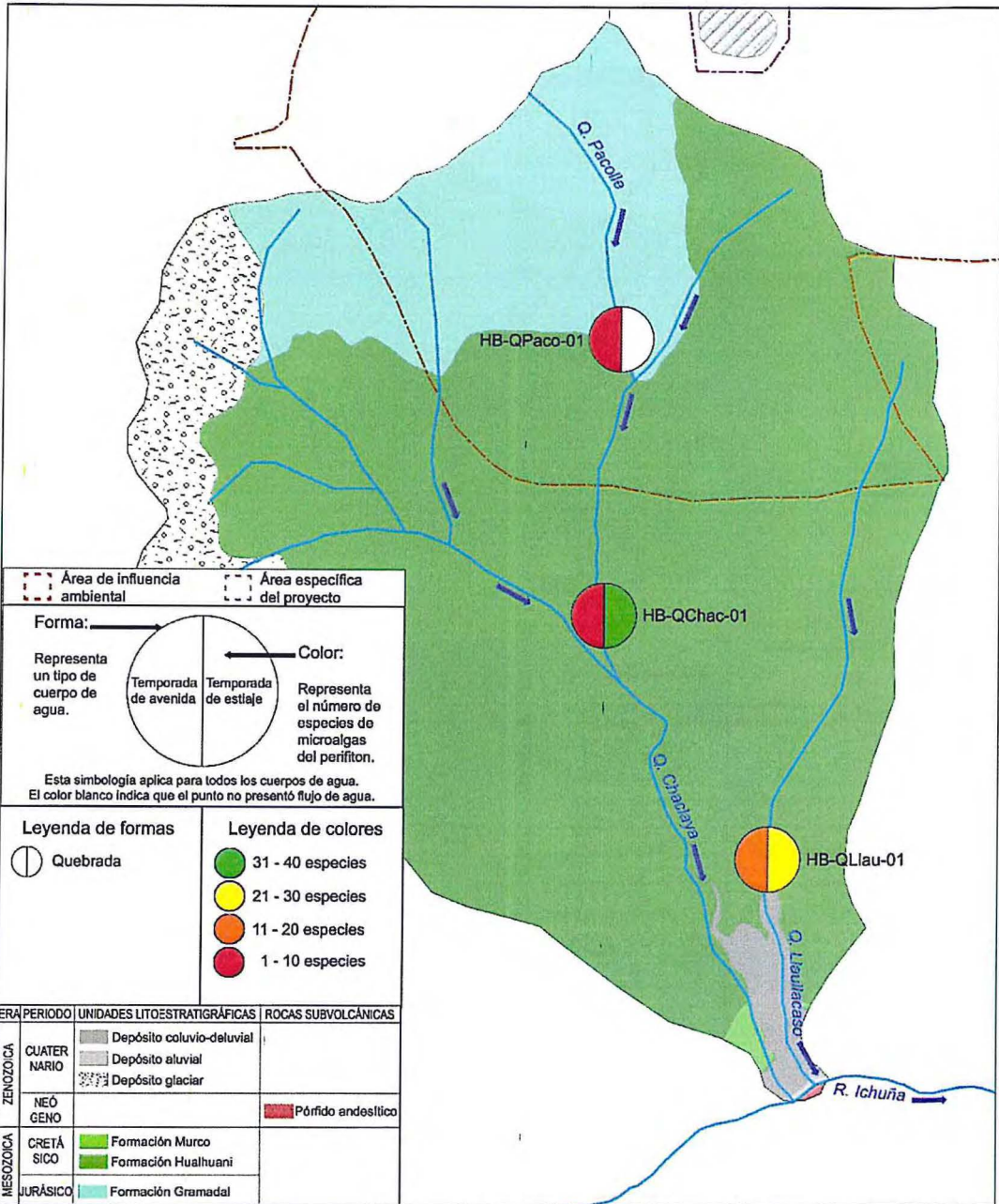


Figura 8-50. Número de especies de microalgas del perifiton en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Chaclaya

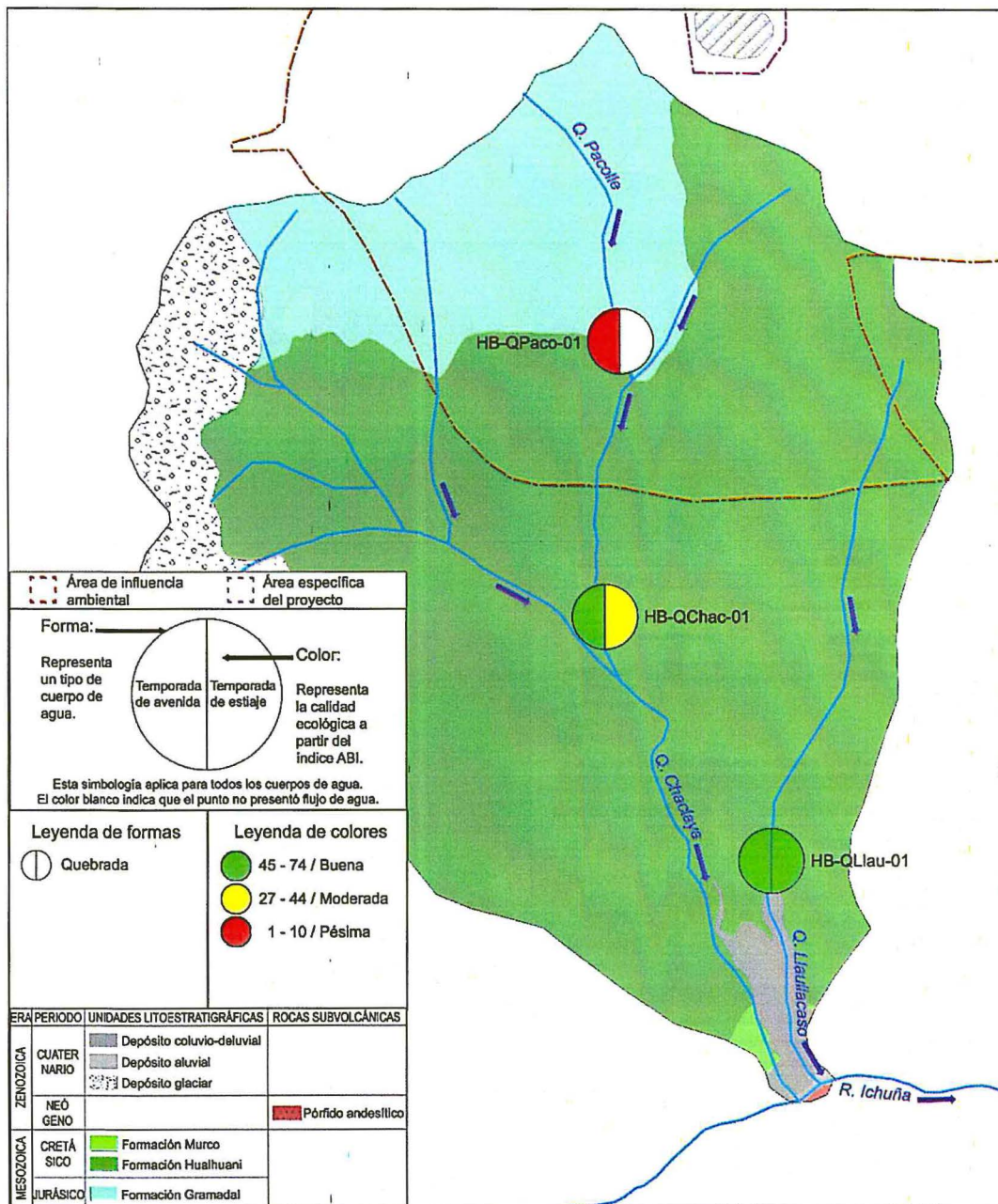
En la Figura 8-51 se describe el comportamiento de la calidad ecológica del agua en la microcuenca Chaclaya, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI). En general, la calidad ecológica fue similar tanto en temporada de avenida como de estiaje, pese a que hubo una disminución de especies. Sin embargo, en la temporada de avenida la quebrada Pacolle (HB-QPaco-01), presentó una calidad ecológica pésima, a pesar de que los parámetros de agua cumplieron los ECA para agua categoría 3; esto se debería a que este punto presentó un bajo caudal en esta temporada, el cual podría limitar el desarrollo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos (Domínguez y Fernández, 2009). Mientras que, en el punto HB-QChac-01, aguas abajo de la quebrada Pacolle, la calidad ecológica fue buena en la temporada de avenida y moderada en la temporada de estiaje.



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



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



Vertical handwritten text on the left margin, including the name 'D. P. S. C. H. A. R. A.' and a signature.

Figura 8-51. Calidad ecológica del agua a partir del índice ABI, en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Chaclaya



8.4 Microcuenca Oyo Oyo

La microcuenca Oyo Oyo está conformada por la quebrada Oyo Oyo y su tributario quebrada Chalsani (margen izquierda), y desemboca en el río Ichuña, en su recorrido se encuentran dos manantiales cuyas aguas son destinadas para uso poblacional.

En esta microcuenca las quebradas Oyo Oyo (QOyoo-01) y Chalsani (QChal-01) presentaron facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica ($HCO_3 > SO_4 - Ca > Mg$) en ambas temporadas, y todos los parámetros evaluados cumplieron los ECA para agua categoría 3 (Figura 8-52).

Los manantiales FChur-01 y FChur-02 presentaron facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica ($HCO_3 > SO_4 - Ca > Mg$) en ambas temporadas cumpliendo referencialmente los ECA para agua categoría 1-A1, a excepción de la turbidez (FChur-01: 19,2 NTU) en la temporada de avenida, debido a la disolución de material suspendido por las lluvias propias de la temporada (Figura 8-52).

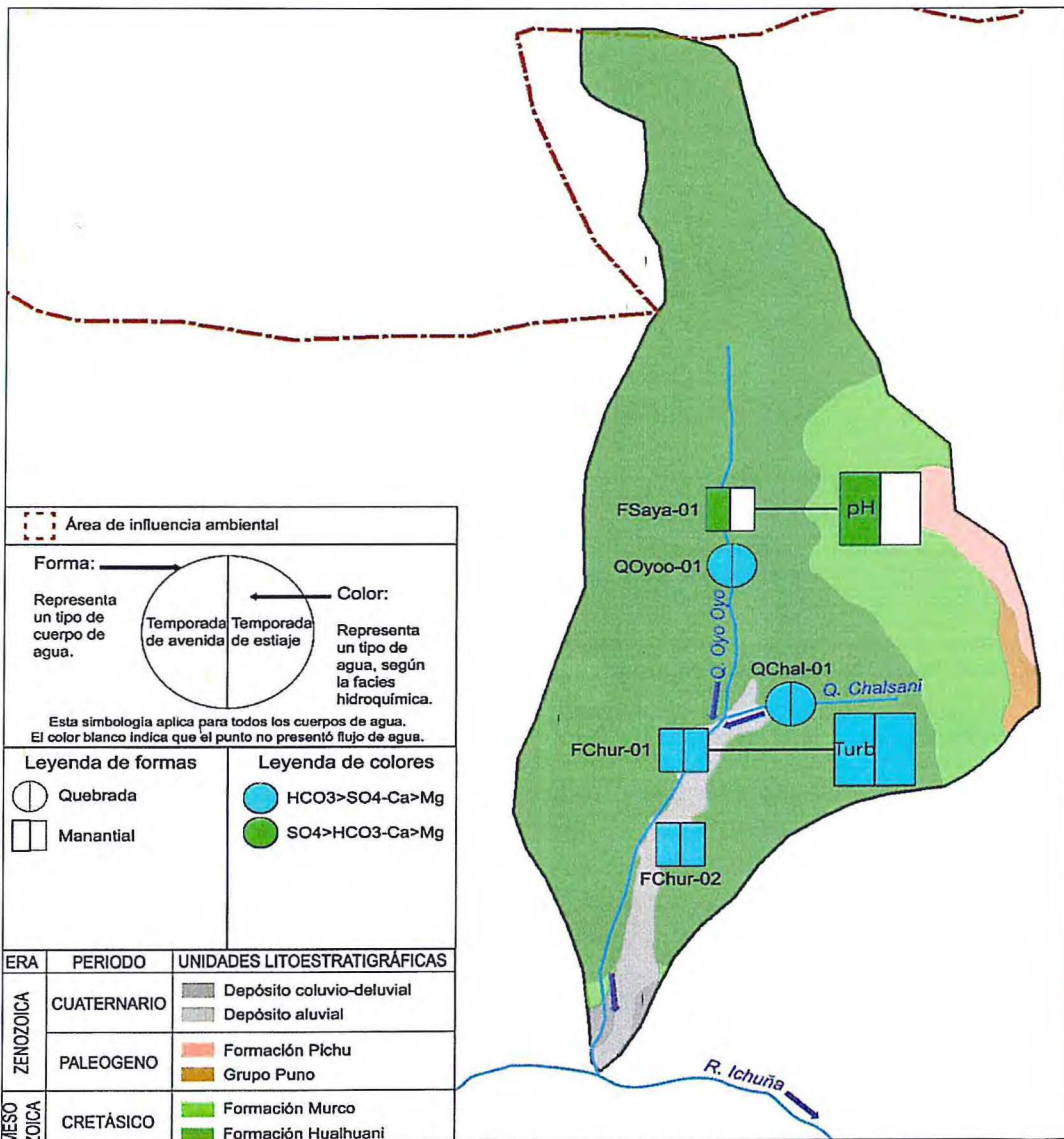


Figura 8-52. Hidroquímica y parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 y 1-A1, en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Oyo Oyo



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a vertical signature and the name 'DUPAZ' at the bottom.



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

El manantial FSaya-01 presentó facies sulfatada bicarbonatada cálcica magnésica ($SO_4 > HCO_3 - Ca > Mg$) en la temporada de avenida con un pH ligeramente ácido (5,55 unidades) que incumplió referencialmente los ECA para agua categoría 3, es importante mencionar que este manantial presentó un caudal mínimo de agua en esta temporada y en estiaje no registró flujo de agua (Figura 8-45), que evidencia un comportamiento intermitente (Figura 8-52).

En la Figura 8-53 se observa que la riqueza de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca Oyo Oyo (HB-QOyoo-01 y HB-QChal-01) fue menor en la temporada de estiaje en comparación con la temporada de avenida; asimismo, en avenida la calidad ecológica (Figura 8-55), determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), fue moderada; mientras que, en estiaje fue mala, esto podría deberse a la disminución del caudal de las quebradas en estiaje, el caudal es un factor natural que influye sobre la dinámica de los organismos acuáticos (Jacobsen y Encalada, 1998; Domínguez y Fernández, 2009).

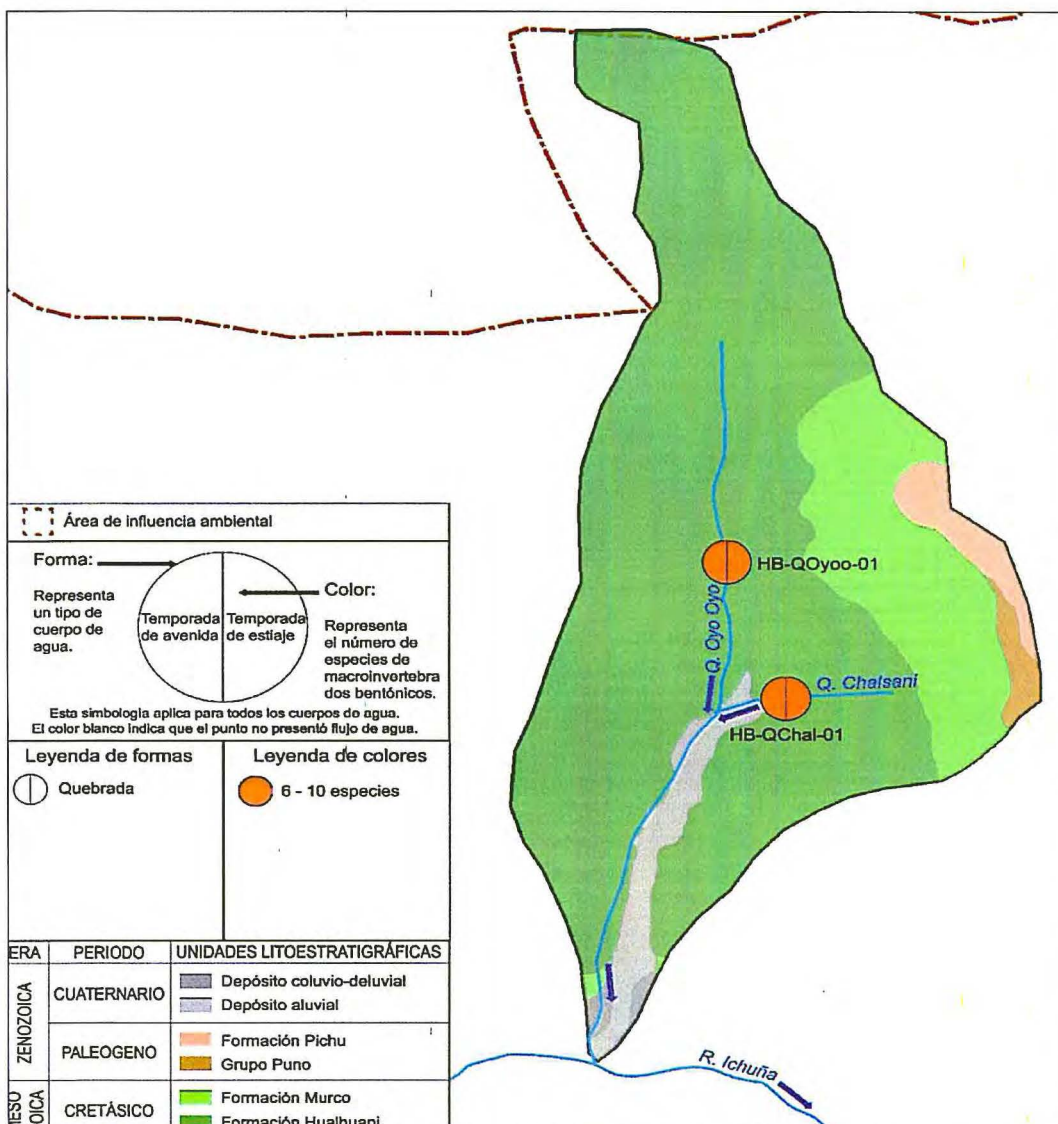


Figura 8-53. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Oyo Oyo



Handwritten signature and notes in blue ink, including 'D. J. P. R.' and 'EN PAZ'.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Por otro lado, la riqueza de microalgas del perifiton (Figura 8-54), en general, tuvo una tendencia a incrementarse en la temporada de estiaje, esto podría deberse a la disminución del caudal del agua que beneficiaría el establecimiento de esta comunidad sobre el sustrato (Martínez, 2003).

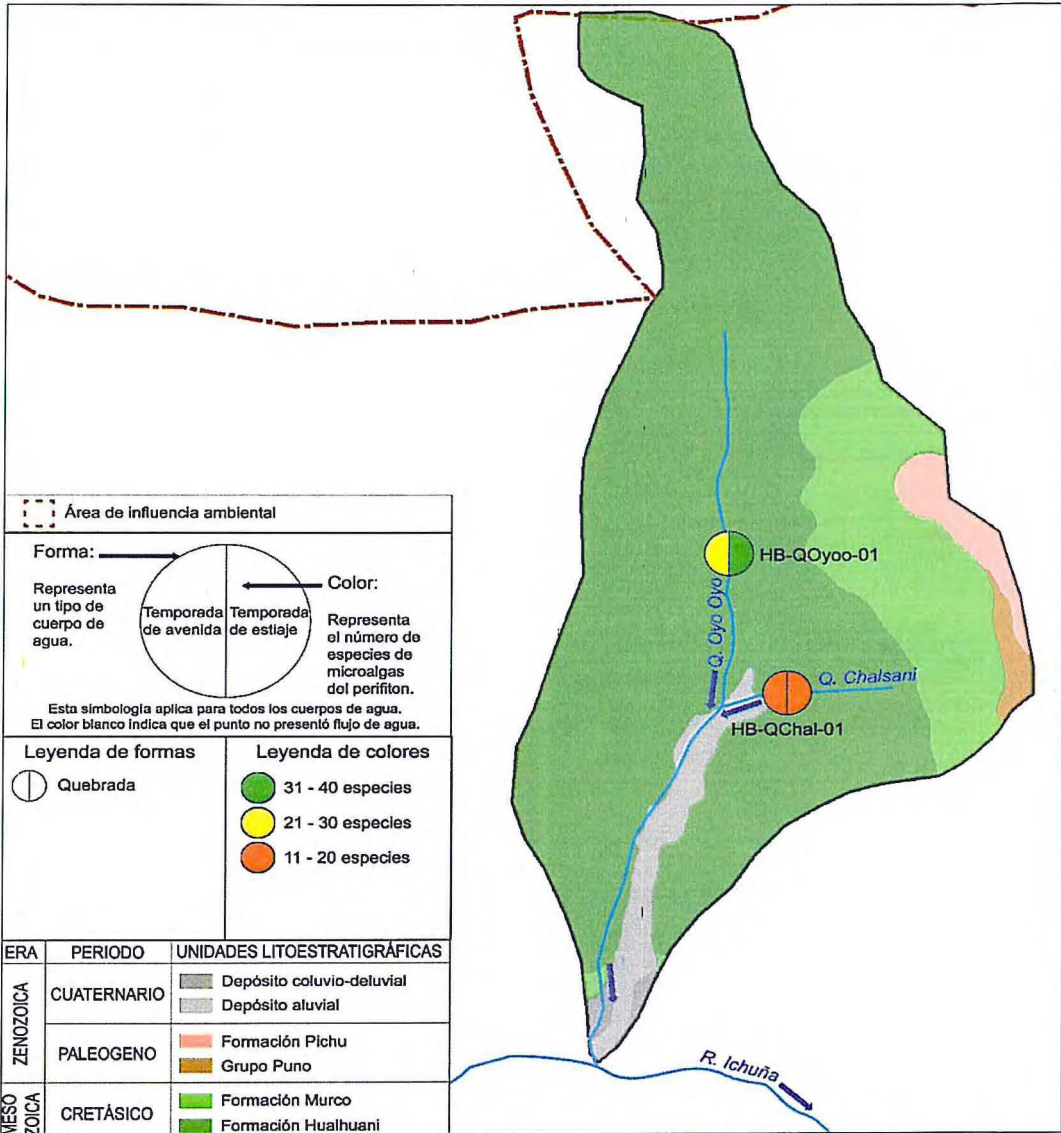


Figura 8-54. Número de especies de microalgas del perifiton en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Oyo Oyo



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including the name 'D. P. S. R.' and other illegible signatures.



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

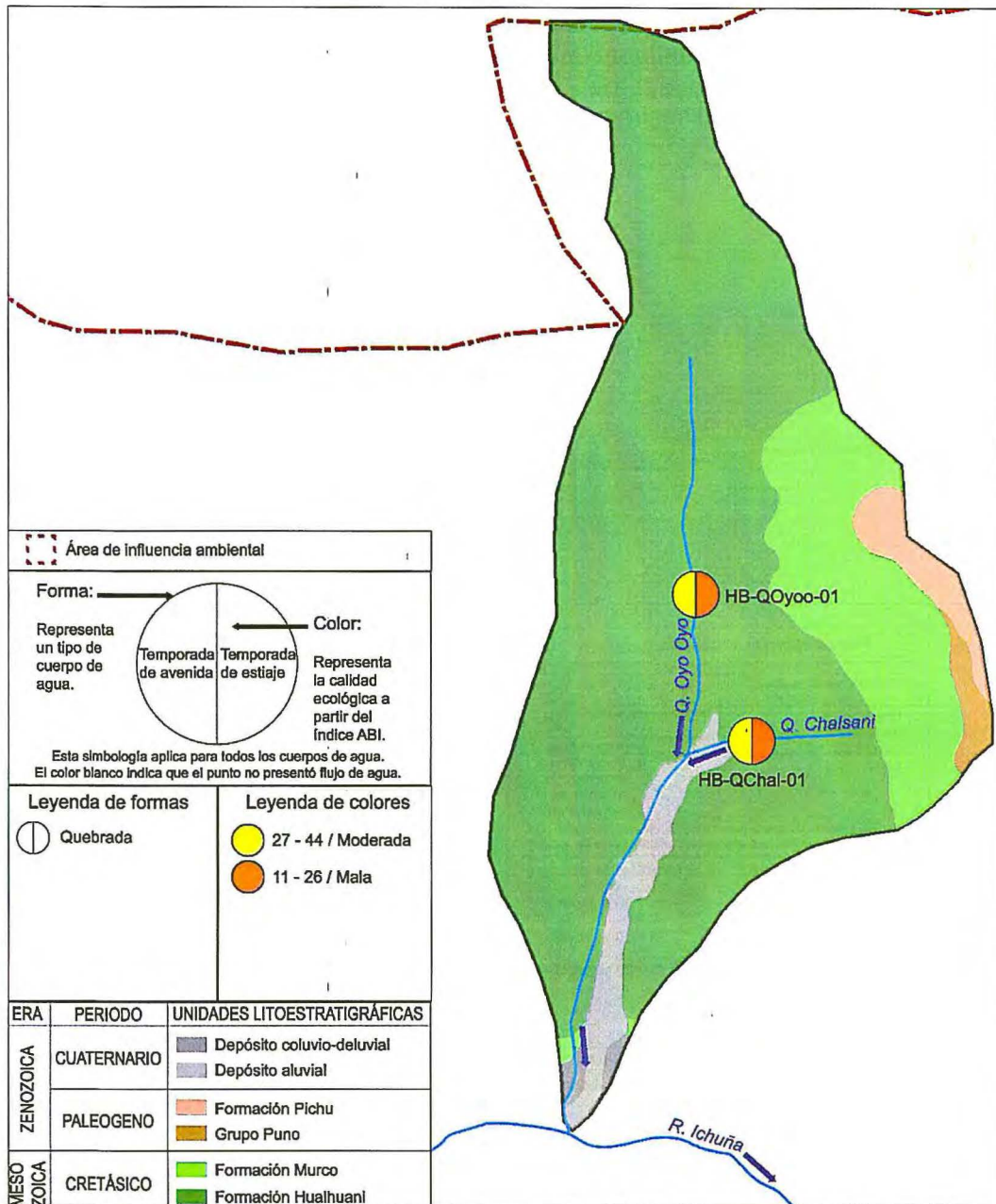


Figura 8-55. Calidad ecológica del agua a partir del índice ABI, en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Oyo Oyo

En esta microcuenca se evaluó la zona Oyo Oyo (EF 5) la que correspondía a un rodal de *Puya* ubicada en una ladera rocosa, en donde se registraron 83 especies en 31 familias y 69 géneros. Las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae con 30 y 9 especies respectivamente, al igual que en todos los ecosistemas altoandinos. En esta zona solo se realizaron evaluaciones cualitativas, por lo cual los resultados están enfocados a la riqueza de especies.

Del total de especies en esta zona, 10 se encuentran en algún estado de conservación, de los cuales 9 son amenazadas y 1 endémico (Figura 8-56), entre ellas *Ephedra rupestris* está categorizada en peligro crítico (CR) según el Decreto Supremo N.º 043-2006-AG y en preocupación menor (LC) según la IUCN (2018). Asimismo, *Puya raimondii* y *Baccharis genistelloides* están categorizadas en peligro (EN) y en



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

casi amenazado (NT) respectivamente, según el Decreto Supremo N.º 043-2006-AG. La única especie endémica registrada en esta zona fue *Senecio crassilodix* (Figura 8-57), y representa una ampliación en su distribución debido a que solo estaba registrada para el departamento Arequipa (León *et al.*, 2006).

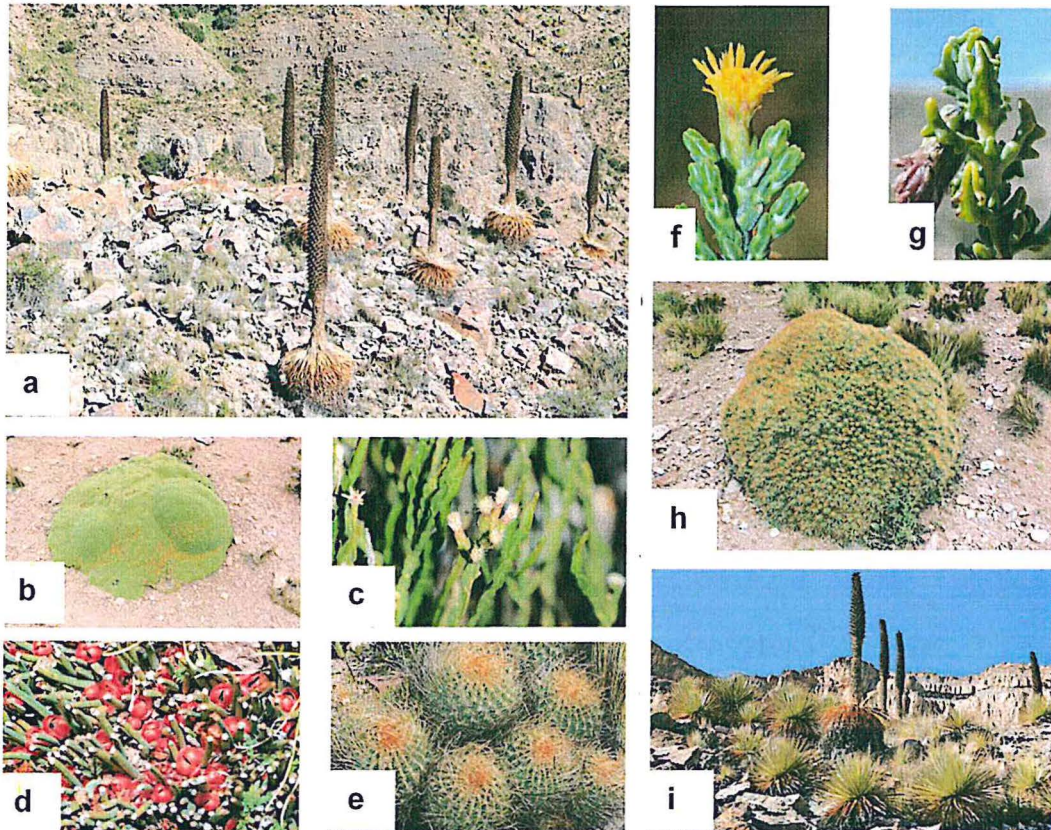


Figura 8-56. Especies en estado de amenaza registrados en la zona Oyo Oyo (EF 5): a) rodal de *Puya*, b) *Azorella compacta*, c) *Baccharis genistelloides*, d) *Ephedra rupestris*, e) *Lobivia* sp., f) *Parastrephia quadrangularis*, g) *Senecio nutans*, h) *Cumulopuntia boliviana* subsp. *Ignescens* y i) *Puya raimondii*

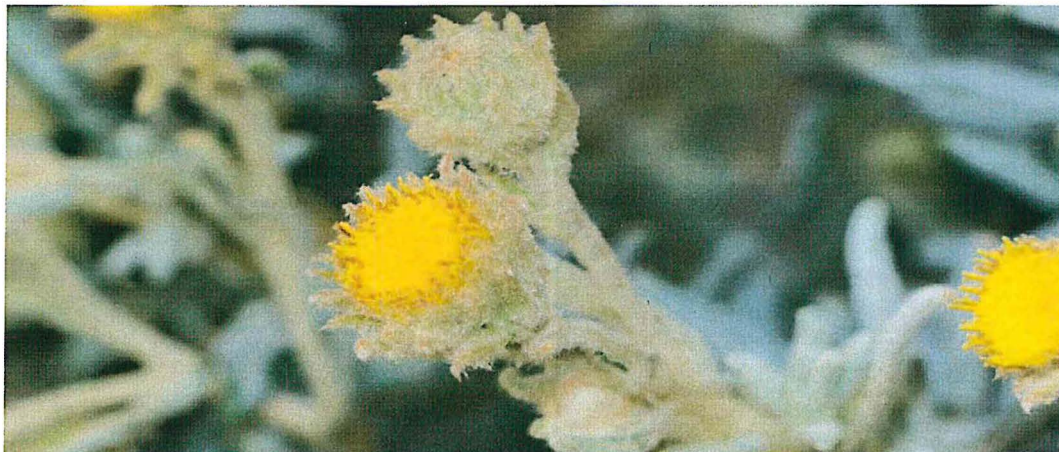


Figura 8-57. *Senecio crassilodix*, especie endémica registrada en la zona de Oyo Oyo



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing to the stamp and several illegible signatures.



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

Los valores de nivel de fondo de arsénico, bario, mercurio, cromo y plomo fueron menores que los valores de los ECA para suelo de uso industrial/extractivo, comparado referencialmente (Figura 8-60); respecto al cromo IV estos no fueron calculados, debido a que presentaron valores por debajo del límite de detección del laboratorio en un 54,8 % del total de muestras compuestas. Además, de los metales y metaloides ya mencionados también se calculó el nivel de fondo para 16 metales que no están contemplados en los ECA para suelo (Tabla 7-34).

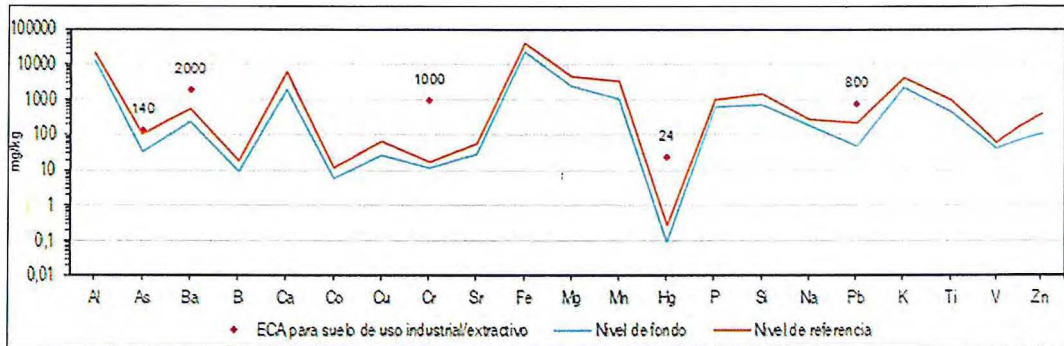


Figura 8-60. Valores de nivel de fondo y referencia en zonas adyacente a los futuros componentes mineros respecto al ECA para suelo de uso industrial-extractivo

b. Zonas de cultivo

En la zona de cultivo los valores de nivel de fondo de bario, boro, calcio, cobalto, cobre, cromo, estroncio, magnesio, fósforo y silicio fueron ligeramente mayores respecto a la zona adyacente a los futuros componentes mineros (Figura 8-58). Esto se debería a la influencia del contexto geológico donde afloran rocas sedimentarias de la Formación Hualhuani (Figura 8-2) y la Formación Murco compuestas por calizas, areniscas cuarzosas y lutitas. De acuerdo al potencial iónico que presentan estos elementos, tienden a movilizarse más fácilmente de sus fuentes manteniéndose como iones intercambiables en la interfase sólido-líquido del suelo o perdiéndose por lavado condicionados por el pH (Railsback, 2012; Porta, 2014). Los suelos de esta zona son minerales con porcentajes de materia orgánica entre 2,4 y 2,8 %.

Los valores de nivel de fondo de arsénico, bario, mercurio y plomo fueron menores a los valores del ECA para suelo de uso agrícola, comparado referencialmente (Figura 8-61); respecto al cromo IV estos no fueron calculados debido a que presentaron valores por debajo del límite de detección del laboratorio en un 80 % del total de muestras compuestas. Además, de los metales y metaloides ya mencionados también se calculó el nivel de fondo para 17 metales que no están contemplados en los ECA para suelo (Tabla 7-34).

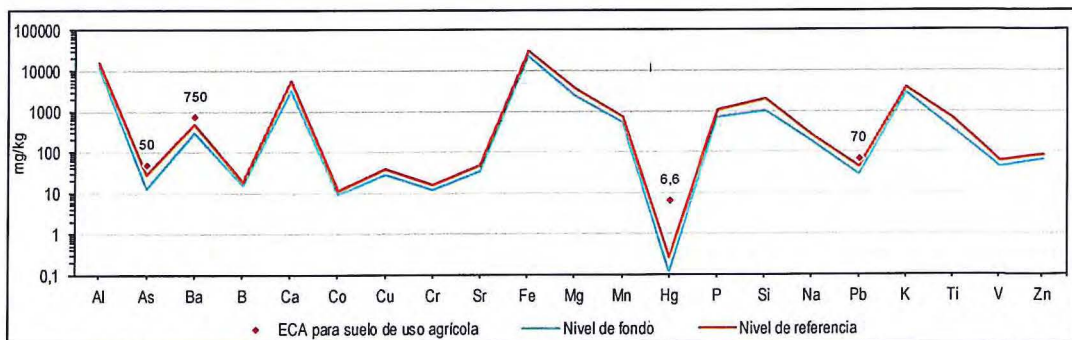


Figura 8-61. Valores de nivel de fondo y referencia en zonas de cultivo respecto al ECA para suelo de uso agrícola



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



8.6 Fauna

El área de estudio del proyecto minero San Gabriel está ubicado al norte del departamento de Moquegua, en el bioma de la puna seca que ocupa los andes del sur del Perú, a partir de los 14°S hasta los 23°S entre Bolivia, Chile y Argentina y se extiende entre los 3200 y 6000 m s.n.m (Seibert, 1996; Morrone, 2001). Estos ecosistemas se caracterizan por ser poco húmedos y tener un régimen de lluvias marcados, existiendo una clara diferencia entre estaciones secas y lluviosas. (Maldonado y Maldonado, 2010; Anderson *et al.*, 2011). En estos ambientes predominan los pastizales y matorrales (Young *et al.*, 2007), donde destaca la presencia de bosques relictos, lagunas y bofedales que juegan un rol importante en la diversidad de la flora y la fauna, tanto por el contraste ambiental con el entorno como por la heterogeneidad de microhábitats que brindan.

Los ecosistemas de los altos andes, como la puna, albergan una alta biodiversidad, agrodiversidad y endemismos (Rolando *et al.*, 2017). La fauna de estos ecosistemas está conformada por un conjunto único de especies adaptadas a rangos altitudinales altos, regimenes climáticos drásticos, mayores niveles de radiación ultravioleta e incidencia solar, condiciones de aridez y una disminución parcial del oxígeno (Halloy, 1989; Monge y León-Velarde, 1991; Storz, 2007). Por ejemplo, algunas especies de lagartijas desarrollaron un tipo de reproducción vivípara y son capaces de soportar temperaturas por debajo de los -10 °C (Pincheira-Donoso *et al.*, 2013; Halloy, 1989), las especies de aves y mamíferos de estos hábitats presentan mayor desarrollo pulmonar y mayor cantidad de eritrocitos y hemoglobina (Monge y Leon, 1991; Storz, 2007).

A pesar de la relevancia ecológica de esta región y de los importantes servicios ecológicos que brindan, ya que son considerados como un gran reservorio de carbono y fuente de agua (Buytaert *et al.*, 2011). Los ecosistemas de los altos andes y la biodiversidad que albergan presentan una alta vulnerabilidad al cambio climático, extensión de la agricultura, sobrepastoreo y actividad minera (Rolando *et al.*, 2017). Siendo importante el estudio y documentación de su biodiversidad, así como de sus relaciones inter e intraespecíficas para determinar su respuesta a los rápidos cambios antropogénicos. En adelante, se discuten los resultados obtenidos en el presente estudio para los grupos taxonómicos de anfibios y reptiles, aves y mamíferos hallados en el área de estudio del proyecto minero San Gabriel y zonas aledañas (Figura 8-62).

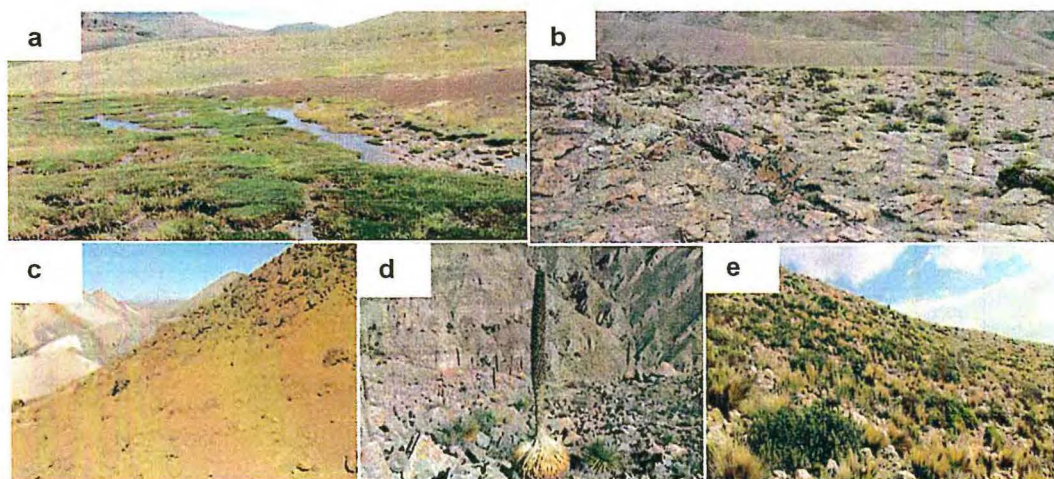


Figura 8-62. Hábitats representativos en el área de estudio: a) bofedal, b) roquedal, c) suelos crioturbados, d) rodal de *Puya* y e) matorral mixto



Vertical handwritten notes on the left margin, including 'D.P.' and 'D. P. B. R.' with arrows pointing to the stamp and other parts of the page.



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

En cuanto a la evaluación de herpetología, se registraron dos especies de anfibios, la rana *Telmatobius peruvianus* (Familia Telmatobiidae) y el sapo *Pleurodema marmoratum* (Familia Leptodactylidae), ambas registradas solo en la microcuena Agani-Ansamani. Entre los reptiles se registró la lagartija *Liolaemus cf. signifer* (Familia Liolaemiidae) que fue la especie más abundante y que presentó mayor distribución habiéndose registrado en las microcuencas Agani-Ansamani e Itapallone (sector Corire).

Estas 3 especies también fueron registradas durante evaluaciones previas realizadas en el área de estudio, donde además se registraron 2 especies más: el anfibio *Rhinella spinulosa* (Familia Bufonidae) hallado en el sector Corire de la microcuena Itapallone⁶⁹ y la culebra altoandina *Tachymenis peruviana* (Familia Colubridae) registrada en el ámbito de la quebrada Agani, a un kilómetro de la zona de evaluación EF 1 en la microcuena Agani-Ansamani⁷⁰. Constituyendo así un total de 5 las especies que conforman la comunidad de la herpetofauna en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel.

El esfuerzo de muestreo realizado fue adecuado, con un total de 49,16 horas-hombre, invertidos en la evaluación en 28 búsquedas por encuentro visual (VES) y 9 transectos en hábitats acuáticos los cuales se distribuyeron dentro del área de influencia ambiental del proyecto. Las curvas de acumulación indicaron una representación del 100% de las especies potenciales presentes en el área de estudio. Las 2 especies que no fueron registradas en esta evaluación parecen tener una abundancia baja con solo 1 o 2 individuos registrados por especie y una distribución restringida a los puntos donde fueron hallados anteriormente, los cuales están alejados en al menos 1 km de distancia de los ecosistemas frágiles y zonas evaluadas.

Las aves son un componente importante en la estructura de los ecosistemas, la diversidad de sus formas, su complicada e interesante conducta, el misterio de su migración y, sobre todo la facilidad con que son observadas, las convirtieron en un grupo clave en el desarrollo de las ciencias biológicas. La presencia de las especies de aves está estrechamente relacionada con la condición del hábitat, pues muchas son muy sensibles a cambios mínimos en ellos, por lo cual se les considera como buenos indicadores de perturbación (Ahumada, 2001).

Esta evaluación permitió registrar un total de 45 especies, 44 registradas en los transectos y 1 mediante las cámaras trampa. Se logró incrementar la riqueza de especies del área de influencia del PM San Gabriel, puesto que se registró 4 especies no identificadas en estudios anteriores. Estas especies fueron *Asthenes dorbignyi* «canastero de pecho cremoso», *Diglossa brunneiventris* «pincha-flor de garganta negra», *Nothoprocta ornata* «perdiz cordillerana» y *Phrygilus fruticeti* «fringilo de pecho negro» (Anexo C). Esto indicó que el esfuerzo de muestreo fue representativo y a su vez que el área de estudio puede albergar más especies que las registradas.

La especie con mayor abundancia fue *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con un total de 115 individuos que representaron el 17,94 % del total, esta especie fue registrada en sólo dos microcuencas, la microcuena Agani-Ansamani y la microcuena Oyo Oyo, el hábitat donde se registró el mayor número de individuos fue el matorral mixto con 70 individuos. Capllonch y Moyano Wagner (2010) mencionan que *Phrygilus plebejus* es una especie abundante, registrándose incluso a



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including the name 'JMPB' at the bottom.

69 R. D. N° 287-2013-MEM-AAM «Segunda Modificación del estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del proyecto de exploración Chucapaca».
70 R. D. N° 099-2017-MEM-DGAAM «Estudio de Impacto Ambiental detallado del proyecto de explotación minera San Gabriel»



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

temperaturas bajo cero aún durante el día. Esta especie no es migratoria, forma grandes bandadas invernales. Posiblemente la abundancia y frecuencia de esta especie, pueda deberse a su fácil adaptabilidad a los ecosistemas y a sus variaciones, así como su tipo de dieta, la cual es mixta, y está conformada por pequeños insectos, invertebrados y algunas plantas, permitiéndole de esta forma vivir y desarrollarse de la mejor manera, logrando así tener un recambio poblacional óptimo y de esta manera preservar la especie (Figura 8-63).

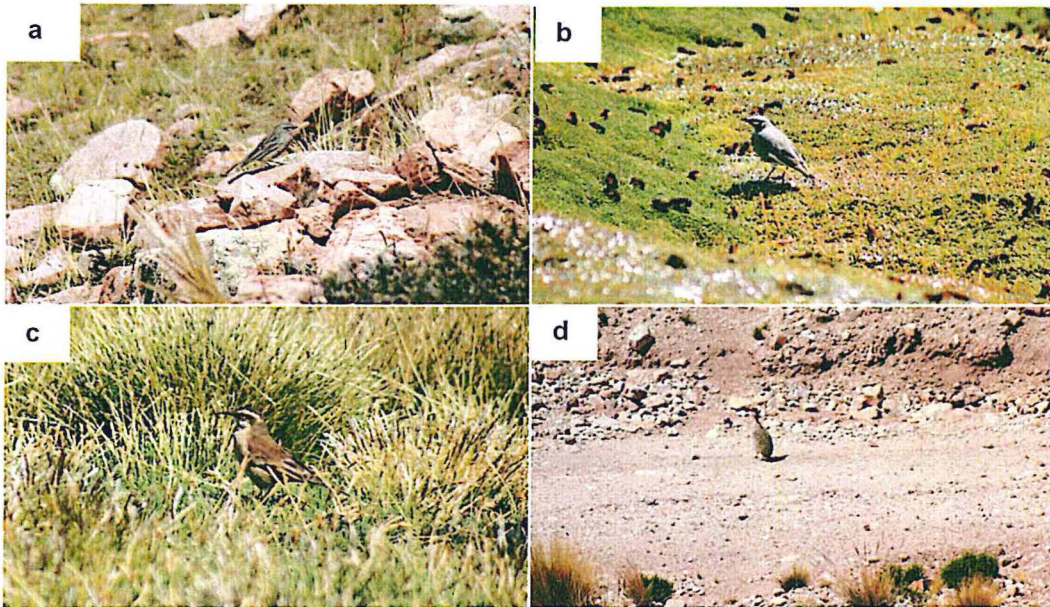


Figura 8-63. Especies de aves registradas en el área de estudio
a) *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo», **b)** *Diuca speculifera* «diuca de ala blanca», **c)** *Cinclodes albiventris* «churrete de ala crema», **d)** *Nothoprocta ornata* «perdiz cordillerana»

La microcuenca con mayor riqueza y abundancia de aves fue Agani-Ansamani con 37 especies y 581 individuos. La importancia de esta microcuenca radica en la presencia de los hábitats más representativos como el bofedal, matorral mixto y roquedal, las cuales presentan distintas características geográficas, paisajísticas y composición vegetal, todo ello favoreció la presencia de la mayor diversidad registrada en el área de estudio. La microcuenca Oyo Oyo fue la siguiente, con 13 especies y 49 individuos y por último, la microcuenca Itapallone (sector Corire), con 6 especies y 11 individuos. Es importante indicar que, en estas últimas microcuencas, se evaluó solo un tipo de hábitat.

En cuanto a los mamíferos silvestres en el área de estudio se registraron un total de 6 especies mediante el método de recorridos por transectos y 4 especies por medio de registros fotográficos con cámaras trampa (Figura 8-64), representando más del 50 % de las 11 especies registradas mediante el método de recorridos y entrevistas en la Línea Base⁷¹.

El esfuerzo de muestreo realizado fue de 14 transectos o recorridos, abarcando un total de 20,8 km en un tiempo de 21 horas, considerando que la razón del recorrido fue de 1,0 a 1,5 km/hora (Peres, 1999; Wallace, 1999). Esta evaluación se desarrolló

71 R. D. N° 099-2017-MEM-DGAAM «Estudio de Impacto Ambiental detallado del proyecto de explotación minera San Gabriel»

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



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

en las microcuencas: Itapallone (sector Corire Zona I) y Agani-Ansamani, donde que en cada zona se evaluaron bofedales y hábitats asociados (EF 1, EF 2, EF 3 y EF 4).

Mediante el análisis de la curva de acumulación de especies, considerando sólo las 6 especies registradas mediante 14 recorridos, se ha logrado obtener, que el esfuerzo de muestreo fue óptimo; ya que permitió registrar el 90 % del total de especies potenciales para el área de estudio. Información que fue sostenida por medio de la evaluación con cámaras trampa; las cuales son una herramienta muy útil para el muestreo y monitoreo de poblaciones de especies raras, debido a que permiten ampliar nuestras observaciones de las especies en el tiempo y el espacio sin interferir con su conducta (Lynam, 2002; Karanth y Nichols, 2002; Karanth *et al.*, 2004; Silver, 2004; Kays y Slauson, 2008).

El esfuerzo de muestreo realizado mediante la metodología de cámaras trampa fue de 145 trampas-noche que involucró un periodo de 14-15 días, confirmandose la presencia de 4 especies de difícil observación en campo, a diferencia de las metodologías usadas en la Línea Base⁷², que estuvieron basadas en recorridos y entrevistas a pobladores locales, donde se reportaron 11 especies de mamíferos mayores silvestres.

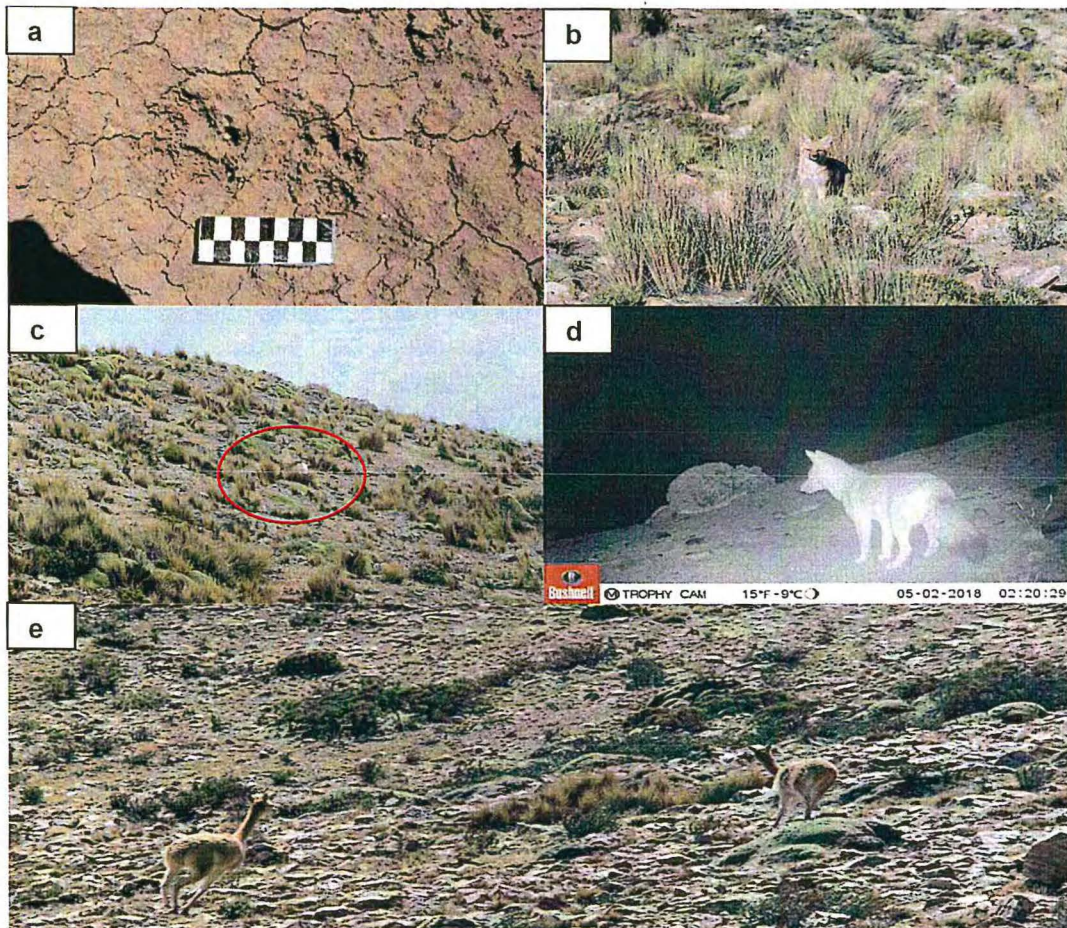


Figura 8-64. Registro de mamíferos en el área de estudio
a) Huella de *Puma concolor* «puma», **b)** *Lycalopex culpaeus* «zorro», **c)** *Hippocamelus antisimensis* «taruca», **d)** Registro de *Lycalopex culpaeus* «zorro» mediante cámara trampa y **e)** *Vicugna vicugna* «vicuña»



Vertical handwritten text and signature on the left margin.



a) Microcuenca Agani-Ansamani

En esta microcuenca se evaluaron los principales bofedales y hábitats asociados (matorral mixto y roquedal) en el área de estudio.

Los bofedales presentes en la zona son de origen natural y su flujo de agua estaría regulado por manantiales y las quebradas que le dan nombre a cada bofedal o zona de evaluación. Este tipo de hábitat destaca debido a la biodiversidad que alberga, ya que ofrecen refugio y son fuente de alimentación a diversas especies de fauna, muchas de las cuales son consideradas especies endémicas (Tellería *et al.*, 2006; Anthelme *et al.*, 2014; Maldonado, 2014), siendo particularmente importantes para la conservación de anfibios ya que brindan condiciones de humedad y hábitats adecuados para su reproducción y sobrevivencia (Vilca, 2016).

En cuanto a los anfibios y reptiles, los bofedales constituyeron el hábitat más diverso, fue el único en el cual se hallaron las 3 especies registradas en el área de estudio, por lo cual obtuvo los valores más altos de los índices de diversidad. Los anfibios fueron los más abundantes en este hábitat, siendo la especie predominante la rana *Telmatobius peruvianus*, que estuvo restringida a los bofedales y que no fue hallada en otros cuerpos de agua. Las otras 2 especies presentaron baja abundancia en los bofedales evaluados.

La rana *Telmatobius peruvianus* registró una abundancia total de 54 adultos y 349 renacuajos en diferentes estadios de desarrollo. Las zonas con mayor abundancia de adultos fueron Jamochini (EF 1) y Japucucho-Agani 2 (EF 4). En la zona Agani-Ansamani (EF 3) se registró el mayor número de renacuajos. La distribución de la abundancia de *T. peruvianus* en bofedales parece responder al estado de conservación y características físicas, las cuales se describen posteriormente. La evaluación de transectos fue la metodología con la que se registró el mayor número de individuos de esta especie, por lo que es recomendable para su monitoreo, ya que los microhábitats que ocupa (vegetación acuática, bajo piedras, huecos en quebradas y pozas profundas), así como su coloración críptica (pueden ser fácilmente confundidos con piedras) dificultan su registro mediante la evaluación de VES (Figura 8-65).

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, así como características ecológicas y de historia natural, esta especie podría ser considerada como una especie sensible propia de los bofedales, ya que su distribución en el ámbito del proyecto se restringe a este hábitat y es categorizada como una especie Vulnerable (VU). Considerando además que según la evaluación de impactos del proyecto se prevé que al menos 3,4 ha de la cobertura de bofedal serán ocupadas por infraestructura, en las localidades Agani 3 y Jamochini⁷³, que se encuentran cerca de las zonas EF 1 y EF 3, que fueron las que presentaron mayor abundancia de *Telmatobius peruvianus*.



JCM PA



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

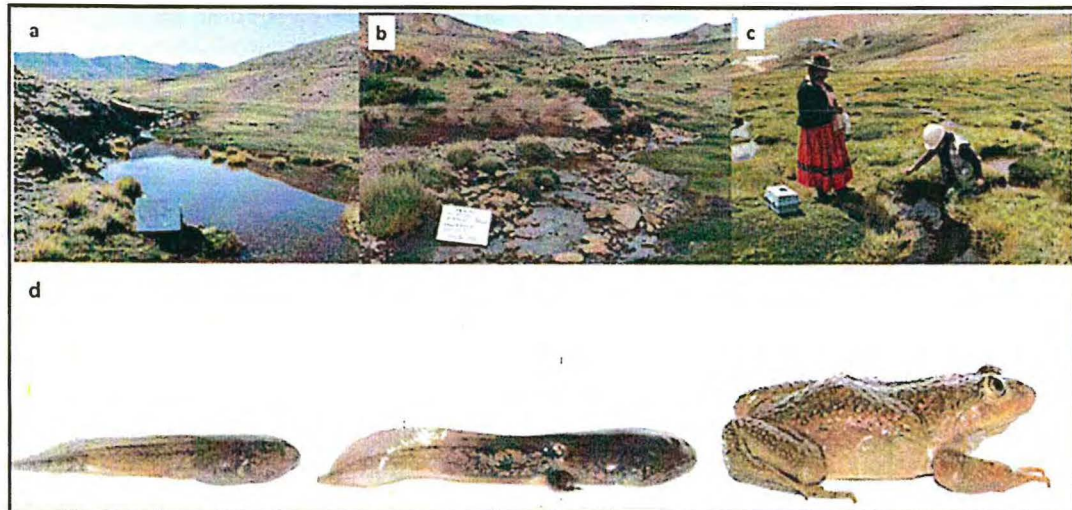


Figura 8-65. *Telmatobius peruvianus* (Familia Telmatobiidae)

Hábitats de la especie: **a)** pozas, **b)** cuerpos de agua corriente, **c)** muestreo de transectos en hábitats acuáticos, **d)** diferentes estadios de desarrollo, prematomórficos y una hembra adulta.

La especie menos abundante fue el sapo *Pleurodema marmoratum* que registró un total de 20 individuos adultos y 102 renacuajos. Esta especie se distribuyó solo en la microcuenca Agani-Ansamani, donde estuvo presente en todos los EF evaluados (Figura 7-7 y 7-8). Los adultos se encontraron bajo piedras o cojines de vegetación, en los hábitats de bofedal y matorrales mixtos (Figura 7-3); por el contrario, los renacuajos estuvieron presentes solo en el hábitat de bofedal (Figura 7-4), en pozas de agua estacionales de poca profundidad cerca al borde externo del bofedal que parecen ser sus zonas preferidas de reproducción (Figura 8-66). Esta especie fue registrada únicamente mediante la evaluación de VES y no está considerada en alguna categoría de amenaza, debido a su amplia distribución geográfica y población global (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2015). Sin embargo, al igual que muchos anfibios es una especie con baja capacidad de dispersión o vagilidad (Duellman y Trueb 1994; Beebee, 1996), por lo que puede ser fácilmente afectada por la perturbación y cambio de hábitat.



Vertical handwritten text and signatures on the left margin, including the name 'M. P. A.' and other illegible characters.

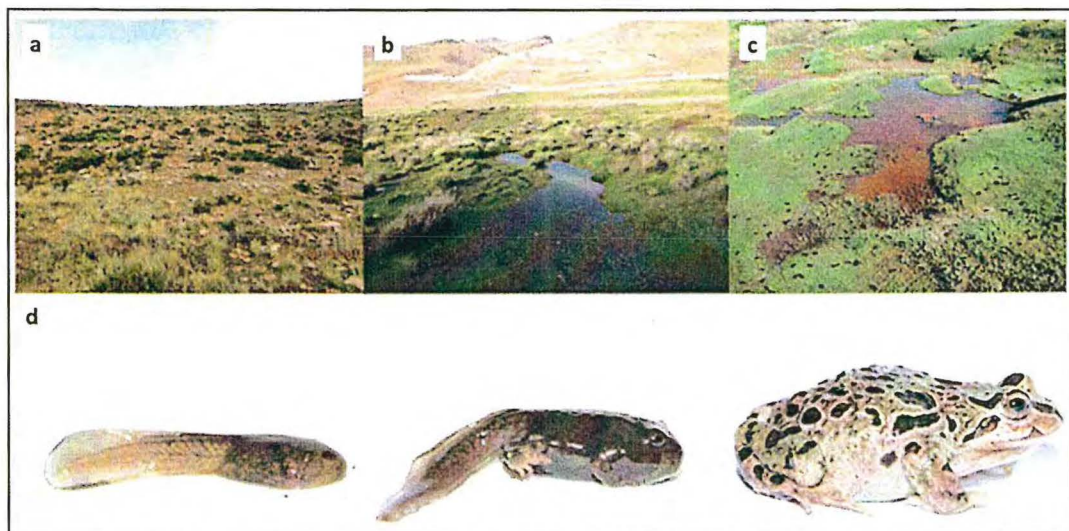


Figura 8-66. *Pleurodema marmoratum* (Familia Leptodactylidae)

Esta especie se registró en **a)** matorrales mixtos, **b)** y **c)** pozas estacionarias de bofedales, **d)** estadios de desarrollo, prematomórficos y adultos de la especie



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

Los matorrales mixtos que se encuentran en las laderas medias de las montañas que rodean los bofedales, fueron los hábitats donde se concentró la mayor abundancia de las lagartijas *Liolaemus cf. signifer* (17 individuos) y también albergó una abundancia importante del sapo *Pleurodema marmoratum* con 9 individuos adultos. Los matorrales son hábitats heterogéneos, presentan una cobertura de suelo variable compuesta por vegetación cespitosa y/o acompañada de piedras, que brindan refugio y alimentación para estas especies, que se caracterizan por tener una baja capacidad de respuesta locomotora frente a perturbaciones de su medio por lo cual podrían ser afectadas por el desbroce de vegetación y pérdida de hábitat, causada por el emplazamiento de futuros componentes mineros.

La especie más abundante de los anfibios y reptiles fue la lagartija *Liolaemus cf. signifer* con un total de 59 individuos registrados únicamente mediante VES, en todos los tipos de hábitats, pero mostró su mayor abundancia y frecuencia en el matorral mixto y roquedal (Figura 8-67). Lo cual responde a que, en estos hábitats encuentran condiciones para su desarrollo, tales como la disponibilidad de refugios y madrigueras, superficies adecuadas para la termorregulación y disponibilidad de alimentos. En general, las especies de este género presentan altas abundancias locales con densidades de hasta 375-400 individuos por hectárea de *Liolaemus signifer* en localidades de Bolivia; sin embargo, parecen preferir ambientes poco perturbados evitando zonas de cultivos y ganadería (Pacheco, 1988; De la Gálvez y Pacheco, 2009).

Los roquedales que se encontraron en las zonas más altas de las montañas que rodean los bofedales, fueron los hábitats menos diversos en cuanto a la herpetofauna, en estos solo se registró la especie *Liolaemus cf. signifer*, presentando una abundancia de 12 individuos, al igual que los matorrales mixtos. Estos hábitats son importantes para la conservación de especies del género *Liolaemus* porque brindan las condiciones adecuadas de refugio, termorregulación y alimentación.



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

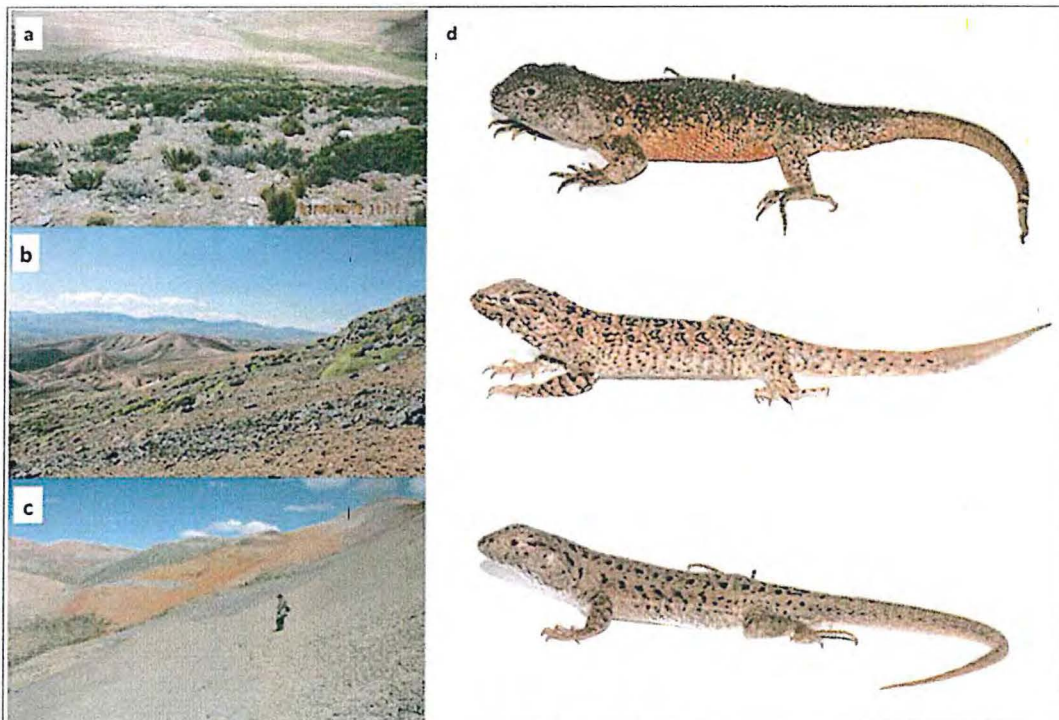


Figura 8-67. *Liolaemus cf. signifer* (Familia Liolaemidae)
Hábitats donde esta especie fue abundante: a) matorrales mixtos, b) roquedales y c) suelos crioturbados, d) patrones de coloración



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

En cuanto a las aves el hábitat de bofedal registró la mayor riqueza de especies (30 especies). El estudio más amplio respecto a la relación entre las especies y los hábitats que estas prefieren o frecuentan, fue realizado por Stotz et al. (1996), indicando que algunas especies de aves son típicas de bofedales. Asimismo, Gibbons et al. (2016), establecieron asociaciones de las aves con su hábitat incluyendo los bofedales de la zona altoandina del centro y sur del Perú. En el PM San Gabriel se han registrado especies que prefieren los bofedales como *Gallinago andina* «becasina de la puna», *Attagis gayi* «agachona de vientre rufo» y especies terrestres como *Muscisaxicola juninensis*, *M. cinereus*, *M. flavinucha*, pero que a la vez frecuentan otros hábitats. Estas especies, según Stotz et al. (1996), son especies que tienen una asociación directa con los bofedales que podría deberse, en primer lugar, al tipo de dieta alimenticia de las aves la cual está compuesta por insectos y, en segundo lugar, a ciertos factores como humedad, temperatura y a la estructura de la vegetación (Figura 8-68).

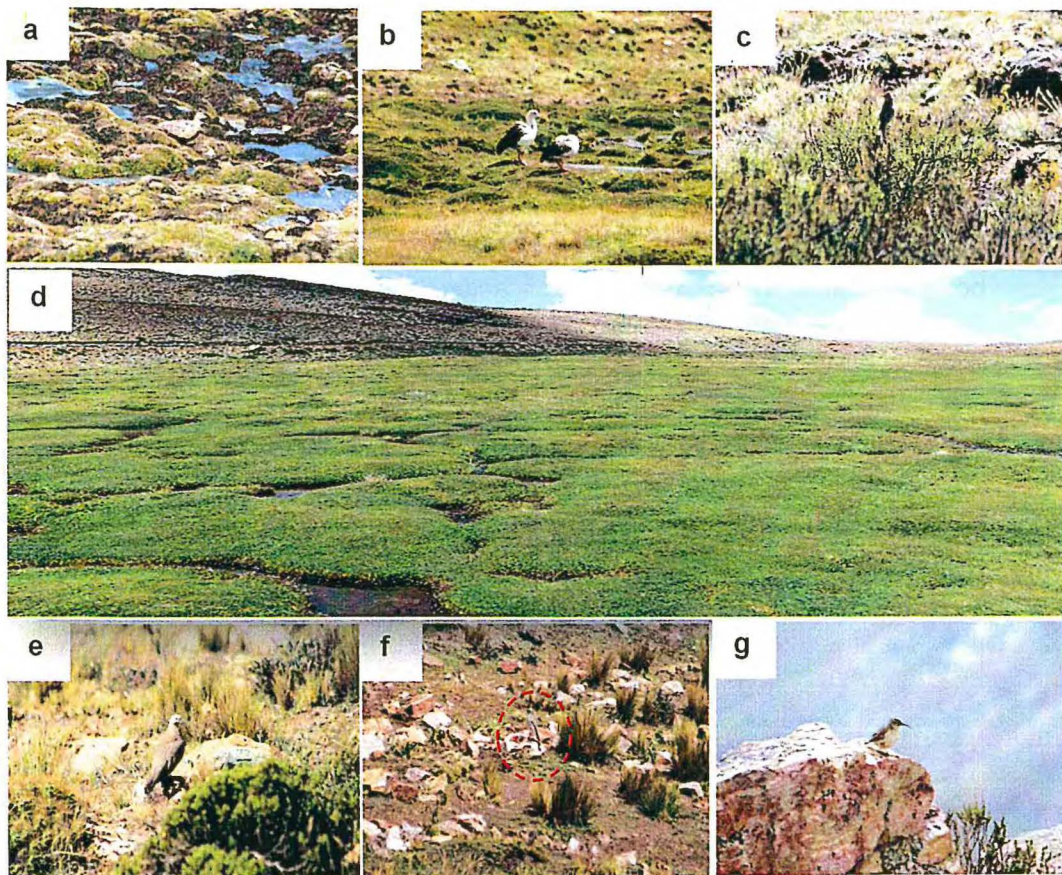


Figura 8-68. Especies de aves del hábitat bofedal en la microcuenca Agani-Ansamani
a) *Attagis gayi* «agachona de vientre rufo», b) *Oressochen melanopterus* «cauquén huallata», c) *Leptasthenura andicola* «tijeral de corona castaña», d) Vista panorámica del bofedal, e) *Metriopelia melanoptera* «tortolita de ala negra», f) *Muscisaxicola flavinucha* «dormilona de nuca ocrácea» y g) *Upucerthia validirostris* «bandurrita de Jelski»

La especie *Gallinago andina* «becasina de la puna», es una especie acuática cuyo hábitat preferido son los bofedales (Stotz et al., 1996; Gibbons et al., 2016), esta información se corrobora con los datos obtenidos en la evaluación, pues de los cinco hábitats evaluados, el único donde se ha reportado un individuo de *G. andina*, fue en el bofedal Ceniguillayoc-Quilcata (EF 2), ubicado en la microcuenca Agani-Ansamani (Figura 8-69).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including an arrow pointing up and several illegible signatures.



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

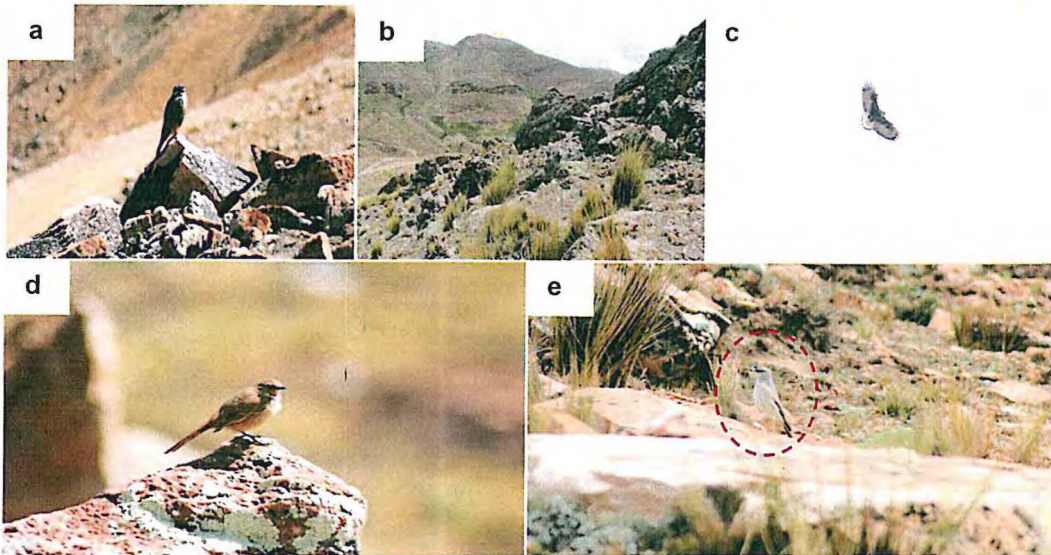


Figura 8-72. Especies de aves del hábitat matorral mixto en la microcuenca Agani-Ansamani
a) *Falco femoralis* «halcón aplomado», **b)** Vista panorámica del roquedal, **c)** *Geranoaetus polyosoma* «aguilucho variable», **d)** *Asthenes modesta* «canastero cordillerano» y **e)** *Muscisaxicola frontalis* «dormilona de frente negra»

Para el caso de mamíferos silvestres en esta microcuenca se evaluaron 4 EF (EF 1, EF 2, EF 3 y EF 4), mediante 12 recorridos o transectos, logrando cubrir 17,9 km con una inversión de tiempo de 17 horas y 15 minutos. Además, se instalaron 9 cámaras trampa, y mediante estas dos metodologías se logró registrar el mayor número de especies de mamíferos silvestres (5 especies). Estas zonas fueron evaluadas por su cercanía al área propuesta para la actividad minera⁷⁴ y al predominio de formaciones rocosas, vegetación de matorral mixto y bofedal, en los cuales se incrementa la posibilidad de un registro más diverso de especies de mamíferos silvestres.

Las especies registradas fueron *Lagidium viscacia* «vizcacha», *Puma concolor* «puma», *Lycalopex culpaeus*, «zorro», *Conepatus chinga* «zorrino o añas» y *Vicugna vicugna* «vicuña», que generalmente se encuentran habitando estos lugares. Los registros se obtuvieron mediante recorridos o transectos por observaciones directas (avistamientos) e indirectas (huellas, heces, rastros de alimentación, etc.) según Wilson *et al.* (1996) y Voss y Emmons (1996), los cuales en combinación con el uso de cámaras trampa permiten obtener la mayor información posible de registros de especies de mamíferos silvestres en un corto periodo (Figura 8-73).

La presencia de especies carnívoras como el zorro andino *Lycalopex culpaeus* en las zonas altoandinas se sustenta en diversos estudios dietarios que determinaron que es una especie generalista y oportunista; siendo facultativamente carnívora dependiendo de la disponibilidad de presas presentes en su rango de distribución y de los efectos de la estacionalidad (Redford y Eisenberg, 1992; Romo, 1995).

Las especies de mamíferos mayores como *Lycalopex culpaeus*, *Puma concolor* y *Vicugna vicugna*, aprovechan las grandes extensiones, característica de las zonas altoandinas para dispersarse, alimentarse e incluso como área de refugio (Pearson, 1948).



Handwritten signature and date: 10/10/17

74

R. D. N° 099-2017-MEM-DGAAM «Estudio de Impacto Ambiental detallado del proyecto de explotación minera San Gabriel»



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

La vizcacha *Lagidium viscacia* se distribuye en zonas de desierto costero, serranía esteparia, puna y yungas (Pacheco *et al.*, 2009). Es una especie de roedor herbívoro presente en áreas montañosas rocosas, que habita en grietas de los acantilados profundos y en estrechos túneles de piedra, los cuales ofrecen refugio y sitios de anidación (Werner *et al.*, 2006).

El zorrino *Conepatus chinga* presenta una amplia distribución en la parte central y sur de los Andes de Perú y Bolivia (Eisenberg y Redford 1999), en la serranía esteparia, la puna, las yungas y la selva baja (Pacheco *et al.*, 2009). Esta especie tiene hábitos de alimentación nocturnos y consume principalmente invertebrados (arácnidos e insectos) del suelo y subsuelo, incluyendo ocasionalmente en su dieta pequeños mamíferos, huevos y volantes. Suele aislarse en los bosques, arbustos, zonas rocosas y pendientes durante los periodos de descanso (Emmons y Helgen, 2008).

El Puma *concolor* tiene una extensa distribución a lo largo del continente americano encontrándose en una amplia variedad de hábitats entre el nivel del mar y los 5800 m de altitud (Currier, 1983; Eisenberg y Redford, 1999).

La vicuña *Vicugna vicugna* probablemente es la especie nativa de mayor potencial económico para el país y podría manejarse de manera sostenida para el beneficio de las comunidades locales del país (Pacheco, 2002). La perturbación y destrucción del hábitat es la principal amenaza actual de esta especie (Pacheco, 2002). Por el contrario, los carnívoros como el zorro y el puma son considerados como especies perjudiciales y peligrosas para el ganado de los pobladores locales, por esta razón reciben una fuerte presión de caza y están altamente amenazados (Novaro, 1997).



Vertical handwritten notes and arrows on the left margin.

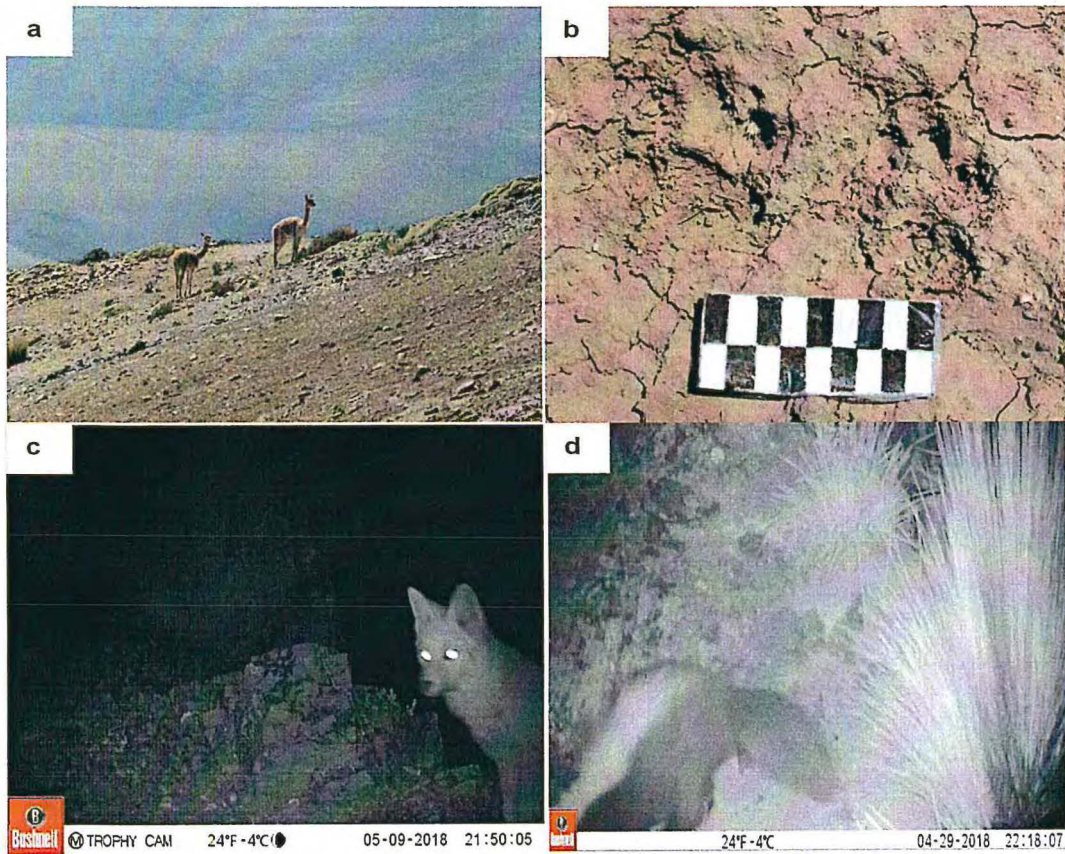


Figura 8-73. Registro de mamíferos en la microcuenca Agani-Ansamani
a) Registro de *Vicugna vicugna* «vicuña», b) Huella de *Puma concolor* «puma», c) Registro de *Lycalopex culpaeus* «zorro», d) *Conepatus chinga* «zorrino o añás»

Handwritten signature at the bottom left.



b) Microcuenca Itapallone (Sector Corire)

En esta microcuenca se evaluaron principalmente las zonas de mayor altitud donde predominan las formaciones rocosas y suelos crioturbados que se caracterizan por estar sujetos a una sucesión continua de hielo y deshielo que le confieren características únicas que favorecen la presencia de vegetación propia de estos hábitats. Los matorrales mixtos se extienden en las laderas que rodean la quebrada Atiñayoc y estuvieron compuestas por vegetación achaparrada y pajonal.

En cuanto a la herpetofauna se registró únicamente la especie *Liolaemus cf. signifer*, es aquí donde presentó su mayor abundancia relativa con 3,48 individuos registrados por hora-hombre (12 individuos). Esta especie se registró en los tres hábitats evaluados, los roquedales brindan refugio a las lagartijas y los suelos crioturbados que rodean estas formaciones, constituyen hábitats abiertos que brindan otros substratos de termorregulación y zonas de alimentación. Sin embargo, los dos tipos de hábitat presentaron bajas abundancias con un total de 3 y 4 individuos respectivamente. Por el contrario, la mayor abundancia de esta especie se registró en los matorrales mixtos, que parecen ofrecer mayor complejidad de microhábitats.

Si bien esta zona de evaluación se encuentra alejada del área efectiva del proyecto, es necesario tener en cuenta que, dadas las características de la topografía que presenta pendientes fuertes, en caso se realicen construcciones o intensa actividad de transporte en las zonas altas, podrían producirse deslizamientos que generarían perturbación y pérdida de hábitat en las laderas, afectando así a las poblaciones de lagartijas que albergan. En otras especies de *Liolaemus* se evidenciaron cambios en la estructura de sus poblaciones debido al efecto de actividades humanas como la construcción de carreteras y urbanizaciones (Vega *et al.*, 2000; Labra, 1999), lo que es un indicativo de la sensibilidad de las lagartijas de este género al cambio y perturbación de sus hábitats, debido a su baja capacidad de dispersión.

Mediante la instalación de un transecto se evaluó la quebrada Atiñayoc, donde no se registró ninguna especie de anfibio. Sin embargo, evaluaciones previas realizadas en la zona de estudio, evidenciaron la presencia del sapo *Rhinella spinulosa* (Familia Bufonidae) cerca al poblado de Corire⁷⁵. En esta zona, la quebrada Apacheta-Corire, que se encuentra fuera del área de influencia del PM San Gabriel, podría albergar una composición de especies similar al de la microcuenca Agani-Ansamani (EF 1, EF 2, EF 3, EF 4), debido a sus características de humedad y vegetación.

En relación con las aves, en la microcuenca Itapallone (sector Corire Zona I) se registró un total de 6 especies y 11 individuos. En esta microcuenca se evaluó 2 tipos de hábitats, roquedal y suelos crioturbados. En el roquedal se registraron un total de 5 especies, mientras que, en el hábitat de suelos crioturbados se registró solo una especie (Figura 8-74). Las condiciones geográficas, sumada a las bajas temperaturas, la intensa radiación solar, y otros factores edáficos y climáticos, hacen que la vegetación que colonizan estos hábitats sea diferente a la encontrada en los bofedales y matorrales mixtos, principalmente en cuanto a su diversidad, estructura, fisiología y ecología.

Durante la evaluación en el hábitat de suelos crioturbados de esta zona, se observó que las variables temperatura, radiación, suelo, entre otras mencionadas influenciaron directamente a la vegetación presente, y por ende a la avifauna característica de estos



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including a large arrow pointing upwards and various initials.

75

R. D. N° 099-2017-MEM-DGAAM «Estudio de Impacto Ambiental detallado del proyecto de explotación minera San Gabriel»



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

hábitats, debido a ello sólo se registró una especie de ave, *Orochelidon andecola* «golondrina andina».

La microcuenca Agani-Ansamani presentó la mayor cantidad de hábitats (roquedal, bofedal, matorral mixto) logrando una mixtura de ecosistemas que ha permitido la presencia de la mayor diversidad de aves; la microcuenca Oyo Oyo, a pesar de presentar un solo tipo de hábitat (rodal de *Puya*) registró también una importante diversidad de especies, esto se debe a que el rodal de *Puya* corresponde a un hábitat particular con determinadas características que permiten la presencia de diversas aves.

En cambio, la microcuenca Itapallone a pesar de presentar 2 tipos de hábitats, roquedal y suelos crioturbados, no presentó una gran diversidad de especies, esto podría deberse a lo mencionado por Cueto (1996) que indica que la estructura de la vegetación influye en la selección de hábitats por las aves y, presumiblemente, esto se asocia a recursos críticos como alimento, sitios de nidificación y protección contra predadores y aves parásitas de nidos. Estas condiciones influyen en la distribución y abundancia de las aves, las cuales están más asociadas a hábitats con mayor vegetación por las bondades que ofrecen en comparación con los roquedales o suelos crioturbados que tienen poca vegetación (Figura 8-74).

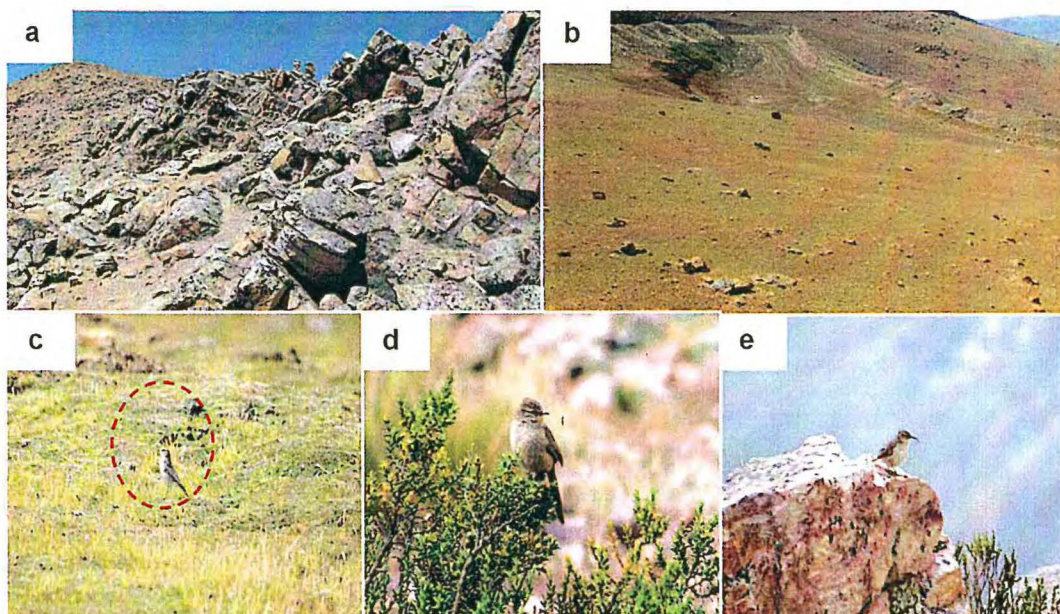


Figura 8-74. Especies de aves registradas en la microcuenca Itapallone (sector Corire)
a) Vista panorámica del hábitat roquedal, b) Vista panorámica del hábitat suelos crioturbados, c) *Muscisaxicola juninensis* «dormilona de la puna», d) *Asthenes modesta* «canastero cordillerano», e) *Upucerthia validirostris* «bandurrita de Jelski»

En cuanto a los mamíferos silvestres se registraron en total 4 especies, de las cuales 3 fueron registradas mediante los recorridos o transectos y mediante el uso de una cámara trampa, se logro confirmar la presencia de 2 de las especies avistadas en los recorridos (*Lycalopex culpaeus* «zorro» y *Vicugna vicugna* «vicuña») y se adicionó la especie *Conepatus chinga* «zorrino o áñas», no registrada en los recorridos.

Una de las especies que destacó en esta zona fue *Hippocamelus antisensis* «taruca» el cual habita los Andes, desde el norte de Perú hasta el norte de Argentina y Chile, utiliza un rango altitudinal de 2000-3500 m s.n.m. y al sur de su distribución hasta 3500-5000 m s.n.m. en Perú y Bolivia (Thornback y Jenkins, 1982; Barrio, 1999) y vive



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



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

en grupos ocupando roquedales que se encuentran entre pastizales y pajonales (Roe y Rees, 1976; Merkt 1987; APECO, 1996; Barrio, 1999), pero también puede ser visto en forma solitaria.

Esta zona se encuentra dentro del área de influencia (sector parte alta Atiñayoc-Corire), se observó poca actividad antropica, por ello es probable que presentó mayor diversidad con 1,04 bits/individuo, en donde la riqueza estuvo conformada por 3 especies, con una abundancia de 12 individuos, observaciones obtenidas mediante los registros directos por cámaras trampa (Figura 8-75).

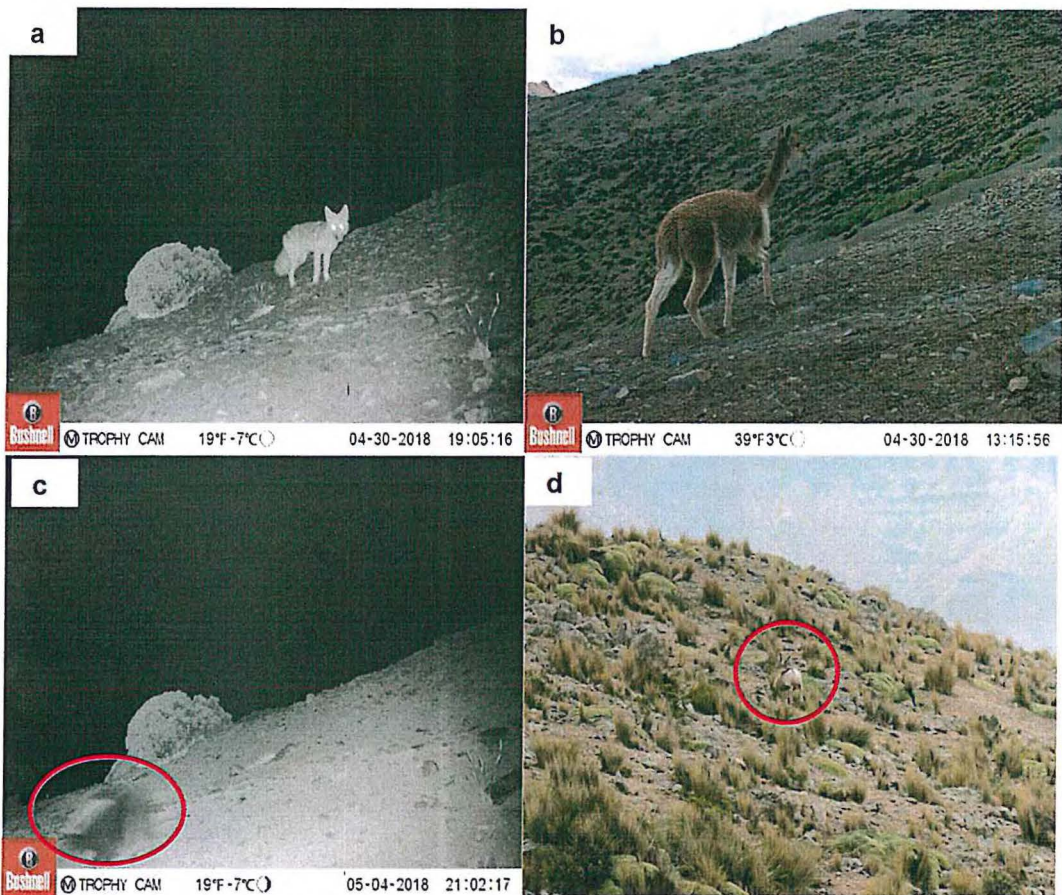


Figura 8-75. Registro de mamíferos silvestres en Itapallone (sector Corire Zona I) mediante la cámara trampa SGFaCT-10: **a)** *Lycalopex culpaeus* «zorro», **b)** *Vicugna vicugna* «vicuña», **c)** *Conepatus chinga* «zorrino o añás» y **d)** *Hippocamelus antisensis* «taruca»

c) Microcuenca Oyo Oyo

En la microcuenca Oyo Oyo (EF 5) se evaluó un solo tipo de hábitat, que corresponde al rodal de *Puya*. Montesinos (2014) indica que la *Puya raimondi* es una especie que se distribuye en rodales o pequeños bosques en algunas regiones andinas del Perú y Bolivia entre los 3200 a 4800 m de altitud. Ubicadas sobre terreno rocoso, en laderas de montañas con poca vegetación. Debido a ello, aprovechan mejor las horas de luz, permitiendo una mayor fotosíntesis y mejorando las condiciones de este hábitat.

En el rodal de *Puya* se registraron 13 especies de aves, destacando *Psilopsiagon aurifrons*, *Asthenes dorbignyi*, *Phrygilus plebejus*, *Diglossa brunneiventris*, *Phrygilus*



Handwritten signatures and initials in blue ink, including an arrow pointing upwards and the name 'DM PAZ' at the bottom.



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

fruticeti, *Oreotrochilus estella*, las cuales aprovechan los beneficios del rodal como las inflorescencias las cuales sirven de alimento para picaflores y pinchaflores, presencia de vegetación arbustiva, cuyos frutos sirven de alimento para algunos loros altoandinos, presencia de insectos, que forman parte de la dieta de las aves insectívoras, así como zonas de nidificación, refugio y descanso, lo que ha favorecido una estrecha relación entre las especies registradas y el hábitat, convirtiéndola en una zona de importancia para la conservación (Figura 8-76).

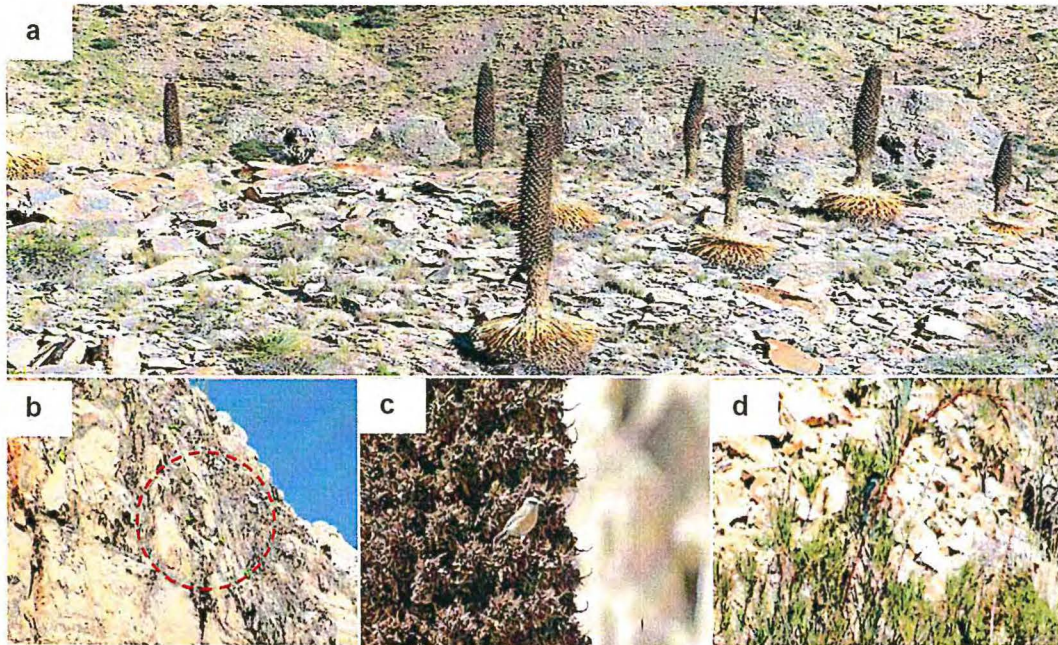


Figura 8-76. Especies de aves en el hábitat rodal de Puya en la microcuenca Oyo Oyo (EF 5)

a) Vista panorámica del rodal de Puya, b) *Psilopsiagon aurifrons* «perico cordillerano», c) *Ochthoeca oenanthoides* «pitajo d'Orbigny» y d) *Diglossa brunneiventris* «pincha-flor de garganta negra»

En el rodal de Puya ubicado en el área de estudio se registraron 5 individuos de la especie *Asthenes dorbignyi* «canastero de pecho cremoso». Fjeldsa y Krabbe (1990) indican que esta especie es de hábitos solitarios o en pareja, que habitan en los bosques de *Polylepis*, densos o semidensos, también utilizan los rodales de Puya, zonas de matorral o cactáceas columnares. Esta especie se reagrupa en el mismo nido durante gran parte del año, a menudo se reúnen durante las perturbaciones y emiten alarmas subiendo y bajando la cola cerrada.

Durante la evaluación, se pudo observar a *Asthenes dorbignyi* sobre los rodales de Puya en búsqueda de alimento, merodeando los alrededores de los rodales, buscando insectos que completen su dieta, con una posición de alerta y emitiendo sonidos lo cual corrobora lo descrito por Fjeldsa y Krabbe (1990). La importancia de este registro radica, en que, esta especie de ave corresponde a un nuevo registro para la zona, convirtiéndolo al rodal de Puya en un área de importancia para las aves (Figura 8-77).



Handwritten notes and signatures on the left margin, including a vertical list of letters and a signature at the bottom.



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



Figura 8-77. Especie *Asthenes dorbignyi* «canastero de pecho cremoso» registrado en el hábitat rodal de *Puya*, microcuenca Oyo Oyo (EF 5)

Salinas *et al.* (2007) indican que, en el rodal de *Puya* del Parque Nacional Huascarán, 4 especies de aves se alimentan de sus tépalos y estambres: *Zonotrichia capensis*, *Phrygilus plebejus*, *P. punensis* y *P. unicolor* (Emberizidae). Estas observaciones muestran que estas aves afectan la reproducción de *Puya raimondii*, pues no permiten la maduración de los estambres de las flores, convirtiéndose así en un recurso aprovechado de manera oportunista por estos emberzidos.

Durante la evaluación en el rodal de *Puya* cercano al PM San Gabriel se registraron 3 de las 4 especies mencionadas, *Phrygilus plebejus*, *P. punensis* y *Zonotrichia capensis*, a pesar de que el rodal no presentó inflorescencias, la presencia de estas especies quizás nos indica la existencia de una relación directa entre estas especies, generada por la forma oportunista en la que las aves aprovechan las flores de las inflorescencias, como también por la presencia de insectos propios de este hábitat, los cuales complementan la dieta de estas especies, por lo que es importante seguir evaluando este hábitat con el fin de especificar dicha relación.

d) Características en hábitats acuáticos

La evaluación de los transectos en hábitats acuáticos mostró que la presencia de la rana *Telmatobius peruvianus* está relacionada a características físicas de los cuerpos de agua. En el caso del pH, se halló mayor abundancia (> 1 individuo adulto) de esta especie en los cuerpos de agua con valores de pH cercanos al neutro entre 6,64 - 7,20 unidades (Figura 8-78) y una conductividad eléctrica (CE) baja (38,85 - 101,35 µS/cm). Valores similares se encontraron en las evaluaciones realizadas en los departamentos de Ayacucho⁷⁶ y Puno⁷⁷, donde la presencia de *Telmatobius* cf. *intermedius* y *Telmatobius* cf. *marmoratus*, respectivamente, estuvieron relacionados a cuerpos de agua con valores cercanos al pH neutro (6,8 - 7,2 unidades) y bajos valores de CE (20,70 - 154,15 µS/cm).

En otros estudios equivalentes en la región altoandina Watson *et al.* (2017) reportaron que valores promedio de CE 378,55 ± 95,64 µS/cm y pH de 8,38 ± 0,52 unidades favorecieron la ocurrencia de la especie *Telmatobius macrostomus*, en el departamento de Junín.

⁷⁶ Informe N.º 271-2018-OEFA/DEAM-STEAC «Evaluación ambiental temprana (EAT) en el área de influencia del proyecto minero Sancos de Apumayo S.A.C., en el distrito de Sancos, provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho, durante los años 2017 y 2018».

⁷⁷ Informe N.º 287-2018-OEFA/DEAM-STEAC, «Evaluación ambiental temprana (EAT) en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, durante los años 2017 y 2018».



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including an arrow pointing up and the name 'D. P. ...'.



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

Similar ocurre con la especie *Telmatobius culeus* que habita en orillas del lago Titicaca en Bolivia donde el pH varía entre 8,0 - 8,5 unidades (Genova 2015). Por el contrario, en la región del altiplano chileno, la especie *Telmatobius cf. philippii* es abundante también en manantiales y pozas con un pH ligeramente alcalino (8,0 - 8,7 unidades) pero valores de CE altos (3000 µS/cm) relacionados a salares altoandinos.

Aunque aún no se han determinado los niveles críticos de pH para anfibios de este grupo de especies, estudios realizados en hábitats de ecosistemas temperados mencionan que valores de pH ácidos menores a 4,5 unidades pueden frenar el desarrollo de algunas especies de ranas o en su defecto causar su mortalidad (Freda, 1986; Horne y Dunson, 1994; Sandinsky y Dunson, 1992). Lo que concuerda con los estudios mencionados anteriormente donde la presencia de *Telmatobius* está relacionada a ambientes con pH que tienden a valores neutros a ligeramente alcalinos, pero no a valores ácidos menores a 6 unidades. Incidiendo además en que la presencia de *T. macrostomus* y *T. cf. philippii* se vio afectada por la escorrentía de drenajes ácidos producidos por actividades mineras (Watson *et al.*, 2017; Lobos *et al.*, 2018).

No se registraron individuos en la quebrada Atiñayoc que presentó valores de pH ligeramente alcalinos (7,4 unidades) y una alta conductividad eléctrica (326,5 µS/cm), que según lo mencionado anteriormente parecen ser condiciones adecuadas para la presencia de anfibios. Sin embargo, la variación del pH que es cercano a la neutralidad en la temporada de avenida es ligeramente ácido en la temporada de estiaje (Anexo C), además la alta concentración de hierro y manganeso (Anexo C), que en este sector exceden los valores de los ECA para agua, podrían haber tenido un efecto en la presencia de esta especie, ya que la alta concentración de metales pesados en hábitats acuáticos es un factor que ha sido ampliamente implicado en la disminución de la población de anfibios y otros vertebrados de agua dulce como los peces (Hopkins y Rowe, 2010). Es necesario incrementar el esfuerzo de muestreo en esta localidad para descartar la presencia de esta especie.

Otro factor preponderante relacionado a la presencia de *Telmatobius peruvianus* en el área de estudio fue el índice hidromorfológico que asigna valores a las características de hábitats acuáticos en base al estado de conservación y heterogeneidad. Si bien *T. peruvianus* parece soportar niveles de perturbación moderados su abundancia fue menor en las localidades de Quilcata (EF 2) y Jamochini 2 (EF 1) donde se halló menor número de pozas en las quebradas evaluadas.

Finalmente se observó que la zona Agani-Ansami (EF 3) presentó mayor número de alpacas pastando durante las evaluaciones; sin embargo, en esta zona se registró una alta abundancia de *Telmatobius peruvianus*, por lo que parecería que la intensidad de pastoreo actual no tendría efecto directo sobre la población de esta especie pero podría afectar las poblaciones de las otras especies de herpetozoos como *Liolaemus cf. signifer* que hacen uso directo de los matorrales mixtos y que tienden a replegarse a los roquedales o laderas de mayor pendiente.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including an upward arrow and the name 'SMPA' at the bottom.



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

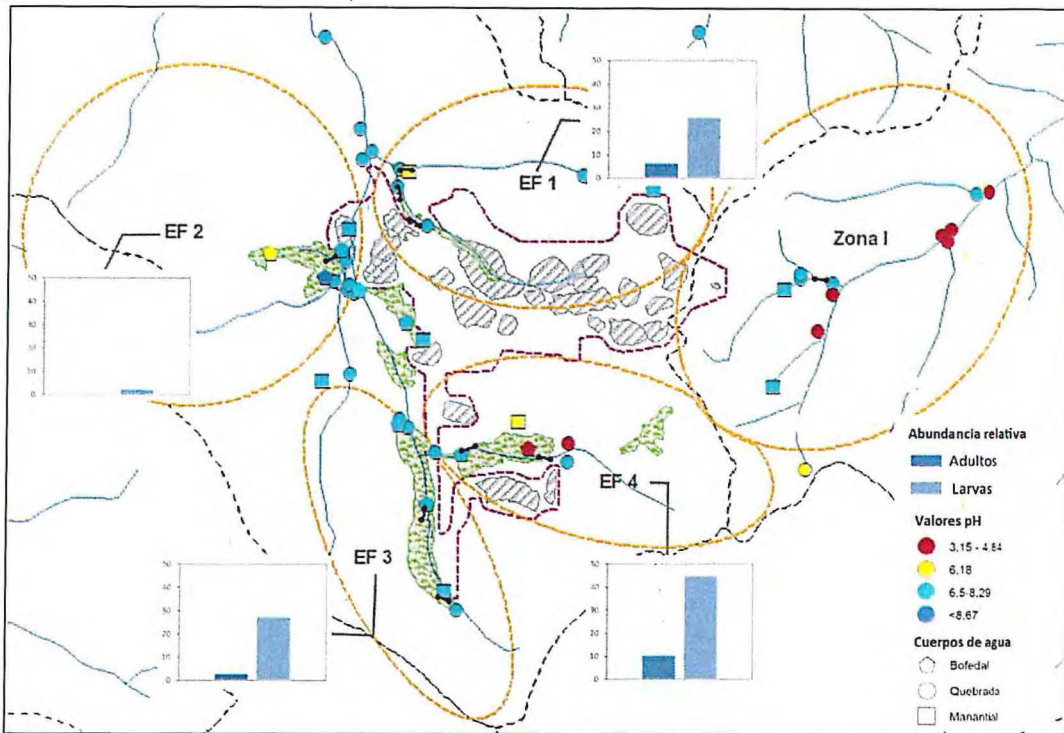


Figura 8-78. Abundancia relativa de adultos y larvas de *Telmatobius peruvianus* en cada una de las zonas de evaluación (EF) respecto a los valores de pH en el área de estudio

Especies amenazadas, migratorias, endémicas o de distribución restringida

En el área de influencia del PM San Gabriel, se registraron especies de fauna consideradas en alguna categoría de amenaza o endémicas.

En cuanto a la herpetofauna solo la rana *Telmatobius peruvianus* es la única especie que está listada como una especie Vulnerable, en la legislación peruana (D.S. N.º 004-2014-MINAGRI), el Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú y en la lista roja de especies amenazadas de la IUCN (2018). La mayoría de las especies de este género tienen como principal amenaza la contaminación y la pérdida de sus hábitats, debido a actividades como la minería y agricultura (Aguilar *et al.*, 2018). La quitridiomycosis causada por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*, es otro factor preponderante, que está relacionado a la disminución de al menos 10 especies de *Telmatobius* en Ecuador, Perú y Argentina (Merino-Viteri *et al.*, 2005; Seimon *et al.*, 2007; Barrionuevo y Ponssa, 2008; von May *et al.*, 2008).

Respecto a las aves, se registraron 5 especies incluidas en el apéndice II de CITES, que fueron en su mayoría halcones o aguiluchos (*Phalcobaenus megalopterus*, *Falco femoralis*, *Geranoaetus melanoleucus* y *G. polyosoma*) y un picaflor (*Oreotrochilus estella*), ambos grupos cumplen funciones vitales en el ecosistema. Los picaflores tienen una gran importancia ecológica debido a que son agentes polinizadores y, las aves rapaces son carnívoros ubicados en lo alto de la cadena alimenticia, cumpliendo una función reguladora con el objetivo de mantener el recambio poblacional de las especies. Los registros de estas especies en el área de estudio fueron de vital importancia por la riqueza que proporcionaron y por el equilibrio ecosistémico que generan (Figura 8-79).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including the name 'S. P. A.' and a signature at the bottom.



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

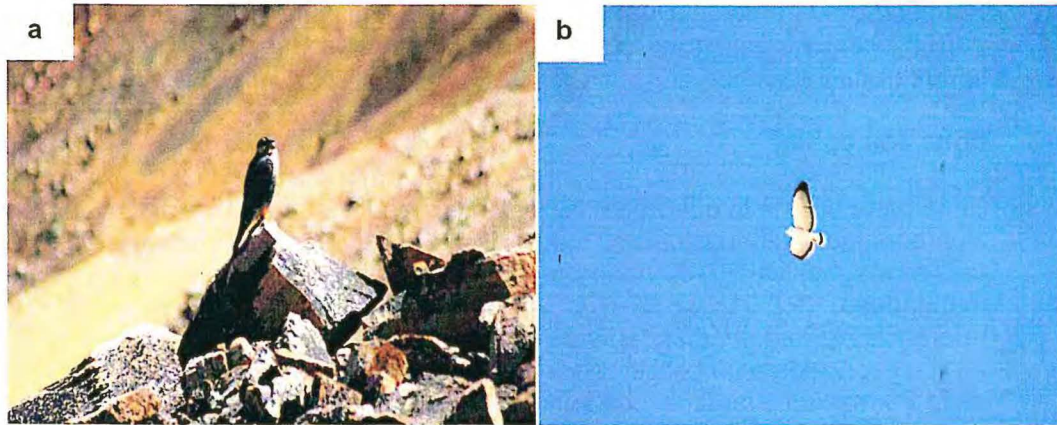


Figura 8-79. Especies CITES registradas en el área de estudio
a) *Falco femoralis* «halcón aplomado», b) *Geranoaetus polyosoma* «aguilucho variable»

En cuanto a los mamíferos silvestres, 4 especies se encuentran en las listas de conservación nacional e internacional. Entre las que destacan *Hippocamelus antisensis* «taruca» categorizada como especie vulnerable (VU) por la IUCN y el D.S. N.º 004-2014-MINAGRI, además es considerada por el CITES en el apéndice I. El *Puma concolor* «puma» es categorizado como una especie Casi Amenazada (NT) por la legislación nacional y en el apéndice II del CITES. Igualmente, la especie *Vicugna vicugna* «vicuña» se encuentra en categoría de casi amenazada (NT) por la legislación nacional y en el apéndice I del CITES; por último, la especie *Lycalopex culpaeus* «zorro» esta considerado en el apéndice II del CITES (Figura 8-3).

La principal amenaza que enfrentan estas especies en su rango de distribución es la perturbación y pérdida de sus hábitats (UICN, 2018), que junto a la caza con fines comerciales o por ser consideradas como especies perjudiciales, han reducido considerablemente sus poblaciones, limitando a la vez su distribución por lo que actualmente son registrados en zonas con baja presencia humana. Debido a esto, es necesario un manejo conjunto con las poblaciones locales para garantizar su sobrevivencia en el área de estudio.

La conservación de las especies de mamíferos no es un problema aislado, más bien es muy importante y refleja la problemática en conservación para los otros grupos de fauna y flora. Es necesario un manejo integral, protegiendo la mayor diversidad de hábitats posibles donde puedan coexistir las especies de flora y fauna nativas, permitiendo simultáneamente un desarrollo sostenible de la población local.

9. CONCLUSIONES

- En la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel y zonas aledañas; el contexto geológico y mineralógico es uno de los factores que podría influir sobre las características físicas y químicas del agua, sedimento y suelo; y en conjunto estas variables influyen sobre la dinámica de las comunidades biológicas (hidrobiología, flora y fauna).

9.1 Microcuenca Agani-Ansamani

- En la microcuenca Agani-Ansamani la caracterización hidroquímica del agua superficial y subterránea; en general, presentó una tendencia bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica en las temporadas de avenida y estiaje, relacionado con aguas meteóricas o recientes en interacción con el suelo y rocas sedimentarias de las



Vertical handwritten notes and signatures in blue ink, including the letters 'P', 'R', and 'SN'.



Formaciones Gramadal, Hualhuani y Murco, las mismas que se encuentran intruidas por el yacimiento epitelmal de sulfuración intermedia Canahuire, que se emplaza en la quebrada Jamochini.

Zona Jamochini

- En la parte alta de la quebrada Jamochini las aguas subterráneas presentaron facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica (PZ-01 y PZ-07) y sulfatada bicarbonatada cálcica magnésica (PZ-02), con presencia de metales como plomo (PZ-01 y PZ-02), manganeso (PZ-01 y PZ-07) y hierro (PZ-07), que llegaron a incumplir referencialmente los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2015 y 2017), asociados a un pH cercanos a la neutralidad; debido a la presencia de calizas de la Formación Gramadal con veñillas de siderita y ankerita; como consecuencia de una alteración hidrotermal (sideritización) producto del emplazamiento del yacimiento Canahuire.
- El agua superficial en la quebrada Jamochini presentó un cambio en su naturaleza hidroquímica de facies sulfatada cálcica magnésica en temporada de avenida a una facies bicarbonatada cálcica magnésica en estiaje, esto podría estar relacionado a las características geológicas y mineralógicas. El parámetro que incumplió los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2015 y 2017) en ambas temporadas fue el manganeso; además, en el sedimento se evidenció la presencia de arsénico, cadmio, mercurio y plomo cuyas concentraciones superaron los valores PEL del estándar canadiense CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment); mientras que, el cobre y zinc presentaron concentraciones superiores al valor ISQG del estándar mencionado en al menos un punto evaluado, esto se debería a la cercanía de la zona mineralizada Canahuire, donde se observó instalaciones auxiliares y una bocamina (Rampa San Gabriel Nv. 4780).
- En esta quebrada las concentraciones de los metales evaluados en el agua y los sedimentos decrecieron desde la parte media hasta la parte baja, conforme se alejan de la zona mineralizada Canahuire y reciben el aporte del bofedal y la quebrada Jamochini 2. Asimismo, esta condición influyó sobre la diversidad de las comunidades hidrobiológicas; especialmente, sobre los macroinvertebrados bentónicos que registraron una baja riqueza en la parte media con presencia de especies tolerantes a los cambios medioambientales como *Cricotopus* sp., *Podonomus* sp. y Haplotaxidae n.d. y se relacionaron a una calidad ecológica entre pésima y mala, según el índice biótico andino (ABI); mientras que, en la parte baja se presentó una mayor riqueza y una calidad ecológica entre moderada y buena con presencia de especies sensibles como *Andesiops* sp., *Meridialaris* sp., *Anomalocosmoecus* sp., *Gigantodax* sp. y *Simulium* sp.

Zona Japucucho-Agani 2

- El agua superficial en la quebrada Japucucho-Agani 2 presentó una predominancia del anión sulfato en la parte alta, mientras que en la parte media-baja mostró una predominancia del anión bicarbonato, esto se debería al aporte de los bofedales cercanos a este sector. Los parámetros que incumplieron los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2015 y 2017) fueron el pH, aluminio y cobalto, en al menos un punto en la parte alta y el manganeso en toda la quebrada; además en la parte baja el sedimento presentó arsénico y mercurio cuyas concentraciones superaron los valores PEL del estándar canadiense CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment); mientras que, el cadmio, cobre y zinc presentaron concentraciones superiores al valor ISQG del estándar mencionado, esto se debería



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing up and various initials.



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

al arrastre de material erosionando desde la zona de óxidos (Formación Hualhuani) ubicado en la parte alta.

- En esta zona, el contexto geológico influyó sobre la diversidad de las comunidades hidrobiológicas de macroinvertebrados bentónicos y microalgas del perifiton, que registraron una baja riqueza en la parte alta; resaltando las especies *Cricotopus* sp. y Haplotaxidae n.d., como especies tolerantes a los cambios medioambientales y se relacionaron a una calidad ecológica pésima, según el índice biótico andino (ABI); mientras que, en la parte baja se presentó una mayor riqueza y una buena calidad ecológica con presencia de especies sensibles como *Andesiops* sp., *Cailloma* sp., *Gigantodax* sp. y *Simulium* sp. Además, se observó que las diatomeas: *Achnanthydium* cf. *convergens*, *Achnanthydium* sp. 1, *Adlafia* sp., *Gomphonema* cf. *auritum*, *Eunotia* cf. *pectinalis*, *Eunotia* cf. *bidens*, *Pinnularia* cf. *divergens* y *Pinnularia microstauron*, fueron las microalgas asociadas a condiciones ácidas del agua (parte alta).

Zona Ceniguillayoc-Quilcata

- Los parámetros analizados en la quebrada Ceniguillayoc (QCeni-01 y QCeni-02) cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2015 y 2017). Con respecto al sedimento, el arsénico (SED-QCeni-02) presentó una concentración superior al valor PEL del estándar canadiense CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment); mientras que solo el mercurio (SED-QCeni-01) presentó una concentración superior al valor ISQG del estándar mencionado, esto se debería al contexto geológico donde afloran areniscas y lutitas con óxidos, de la Formación Murco.
- Las características abióticas de esta quebrada no influyeron sobre la diversidad de las comunidades hidrobiológicas de macroinvertebrados bentónicos y microalgas del perifiton, ya que se registró una moderada riqueza para ambas; destacando las especies *Andesiops* sp., *Meridialaris* sp., *Claudioperta* sp., *Cailloma* sp., *Anomalocosmoecus* sp. *Gigantodax* sp. y *Simulium* sp., como especies sensibles a los cambios medioambientales y se relacionaron a una buena calidad ecológica, según el índice biótico andino (ABI). Además, se observó que las diatomeas: *Cocconeis placentula*, *Nitzschia gracilis*, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema subclavatum*, *Navicula lanceolata*, *Fragilaria capuccina*, *Fragilaria tenera*, *Ulnaria ulna* y *Ulnaria acus*, fueron las especies más comunes en todos los puntos evaluados.
- El bofedal Quilcata presentó predominancia del anión bicarbonato en ambas temporadas con una tendencia alcalina; llegando a incumplir los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2015 y 2017) para el pH en el punto HQuil-03 (parte media) en ambas temporadas; mientras que, en la parte alta (HQuil-01) presentó concentraciones de manganeso y hierro que incumplieron el estándar mencionado en la temporada de avenida, la presencia de estos metales estaría relacionada con las características geológicas propias de la Formación Murco, compuesta por niveles de areniscas masivas de color rojo, lutitas negras carbonosas y limos con presencia de óxidos rellenando fracturas. Se registró una moderada riqueza de microalgas del perifiton, destacando las diatomeas: *Cocconeis placentula*, *Nitzschia gracilis*, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema subclavatum*, *Navicula lanceolata*, *Fragilaria capuccina*, *Fragilaria tenera*, *Ulnaria ulna* y *Ulnaria acus*, como las especies más comunes. Cabe mencionar que, se observó actividades de pastoreo en estos bofedales, cercanos al caserío Quilcata.



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



Zona Agani-Ansamani

- El agua superficial en la quebrada Agani-Ansamani presentó una naturaleza hidroquímica bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica en todo su recorrido desde aguas arriba (QAgan-01A) hasta aguas abajo (QAnsa-01) en las dos temporadas de evaluación; todos los parámetros evaluados cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2015 y 2017) a excepción del pH (8,59 unidades) en el punto QAnsa-02 en la temporada de estiaje. Con respecto al sedimento, la mayor concentración de metales se registró en la temporada de avenida, debido al mayor arrastre producto de las precipitaciones, donde el arsénico (SED-QAgan-01B y SED-QAgan-02) y el mercurio (SED-QAgan-01B y SED-QAnsa-01) superaron los valores PEL del estándar canadiense CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment); mientras que, el cadmio superó el valor ISQG del estándar mencionado en su recorrido en 4 de los 7 puntos evaluados.
- Tanto en estiaje como en avenida, la parte alta y media de la quebrada Agani-Ansamani (desde HB-QAgan-01A hasta HB-QAgan-06) presentó una mayor riqueza de macroinvertebrados bentónicos que la parte baja (HB-QAnsa-02 y HB-QAnsa-01), lo cual se relacionó con una buena calidad ecológica según el índice biótico andino (ABI), destacando las especies consideradas sensibles a los cambios medioambientales como *Andesiops* sp., *Meridialaris* sp., *Claudioperla* sp., *Cailloma* sp., *Anomalocosmoecus* sp., *Gigantodax* sp. y *Simulium* sp.; mientras que la riqueza de microalgas del perifiton, en general, fue similar tanto en la parte alta y media como en la parte baja, a pesar de la presencia de arsénico, cadmio y mercurio en el sedimento. Además, se observó que las diatomeas: *Nitzchia gracilis*, *Encyonema minutiforme*, *Gomphonema subclavatum*, *Gomphonema minutum*, *Navicula lanceolata*, *Fragilaria capuccina*, *Fragilaria capuccina* var. *gracilis*, *Ulnaria ulna*, *Ulnaria acus* y *Diatoma tenuis* y la cianobacteria *Leptolyngbya* sp. 1, fueron las especies más comunes en todos los puntos de muestreo.
- En la parte media de la quebrada Agani-Ansamani se evaluó el agua subterránea en el sector Quilcata (PZ-04) y aguas abajo de la confluencia con la quebrada Jamochini (PZ-06), presentando una naturaleza hidroquímica con predominio del anión sulfato en las dos temporadas, y presencia de metales como boro y manganeso en el piezómetro PZ-04; y hierro y manganeso, asociado a un pH ácido, en el piezómetro PZ-06, que llegaron a incumplir referencialmente los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2015 y 2017); esto se debería a que el agua subterránea se desplaza a través de las fallas y poros interconectados, generando una permeabilidad secundaria en las formaciones geológicas que afloran en este sector (rocas sedimentarias de la Formación Hualhuani y brechas de la zona mineralizada Canahuire).

9.2 Microcuenca Itapallone (sector Corire)

- La microcuenca Itapallone (sector Corire) comprende las zonas mineralizadas de Katrina y parte de Canahuire, y el centro volcánico Chucapaca; además, de zonas de óxidos (sombrosos de hierro) relacionados a un sistema magmático-hidrotermal, el cual presenta una alteración argílica avanzada asociada a una mineralización compuesta por sulfuros, óxidos, hidróxidos y carbonatos. Este contexto geológico y mineralógico marcan la caracterización hidroquímica del agua superficial; que en general, mostró un predominio de la facies sulfatada aluminica cálcica en las temporadas de avenida y estiaje. Además, el alto grado de erosión y escasa cobertura vegetal al interactuar con las aguas de lluvia, podrían generar procesos de disolución, precipitación y arrastre de metales en el agua, sedimentos y suelo; esta



Handwritten signature and initials in blue ink, including 'A.P.' and 'R'.

Handwritten signature 'SMPE' in blue ink.



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

condición influenciaría directamente en el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.

Zona Atiñayoc

- En las quebradas Atiñayoc (QAtiñ-01 y QAtiñ-02) y Cruzana (QCruz-01) el agua superficial presentó un cambio en su naturaleza hidroquímica de facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica en temporada de avenida a una facies sulfatada cálcica magnésica en la temporada de estiaje, esto podría deberse a la variación hidrológica relacionada a las precipitaciones. El parámetro que incumplió los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2015 y 2017) en ambas temporadas fue el manganeso; además, en la temporada de estiaje el pH y el hierro también incumplieron el estándar mencionado; en los sedimentos (SED-QAtiñ-02 y SED-QCruz-01) se evidenció la presencia de arsénico, cadmio, mercurio, plomo y zinc que superaron los valores PEL del estándar canadiense CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment); mientras que, el cobre superó el valor ISQG del estándar mencionado. Esto se debería a que las quebradas evaluadas, se ubican aguas abajo de la zona mineralizada Canahuire, la cual presenta un alto grado erosión que favorecería el transporte y disposición de estos metales en el agua y sedimento.
- Las características del agua superficial y sedimentos influenciarían sobre la diversidad de las comunidades hidrobiológicas de macroinvertebrados bentónicos y microalgas del perifiton, ya que registraron una baja riqueza en esta zona; predominando las especies *Cricotopus* sp., *Parakiefferiella* sp. y *Podonomopsis* sp., como especies tolerantes a los cambios medioambientales y se relacionaron a una pésima calidad ecológica según el índice biótico andino (ABI). Además, en la temporada de estiaje se observó que las diatomeas: *Achnantheidium* sp. 1 y *Nitzschia gracilis* y la cianobacteria *Pseudanabaena* sp. 1, fueron las microalgas más frecuentes en estas quebradas, lo cual indicaría su adaptación a las condiciones ácidas del agua (acidófilas) con alto contenido de metales.

Zona Apacheta-Corire

- El agua superficial en la quebrada Apacheta-Corire y sus tributarios (Misaorcco, Katrina, Atiñayoc, Millahuaico y Corire) presentó una predominancia de facies sulfatada alumínica cálcica en las temporadas de avenida y estiaje, asociado a un pH ácido del agua, con presencia de metales como aluminio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, níquel, plomo, selenio y zinc que incumplieron los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2015 y 2017). Asimismo, en el sedimento se evidenció la presencia de arsénico, cadmio, mercurio, plomo y zinc que superaron los valores PEL del estándar canadiense CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment); mientras que, el cobre superó el valor ISQG del estándar mencionado. Esto se debería a que está quebrada y sus aportantes se desplazan sobre un contexto geológico con predominancia de rocas volcánicas (Chucapaca) y zonas mineralizadas (Katrina), las mismas que se caracterizaron por ser potenciales generadores de acidez; además, presentaron un alto grado de erosión que favorecería el transporte y disposición de estos metales en el agua y sedimento.
- Las características del agua superficial y sedimentos influirían sobre la diversidad de las comunidades hidrobiológicas de macroinvertebrados bentónicos y microalgas del perifiton, ya que registraron una baja riqueza en esta zona; predominando las especies *Cricotopus* sp. y *Podonomus* sp., como especies tolerantes a los cambios medioambientales y se relacionaron a una pésima calidad ecológica según el índice biótico andino (ABI). También, se observó que las diatomeas: *Achnantheidium* sp. 1, *Nitzschia gracilis*, *Eunotia arcus* y *Eunotia* cf. *exigua*, y las cianobacterias



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including 'P.', 'D.M.P.A.', and 'D.M.P.A.' with a signature.



9.4 Microcuenca Oyo Oyo

- Las quebradas Oyo Oyo (QOyoo-01) y Chalsani (QChal-01) presentaron facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica en ambas temporadas, y todos los parámetros evaluados cumplieron los ECA para agua categoría 3 (2015 y 2017).
- Los manantiales FChur-01 y FChur-02 presentaron facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica en ambas temporadas cumpliendo referencialmente los ECA para agua categoría 1-A1 (2015 y 2017), a excepción de la turbidez (FChur-01) en la temporada de avenida, debido a la disolución de material suspendido por las lluvias propias de la temporada. Respecto al manantial FSaya-01, presentó facies sulfatada bicarbonatada cálcica magnésica en la temporada de avenida con un pH ligeramente ácido que incumplió referencialmente los ECA para agua categoría 3 (2015 y 2017), es importante mencionar que este manantial presentó un caudal mínimo de agua en esta temporada y en estiaje no registró flujo de agua, evidenciando un comportamiento intermitente. Cabe resaltar que los manantiales FChur-01 y FChur-02 son captados para el consumo de la población de Santa Cruz de Oyo Oyo.
- La riqueza de macroinvertebrados bentónicos en las quebradas Oyo Oyo (HB-QOyoo-01) y Chalsani (HB-QChal-01) fue menor en la temporada de estiaje en comparación con la temporada de avenida; asimismo, en avenida la calidad ecológica, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), fue moderada; mientras que, en estiaje fue mala, esto podría deberse a la disminución del caudal de las quebradas en estiaje. Respecto a la riqueza de microalgas del perifiton, en general, tuvo una tendencia a incrementarse en estiaje, debido al bajo caudal que beneficiaría el establecimiento de esta comunidad sobre el sustrato.



9.5 Nivel de fondo en suelo

- Se determinó los valores de nivel de fondo de 21 metales y metaloides para los suelos de la zona adyacente a los futuros componentes mineros y para los suelos de la zona de cultivos de las comunidades de San Juan de Miraflores y Santa Cruz de Oyo Oyo. El nivel de fondo de las zonas adyacentes a los futuros componentes mineros presentó las mayores concentraciones de aluminio, arsénico, hierro, manganeso, plomo, titanio y zinc en comparación a las zonas de cultivo, por el contexto geológico y la presencia de zonas mineralizadas (Canahuire, Katrina) y el centro volcánico Chucapaca; en la zona de cultivo los valores de nivel de fondo de bario, boro, calcio, cobalto, cobre, cromo, estroncio, magnesio, fósforo y silicio presentaron mayores concentraciones respecto a la zona adyacente a los futuros componentes mineros debido a la influencia del contexto geológico donde afloran rocas sedimentarias de la Formación Hualhuani y la Formación Murco compuestas por calizas, areniscas cuarzosas y lutitas.

9.6 Flora

- Se registraron 262 especies agrupadas en 43 familias botánicas y 130 géneros, donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae, y los géneros más diversos fueron *Senecio* y *Calamagrostis*. La vegetación de roquedal fue la formación con mayor riqueza con 148 especies; seguida del matorral mixto con 102 especies.

A
 P.
 R.
 S.
 T.
 U.
 V.
 W.
 X.
 Y.
 Z.
 AA.
 AB.
 AC.
 AD.
 AE.
 AF.
 AG.
 AH.
 AI.
 AJ.
 AK.
 AL.
 AM.
 AN.
 AO.
 AP.
 AQ.
 AR.
 AS.
 AT.
 AU.
 AV.
 AW.
 AX.
 AY.
 AZ.
 BA.
 BB.
 BC.
 BD.
 BE.
 BF.
 BG.
 BH.
 BI.
 BJ.
 BK.
 BL.
 BM.
 BN.
 BO.
 BP.
 BQ.
 BR.
 BS.
 BT.
 BU.
 BV.
 BV.
 BW.
 BX.
 BY.
 BZ.
 CA.
 CB.
 CC.
 CD.
 CE.
 CF.
 CG.
 CH.
 CI.
 CJ.
 CK.
 CL.
 CM.
 CN.
 CO.
 CP.
 CQ.
 CR.
 CS.
 CT.
 CU.
 CV.
 CW.
 CX.
 CY.
 CZ.
 DA.
 DB.
 DC.
 DD.
 DE.
 DF.
 DG.
 DH.
 DI.
 DJ.
 DK.
 DL.
 DM.
 DN.
 DO.
 DP.
 DQ.
 DR.
 DS.
 DT.
 DU.
 DV.
 DW.
 DX.
 DY.
 DZ.
 EA.
 EB.
 EC.
 ED.
 EE.
 EF.
 EG.
 EH.
 EI.
 EJ.
 EK.
 EL.
 EM.
 EN.
 EO.
 EP.
 EQ.
 ER.
 ES.
 ET.
 EU.
 EV.
 EW.
 EX.
 EY.
 EZ.
 FA.
 FB.
 FC.
 FD.
 FE.
 FF.
 FG.
 FH.
 FI.
 FJ.
 FK.
 FL.
 FM.
 FN.
 FO.
 FP.
 FQ.
 FR.
 FS.
 FT.
 FU.
 FV.
 FW.
 FX.
 FY.
 FZ.
 GA.
 GB.
 GC.
 GD.
 GE.
 GF.
 GG.
 GH.
 GI.
 GJ.
 GK.
 GL.
 GM.
 GN.
 GO.
 GP.
 GQ.
 GR.
 GS.
 GT.
 GU.
 GV.
 GW.
 GX.
 GY.
 GZ.
 HA.
 HB.
 HC.
 HD.
 HE.
 HF.
 HG.
 HH.
 HI.
 HJ.
 HK.
 HL.
 HM.
 HN.
 HO.
 HP.
 HQ.
 HR.
 HS.
 HT.
 HU.
 HV.
 HW.
 HX.
 HY.
 HZ.
 IA.
 IB.
 IC.
 ID.
 IE.
 IF.
 IG.
 IH.
 II.
 IJ.
 IK.
 IL.
 IM.
 IN.
 IO.
 IP.
 IQ.
 IR.
 IS.
 IT.
 IU.
 IV.
 IW.
 IX.
 IY.
 IZ.
 JA.
 JB.
 JC.
 JD.
 JE.
 JF.
 JG.
 JH.
 JI.
 JJ.
 JK.
 JL.
 JM.
 JN.
 JO.
 JP.
 JQ.
 JR.
 JS.
 JT.
 JU.
 JV.
 JW.
 JX.
 JY.
 JZ.
 KA.
 KB.
 KC.
 KD.
 KE.
 KF.
 KG.
 KH.
 KI.
 KJ.
 KK.
 KL.
 KM.
 KN.
 KO.
 KP.
 KQ.
 KR.
 KS.
 KT.
 KU.
 KV.
 KW.
 KX.
 KY.
 KZ.
 LA.
 LB.
 LC.
 LD.
 LE.
 LF.
 LG.
 LH.
 LI.
 LJ.
 LK.
 LL.
 LM.
 LN.
 LO.
 LP.
 LQ.
 LR.
 LS.
 LT.
 LU.
 LV.
 LW.
 LX.
 LY.
 LZ.
 MA.
 MB.
 MC.
 MD.
 ME.
 MF.
 MG.
 MH.
 MI.
 MJ.
 MK.
 ML.
 MM.
 MN.
 MO.
 MP.
 MQ.
 MR.
 MS.
 MT.
 MU.
 MV.
 MW.
 MX.
 MY.
 MZ.
 NA.
 NB.
 NC.
 ND.
 NE.
 NF.
 NG.
 NH.
 NI.
 NJ.
 NK.
 NL.
 NM.
 NN.
 NO.
 NP.
 NQ.
 NR.
 NS.
 NT.
 NU.
 NV.
 NW.
 NX.
 NY.
 NZ.
 OA.
 OB.
 OC.
 OD.
 OE.
 OF.
 OG.
 OH.
 OI.
 OJ.
 OK.
 OL.
 OM.
 ON.
 OO.
 OP.
 OQ.
 OR.
 OS.
 OT.
 OU.
 OV.
 OW.
 OX.
 OY.
 OZ.
 PA.
 PB.
 PC.
 PD.
 PE.
 PF.
 PG.
 PH.
 PI.
 PJ.
 PK.
 PL.
 PM.
 PN.
 PO.
 PP.
 PQ.
 PR.
 PS.
 PT.
 PU.
 PV.
 PW.
 PX.
 PY.
 PZ.
 QA.
 QB.
 QC.
 QD.
 QE.
 QF.
 QG.
 QH.
 QI.
 QJ.
 QK.
 QL.
 QM.
 QN.
 QO.
 QP.
 QQ.
 QR.
 QS.
 QT.
 QU.
 QV.
 QW.
 QX.
 QY.
 QZ.
 RA.
 RB.
 RC.
 RD.
 RE.
 RF.
 RG.
 RH.
 RI.
 RJ.
 RK.
 RL.
 RM.
 RN.
 RO.
 RP.
 RQ.
 RR.
 RS.
 RT.
 RU.
 RV.
 RW.
 RX.
 RY.
 RZ.
 SA.
 SB.
 SC.
 SD.
 SE.
 SF.
 SG.
 SH.
 SI.
 SJ.
 SK.
 SL.
 SM.
 SN.
 SO.
 SP.
 SQ.
 SR.
 SS.
 ST.
 SU.
 SV.
 SW.
 SX.
 SY.
 SZ.
 TA.
 TB.
 TC.
 TD.
 TE.
 TF.
 TG.
 TH.
 TI.
 TJ.
 TK.
 TL.
 TM.
 TN.
 TO.
 TP.
 TQ.
 TR.
 TS.
 TT.
 TU.
 TV.
 TW.
 TX.
 TY.
 TZ.
 UA.
 UB.
 UC.
 UD.
 UE.
 UF.
 UG.
 UH.
 UI.
 UJ.
 UK.
 UL.
 UM.
 UN.
 UO.
 UP.
 UQ.
 UR.
 US.
 UT.
 UY.
 UZ.
 VA.
 VB.
 VC.
 VD.
 VE.
 VF.
 VG.
 VH.
 VI.
 VJ.
 VK.
 VL.
 VM.
 VN.
 VO.
 VP.
 VQ.
 VR.
 VS.
 VT.
 VU.
 VV.
 VW.
 VX.
 VY.
 VZ.
 WA.
 WB.
 WC.
 WD.
 WE.
 WF.
 WG.
 WH.
 WI.
 WJ.
 WK.
 WL.
 WM.
 WN.
 WO.
 WP.
 WQ.
 WR.
 WS.
 WT.
 WU.
 WV.
 WW.
 WX.
 WY.
 WZ.
 XA.
 XB.
 XC.
 XD.
 XE.
 XF.
 XG.
 XH.
 XI.
 XJ.
 XK.
 XL.
 XM.
 XN.
 XO.
 XP.
 XQ.
 XR.
 XS.
 XT.
 XU.
 XV.
 XW.
 XX.
 XY.
 XZ.
 YA.
 YB.
 YC.
 YD.
 YE.
 YF.
 YG.
 YH.
 YI.
 YJ.
 YK.
 YL.
 YM.
 YN.
 YO.
 YP.
 YQ.
 YR.
 YS.
 YT.
 YU.
 YV.
 YW.
 YX.
 YZ.
 ZA.
 ZB.
 ZC.
 ZD.
 ZE.
 ZF.
 ZG.
 ZH.
 ZI.
 ZJ.
 ZK.
 ZL.
 ZM.
 ZN.
 ZO.
 ZP.
 ZQ.
 ZR.
 ZS.
 ZT.
 ZU.
 ZV.
 ZW.
 ZX.
 ZY.
 ZZ.



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

Perú y en el listado de especies amenazadas de la IUCN 2018. Esta especie se registró solo en la microcuenca Agani-Ansamani (EF 3) en el tipo de hábitat de bofedal, por lo que puede ser considerada como una especie sensible.

- Según la legislación nacional no se registraron especies de aves en alguna categoría de amenaza; no obstante, las especies *Oreotrochilus estella*, *Geranoaetus polyosoma*, *G. melanoleucus*, *Phalcoboenus megalopterus* y *Falco femoralis* y *Psilopsiagon aurifrons*, están incluidas en el apéndice II del CITES.
- Igualmente, no se registraron especies de aves endémicas de Perú en el área de estudio; sin embargo, 9 especies de las registradas son endémicas del bioma Andes Centrales, estas son: *Oreotrochilus estella*, *Colaptes rupicola*, *Asthenes dorbignyi*, *Muscisaxicola juninensis*, *Ochthoeca oenanthoides*, *Phrygilus punensis*, *Phrygilus erythronotus*, *Diuca speculifera* y *Sicalis uropygialis*.
- Del total de especies de mamíferos registrados 4 de ellos se encuentran en la lista de conservación nacional e internacional. Entre las que destacan *Hippocamelus antisensis* «taruca» categorizada como especie Vulnerable (VU) por el D.S. N.º 004-2014-MINAGRI, el Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú y la IUCN, además está incluida en el apéndice I del CITES. Las especies *Puma concolor* «puma» y *Vicugna vicugna* «vicuña» están categorizadas en estado de Casi Amenazada (NT) por la legislación nacional, por el Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú e incluidas en el apéndice II y I del CITES, respectivamente. Por último, la especie *Lycalopex culpaeus* «zorro» solo está considerada en el apéndice II del CITES.
- Los bofedales y matorrales mixtos fueron los hábitats más diversos en cuanto a los grupos de aves, anfibios y reptiles. La reducción o pérdida de estos hábitats ocasionaría un efecto directo sobre las especies más abundantes o generalistas porque reduciría sus áreas de uso, así como de las especialistas que dependen directamente de estos hábitats. Debido a ello, es imperativo conservar estas áreas que constituyen uno de los hábitats principales de la fauna silvestre.

Microcuenca Agani – Ansamani

- En la microcuenca Agani-Ansamani se evaluaron 4 ecosistemas frágiles (bofedales) y sus hábitats asociados (roquedal y matorral mixto), en las zonas Jamochini (EF 1), Ceniguillayoc-Quilcata (EF 2), Agani-Ansamani sector Pachacutec (EF 3) y Japucucho-Agani 2 (EF 4).
- Esta microcuenca fue la más diversa en cuanto al grupo de anfibios y reptiles, se registraron 2 especies de anfibios, *Telmatobius peruvianus* (familia Telmatobiidae) y *Pleurodema marmoratum* (familia Leptodactylidae), y una especie de reptil, la lagartija *Liolaemus cf. signifer* (familia Liolaemidae).
- Las aves en esta microcuenca registraron 37 especies pertenecientes a 15 familias y 9 órdenes taxonómicos. La especie más abundante fue *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 109 individuos registrados.
- Los mamíferos mayores en esta microcuenca presentaron la mayor riqueza con 5 especies, *Lagidium viscacia* «vizcacha», *Puma concolor* «puma», *Lycalopex culpaeus*, «zorro», *Conepatus chinga* «zorrito o añas» y *Vicugna vicugna* «vicuña», especies registradas mediante la evaluación de transectos y cámaras trampa.



Handwritten notes and signatures on the left margin, including an arrow pointing up and various initials.



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

- El hábitat bofedal fue el más diverso en cuanto a los anfibios y reptiles, donde se registraron 3 especies (2 anfibios y 1 reptil). Este hábitat es importante para la especie *Telmatobius peruvianus* que fue registrada únicamente en los bofedales, así como para la especie *Pleurodema marmoratum* cuyos hábitats de reproducción son las pozas estacionarias presentes en este hábitat. Para el caso de aves, se registró 30 especies y 357 individuos, siendo la especie más representativa *Cinclodes albiventris* con 52 individuos registrados.
- El hábitat de matorral mixto fue el segundo con mayor representatividad, donde se registraron 2 especies de anfibios y reptiles, es importante en cuanto a abundancia de la especie *Liolaemus cf. signifer*, que también estuvo presente en los hábitats de roquedal y suelos crioturbados. En cuanto a las aves, en el matorral mixto, se registraron 25 especies y 170 individuos, siendo la especie más representativa *Phrygilus plebejus* con 70 individuos.

Microcuenca Itapallone

- La microcuenca Itapallone, fue evaluada solo en el sector de Corire (zona I). Respecto a la herpetofauna se registró la especie de lagartija *Liolaemus cf. signifer* que en esta zona obtuvo su mayor abundancia relativa con 12 individuos.
- Respecto a las aves se registraron 6 especies y 11 individuos; las especie mas abundantes y representativas fueron *Orochelidon andecola* y *Muscisaxicola juninensis*.
- En cuanto a los mamíferos mayores, se registraron 4 especies en total, habiéndose registrado la especie *Hippocamelus antisensis* «taruca» únicamente mediante transectos y la especie *Conepatus chinga* «zorrino o áñás» mediante cámaras trampa; mientras que, las demás especies fueron registradas por ambos métodos.

Microcuenca Oyo Oyo

- En la microcuenca Oyo Oyo, se evaluó solo el hábitat Rodal de *Puya* (EF 5) y el grupo taxonómico de aves. Se registraron 13 especies y 49 individuos, las especies mas representativas fueron *Psilopsiagon aurifrons*, *Asthenes dorbignyi*, *Ochthoeca oenanthoides* y *Diglossa brunneiventris*.

10. ANEXOS

- Anexo A: Mapas
- Anexo B: Reportes de campo
- Anexo C: Reportes de resultados
- Anexo D: Tablas de resultados
- Anexo E: Participación ciudadana
- Anexo F: Registros audiovisuales



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including a large signature at the bottom.



11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Comunidades hidrobiológicas

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. *Limnetica*, 28(1), 35-64.

Armitage, P. D., Moss, D., Wright, J. F. & Furse, M. T. (1983). The performance of a new Biological Water Quality Score System based on Macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Wat. Res.* 17: 333-347

Brown, K. (1997). Diversity, disturbance and sustainable use of Neotropical forest: insects as indicators for conservation monitoring. *Journal of Insect Conservation* 1: 25-42.

Carrera, C. & Fierro, K. (2001). Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. Quito: Ecociencia.

Codex Alimentarius Commission (1985). General standard for contaminants and toxins in food and feed, CODEX STAN 193-1995, última enmienda: 2015. Roma: Organización Mundial de la Salud (OMS) & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO). Disponible: http://www.codexalimentarius.org/download/standards/17/CXS_193e.pdf.

Connell, R. (1987). Ecological studies in tropical fish communities, Cambridge University Press.

Curtis, H. & Barnes S. (2001). Biología. 6ta Edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid, España. Pp. 1498.

Domínguez, E. & Fernández, H. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. 1era edición. Tucumán, Argentina. Fundación Miguel Lillo.

Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E. & Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 76: 275-285

Galbrand, C., Lemieux, I. G., Ghaly, A. E., Côté, R. & Verma, M. (2007). Assessment of Constructed Wetland Biological Integrity Using Aquatic Macroinvertebrates. *OnLine Journal of Biological Sciences* 7 (2): 52-65.

García, V. D. (2011). Estudio sobre la estabilidad de la inmovilización de metales pesados, en sedimentos del cauce del río San Pedro.

Halffter, G. & 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.

Halffter, G. (1998). La Diversidad Biológica en Iberoamérica III, México, Instituto de Ecología, A.C., Volumen Especial, Acta Zoológica mexicana, nueva serie, 223 pp.

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



Handwritten notes and signatures on the left margin, including an arrow pointing up, the letters 'P.', 'α', 'f', 'G.', 'A.', 'R', and a signature 'SMPB'.



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

Hilsenhoff, W. (1988). Rapid field assesment of organic pollution with a family level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society* 7: 65-68.

Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363–375.

Karr, J. R. & Chu, W. E. (1999). *Restoring Life in Running Waters. Better Biological Monitoring* (2da edición). Washington, D. C.: Island Press.

Mafla, M. (2005). *Guía para evaluaciones ecológicas rápidas con indicadores biológicos en ríos de tamaño mediano Talamanca - Costa Rica*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba – Costa Rica.

Merritt, R.W., Cummins, K.W. & Berg, M.B. (2008). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Fourth edition. United States of America. Kendall/Hunt Publishing Company.

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. & 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.

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

Moreno, C. E. & Halffter, G. (2000). Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*, 37(1), 149–158.

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(4), 1249-1261.

Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES). (2016). *Indicadores o Criterios de Seguridad Alimentaria e Higiene para Alimentos y Piensos de Origen Pesquero y Acuícola* (Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES-DE). Lima: Ministerio de la Producción.

Parra, E. (2014). Aves silvestres como bioindicadores de contaminación ambiental y metales pesados. *CES Salud Pública* 5: 59-69.

Peet, R.K. (1974). The measurement of species diversity. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 5, 285-307.

Pielou, E. C. (1975). *Ecological diversity*. New York: John Wiley & Sons.

Roldán, G. & Ramírez, J.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*. Medellín, Colombia: Ed Universidad de Antioquia.



Handwritten signature and vertical text in blue ink, including 'D. P.' and 'OEFA'.



Soberón, J. & J. Llorente 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conserv. Biol.*, 7: 480-488.

Weberbauer, A. 1945. *El Mundo Vegetal de los Andes Peruanos. Estudio Fitogeográfico.* Lima, Edit. Lumen. Ministerio de Agricultura. 776p.

Geología, Drenaje ácido de roca, hidroquímica y suelo

Acosta, J.; Rivera, R.; Valencia, M.; Chirif, H.; Huanacuni, D.; Rodríguez, I.; Villarreal, E.; Paico, D.; & Santisteban, A. (2009). *Memoria: Mapa Metalogenético del Perú 2009.* Lima, Perú: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

Aduvire O. (2006). Drenaje ácido de mina generación y tratamiento. Instituto Geológico y Minero de España Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente

Anderson, R. H., Farrar D. B., Thoms S. R. (2009). Applications of discriminant analysis with clustered data to determine anthropogenic metals contamination, *Science of the Total Environment*, 408(1), 50-56.

Bellon, H. y Lefevre, C. (1976). *Données géochronométriques sur le volcanisme andin dans le sud du Pérou. Implications volcano tectoniques. Comptes Rendous de l'Académie des Sciences, Boletín Serie D: Sciences Naturales*, tomo 283, n. 1, 1-4 p.

Benavides, V. (1962). Estratigrafía pre-Terciaria de la Región de Arequipa. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, volumen 38, p. 5-63.

Cereceda C., Chapillequen J. & Maquera V. (2015). Estudio litogeoquímico de la subcuenca del río Ichuña-cuenca del río Tambo. Dirección de Geología Regional del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET.

Custodio, E. & Llamas, M. R. (1996). *Hidrología Subterránea.* Segunda Edición. Barcelona, España: Omega.

Fernández, E. (2009). "La calidad de las aguas en función de su uso". Segunda edición corregida y ampliada. Madrid-España.

Ficklin W.H., Plumlee G.S., Smith K.S., & McHugh J, B. (1992). Geochemical classification of mine drainages and natural drainages in mineralized areas. En: Y. Foucault A & Raoult J. (1985) *Diccionario de geología.*

Gonzales I. (2015). San Gabriel: Desarrollo y nuevas oportunidades en PERUMIN-32 Convención Minera. Disponible en: <https://www.convencionminera.com/perumin32/doc/conferencias/topmining/igonzales.pdf>

Jenks, W. (1948). Geología de la hoja de Arequipa al 200,000. *Boletín de la sociedad geológica del Perú*, volumen 9. Carta Nacional.

Klinck, B., (1986). *The geology of the Cordillera Occidental and Altiplano West of Lake Titicaca Southern Peru.* Lima-Perú. British Geological Survey e Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú, 353p.



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large signature at the bottom that appears to be 'JMPA'.



Kharaka, A. Maest (Eds.), Proceedings of water-rock interaction (pp 381–384). Rotterdam: Balkema.

Lipa, V., Valdivia W. & Carrasco, S. (2001), Memoria Explicativa de la revisión geológica del cuadrángulo de Ichuña (33-u). Serie A: Carta Geológica Nacional, Instituto Geológico Minero y Mineralógico- INGEMMET.

Marocco, R. & Del Pino, M. (1966), Geología de los cuadrángulos de Ichuña (Hoja 33-u). Boletín N° 14 Serie A: Carta Geológica Nacional, Instituto Geológico Minero y Mineralógico- INGEMMET.

Pullido, A. (2014) Nociones de hidrogeología para ambientólogos. Universidad de Almería. España.

Remigio F. (2012). Domos, diatremas y piroclastos del Complejo Volcánico Chucapaca, evidencias de sistemas epitermales, Moquegua – Perú. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. 136 p.

Vasquez S., Cruz V. Ramirez A. & Ng W. (2016) Geo-environmental integrated surveys to define the baseline and the source of toxic elements in the water and stream sediments, along the Upper Stream of Tambo River Basin. Artículo presentado en PERUMIN: 33 Convencion Minera Lima-Perú.

Vicente, J.C., Sequeiros, F., Valdivia M. y Zavala, J. (1979). El sobre escurrimiento de Cincha-Lluta: elemento del accidente mayor andino al NW de Arequipa. Sociedad Geológica del Perú, Boletín, vol. 61, 67-99 p.

Vicente, J.C., (1981). Elementos de la Estratigrafía Mesozoica Sur-Peruana. Volkleimer Wolfgang, ed. Cuencas Sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur. Bs. As. Vol. 1, pp. 319-151.

Vidal C., Valer R., Quiroz A., & Canchaya S. (2010). Geología del yacimiento Canahuire en el proyecto Chucapaca, Moquegua: un descubrimiento nuevo de mineralización aurífera epitermal". XV Congreso Peruano de Geología. Sociedad Geológica del Perú. Resúmenes extendidos, p. 676 - 679. Publicación Especial.

Wedepohl, K.H. (1994). The composition of the continental crust (abstract). *Mineral. Mag.* 58, suppl. 959-960.

Rodríguez, M., López, A. & Grau, C. (2009). Metales Pesados, Materia Orgánica y otros Parámetros de los Suelos Agrícolas y Pastos de España. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria - Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino; España.

Baeza, A., González F. & Miñana, A. (2001). El benceno en la ciudad de Murcia (Proyecto LIFE-MACBETH), Universidad de Murcia, Servicio de publicaciones, Murcia – España.

Railsback, B. (2012): An Earth Scientist's Periodic Table of the Elements and Their Ions. Department of Geology, University of Georgia, USA.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including an upward-pointing arrow and the name 'S.M.P.A.' at the bottom.



Fauna

Aguilar C., Chaparro J.C., Chávez G., Morales V. y Venegas P. (2018). *Telmatobius peruvianus*. Pp. 152. En: SERFOR. *Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú*. Primera edición. Lima. 532 páginas.

Ahumada, J. 2001. Impacto de la fragmentación sobre la reproducción, estructura y comportamiento de una comunidad de colibríes de bosque altoandino. Informe final. Fundación para la promoción de la Investigación y la Tecnología. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 37 p. 284.

AmphibiaWeb. (2018). *AmphibiaWeb*, University of California, Berkeley, CA, USA. [07 de febrero de 2018]. Recuperado de: <https://amphibiaweb.org>

Anderson MJ, RN Gorley, KR Clarke. (2008). *PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to software and statistical methods*. Plymouth, United Kingdom. PRIMER-E. 214 p.

Anderson, E.P., Marengo, J., Villalba, R., Halloy, S., Young, B., Cordero, D., Gast, F., Jaimes, E. & Ruiz, D. (2011) Consequences of climate change for ecosystems and ecosystem services in the Tropical Andes. In: Herzog, S.K., Martínez, R., Jørgensen, P.M. & Tiessen, H. (eds.) *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*, Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) (Brazil) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), 348 pp

Angulo, A., J. V. Rueda-Almonacid, J. V. Rodríguez-Mahecha, and E. La Marca (Eds). (2006). *Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina*. Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo N° 2. Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá D.C.

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

Aquino, R. M., Bodmer, R. E., Gil, J. G. 2001. Mamíferos de la cuenca del Río Samiria: Ecología poblacional y sustentabilidad de la caza. *Junglevagt for Amazonas*, AIF-WWF/DK. Iquitos.

Asociación Peruana para la Conservación de la Naturaleza (APECO). 1996. Evaluación preliminar del estado de la población de tarucas *Hippocamelus antisensis* en el Parque Nacional del Río Abiseo (PNRA) y de sus requerimientos de conservación. APECO, Cooperación Técnica Holandesa – Embajada de los Países Bajos. Perú.

Anthelme, F., D. Jacobsen, P. Macek, R. I. Meneses, P. Moret, S. Beck & O. Dangles. 2014. Biodiversity patterns and continental insularity in the high tropical Andes. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 46: 811-830

Barrio, J. 1998. Population and habitat viability analysis of the taruka (*Hippocamelus antisensis*) in the southern Andes of Peru. M.S. Thesis. University of Florida, Gainesville, Florida.



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



Recuperado en: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml/> (Acceso 6 de junio 2018).

Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals (CMS). (2015). *Appendices I and II. [Internet]*. Recuperado en : <http://www.cms.int/en/page/appendix-i-ii-cms> (Acceso 6 de junio 2018).

Colwell, R. (2011). *Estimates: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 9. User's Guide and application published at*<http://purl.oclc.org/estimates>.

Cueto, R. (1996). *Relación entre los ensambles de aves y la estructura de la vegetación. Un análisis a tres escalas espaciales. Tesis doctorado, Universidad de Buenos Aires. 66 p* Bibby C., Jones, M. & Marsden, S. (1998). *Expedition Field Techniques; bird surveys, expedition advisory centre, London*

Currier MJP. *Felis concolor. Mamm Species. 1983; 200:1-7. Doi:*<http://dx.doi.org/10.2307/3503951>

De la Gálvez Murillo, E. and Pacheco, L.F. (2009). *Abundancia y estructura poblacional de la lagartija jararank'o (Liolaemus signifer; Liolaemidae-Lacertilia-Reptilia) en zonas con y sin extracción comercial en el Altiplano de Bolivia. Tropical Conservation Science 2(1): 106-115.*

Duellman, W.E., & L. Trueb. (1986). *Biology of Amphibians*. McGraw-Hill, New York, 670 pp

Eisenberg, J. F. y Redford, K. H. (1999). *Mammals of the neotropics: Volume 3. The University of Chicaco Press, USA. Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil. 609 pp.*

El peruano. (2012). *Ley que modifica el artículo 99 de la Ley 28611 del 6 de julio del 2012: Ley General del Ambiente, e incorpora los páramos y jalcas al conjunto de ecosistemas frágiles.*

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

Emmons, L. & Helgen, K. 2008. *Conepatus chinga*. In: IUCN 2010. *IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4.* <www.iucnredlist.org>. Consultado el 30 Set 2012.

Franke I. (2017). *Las aves de los bofedales altoandinos peruanos. Recuperado en* <http://avesecologaymedioambiente.blogspot.com/2017/04/las-aves-de-los-bofedales-altoandinos.html?q=bofedales>

Freda, J., (1986). *The Influence of Acidic Pond Water on Amphibians: A Review. Water, Air and Soil Pollution, 30(1986), pp.439-450.*

Fredericksen, N., Fredericksen, S., Flores, B., McDonald, E., & Rumiz, D. (2003). *Importance of granitic rock outcrops to vertebrate Species in a Bolivian tropical forest. Tropical Ecology, 44, 185-196.*



Handwritten notes and signatures on the left margin, including an upward-pointing arrow and the name 'DUPAZ' at the bottom.



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

Fjeldsa, J. & Krabbe, N. (1990). Birds of the High Andes. Zoological Museum, University of Copenhagen and Appollo Books, Svenberg, Denmark.

Frost, Darrel R. (2018). *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Vers. 6.0. American Museum of Natural History, New York, USA [7 de agosto 2018]. Recuperado de: <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>.

Genova, M. I. (2011). Density and habitat preferences of Lake Titicaca frog (*Telmatobius culeus*) at NorthWest of Copacabana peninsula. Master Thesis. Wageningen Universiteit. 73 p.

Gill, F. (1995). Ornithology. Third edition. Freeman and Company. New York. United States.

Gibbons, E., Zi Jia & Villalba, I. (2016). Habitat use and seasonality of birds in the Peruvian puna with an emphasis on peatlands (bofedales). *Boletín de la Unión de Ornítólogos del Perú (UNOP)*, 11 (2): 42-62.

Halloy, S. R. P. (1989). Altitudinal limits of life in subtropical mountains: What do we know? *Pacific Science*, 43, 170–184.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., and P. D. Ryan, (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Electronica* 4(1): 9pp.

Hopkins W. & Rowe C. (2010) Interdisciplinary and hierarchical approaches for studying the effects of metals and metalloids on amphibians. In: *Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles*, Second Edition. CRC Press.

Horn, D. J., R. J. Fletcher, Jr. & R. R. Koford. 2000. Detecting area sensitivity: a comment on previous studies. *American Midland Naturalist* 144: 28-35.

Horne, M.T. y Dunson, W.A., (1994). Exclusion of the Jefferson salamander, *Ambystoma jeffersonianum*, from some potential breeding ponds in Pennsylvania: Effects of pH, temperature, and metals on embryonic development. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 27(3), pp.323–330.

Icochea J., E. Lehr, D. Neira, U. Sinsch, Alberto Veloso y H. Núñez. (2010). *Telmatobius peruvianus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T21584A9292376. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T21584A9292376.en>. Recuperado el 15 October 2018.

Jiménez-Valverde, A. & Hortal, J., (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8: 151–161

Karanth, K.U. y J.D. Nichols (eds.). 2002. Monitoring tigers and their prey, a manual for researchers, managers and conservationist in tropical Asia. Centre for Wildlife Studies, Bangalore, India.

Karanth, K.U., J.D. Nichols y N.S. Kumar. 2004. Photographic sampling of elusive mammals in tropical forest. Pp 229-247 en: Thomson W. L. (ed.). *Sampling rare or elusive species*. Island Press. Washington.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including the name "SARAZ" at the bottom.



Kattan, H, G; H. Serrano & Aparicio. (1996). Aves de Escalete: Diversidad, estructura trófica y organización social. *Cespedesia* Vol. 21 (68) 920.

Kassambara A. and Mundt F. (2017). *factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses*. R package version 1.0.5.999. <http://www.sthda.com/english/rpkgs/factoextra>

Kays, R.W. y K.M. Slauson. 2008. Remote Cameras. Pp. 110-140 en: R.A. Long, P. MacKay, W.J. Zielinski y J.C. Ray (eds.). *Noninvasive survey methods for carnivores*. Island Press. Washington D.C.

Krebs, C. J. (1989). *Ecological methodology*. Harper Collins Publ. 654 pp.

Labra A, Leonard R, 1999. Intraspecific variation in antipredator response of three species of lizards (*Liolaemus*): possible effects of human presence. *J Herpetol* 33:441–448.

Lobos G., Rebolledo N., Sandoval M., Canales C y Perez J. F. 2018. Temporal Gap Between Knowledge and Conservation Needs in High Andean Anurans: The Case of the Ascotán Salt Flat Frog in Chile (Anura: Telmatobiidae: Telmatobius) *South American Journal of Herpetology* 2018 13 (1), 33-43

Lynam, A. 2002. Métodos de trabajo de campo para definir y proteger poblaciones de gatos grandes: los tigres indochinos como un estudio de caso. Pp. 62 en: R. Medellín, C. Equihua, C. Chetkiewics, A. Rabinowitz, P. Crawshaw, A. Rabinowitz, K. Redford, J. G. Robinson, E. Sanderson y A. Taber (eds.). *El jaguar en el nuevo milenio: una evaluación de su estado, detección de prioridades y recomendaciones para la conservación de los jaguares en América*. Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México y Wildlife Conservation Society. México.

Machado, M & Peña, G. (2000). Estructura numérica de la comunidad de aves del orden Passeriformes en dos bosques con diferente grado de intervención antrópica en los corregimientos de Salero y San Francisco de Icho. Tesis de Pregrado Chocó – Colombia, U.T.CH. Facultad de Ciencias Básicas.

Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey.

Maldonado Fonkén, M.S. & Maldonado, L. (2010) Los Bofedales: "Un oasis en la puna" (Bofedales: "an oasis in the puna"). *Ancash, Anuario Cultural (Ancash Cultural Yearbook)*, 70–77, Asociación Ancash, Antamina, Huaraz (in Spanish).

Maldonado, F. 2014. An introduction to the bofedales of the Peruvian high Andes. *Mires and Peat* 15(5): 1–13.

Merino-Viteri A, Coloma LA, Almendáriz A (2005) Los *Telmatobius* (Leptodactylidae) de los Andes de Ecuador y su disminución poblacional. *Studies on the Andean frogs of the genera Telmatobius and Batrachophrynus*. In: Lavilla EO, De la Riva I, editors. *Monografías de Herpetología* 7. Madrid, Spain: Asociación Herpetológica Española. pp. 9–38.

Merkt, J. 1987. Reproductive seasonality and grouping patterns of the north Andean deer or taruca (*Hippocamelus antisensis*) in southern Peru. In: C. Wemmer, ed. *Biology*



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing up, a signature 'P.', and other illegible marks.



and management of the Cervidae. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. Pp 388-401.

Ministerio de Agricultura y Riego. (2014). Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI. El Peruano. Pp: 520497-520504.

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.

Molina, C. (2003). *Ecología de Mannophryne herminae (Boettger 1893) (Anura: Dendrobatidae) en la Cordillera de la Costa, Venezuela*. Tesis doctoral, Postgrado de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 204 páginas.

Monge C and León-Velarde F. (1991). Physiological adaptation to high altitude: oxygen transport in mammals and birds. *Physiol. Rev.* 71: 1135–1172.

Montesinos, D. 2014. Inventario y estado de conservación de *Puya raimondii* (Bromeliaceae) en el departamento de Moquegua, Perú. *Chloris Chilensis* Año 17. N°1. URL: <http://www.chlorischile.cl>

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la Biodiversidad*. 1era Edición. Manuales y Tesis. Editado por CYTED (Programa Iberoamericano de ciencia y Tecnología para el Desarrollo). Volumen 1: 83 pp.

Morrone, J. (2001). Biogeografía de América Latina y el caribe. M&T-Manuales & Tesis SEA, vol. 3. Zaragoza.

Navas Carlos A.; Patterns of distribution of anurans in high Andean tropical elevations: Insights from integrating biogeography and evolutionary physiology, *Integrative and Comparative Biology*, Volume 46, Issue 1, 1 February 2006, Pages 82–91, <https://doi.org/10.1093/icb/ici001>

Novaro, A.J. (1997). *Pseudalopex culpaeus*. *Mammalian Species*, 558, 1-8. Retrieved from <https://mspecies.oxfordjournals.org/content/mspeciesarc/558/1.full.pdf>

Oksanen, J., F. G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. H. H. Stevens, and H. Wagner. (2017). *vegan: Community ecology package*. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>

Pacheco, L. F. (1988). *Actividad, densidad y hábitos alimenticios de dos especies de Liolaemus (Iguanidae)*. Tesina de Técnico Superior en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. 36 pp.

Pacheco, V. 2002. Mamíferos del Perú. Pp. 503 - 549, en Cevallos, G. y Simonetti J. A. (Eds.), *Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F.

Pacheco, V., R. Cadenillas, E. Salas, C. Tello y H. Zeballos. (2009). Diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 16(1): 5-32.



Handwritten notes and signatures on the left margin, including a vertical line of symbols and the signature 'S.M.P.A.' at the bottom.



Pearson OP. 1948. Life History of mountain viscachas in Peru. *Journal Mammalogy* 29: 345-374.

Pefaur, J.E. & W.E. Duellman. 1980. Community structure in high Andean Herpetofaunas. *Transactions of the Kansas Academy of Sciences*, 83(2): 45-65.

Peres, C. (1999). General guidelines for standarizing line transect surveys of tropical primates. *Neotropical Primates* 7: 11 – 16.

Pincheira-Donoso, D., Tregenza, T., Witt, M. J. and Hodgson, D. J. (2013), Viviparity and climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 22: 857-867. doi:10.1111/geb.12052

Plenge M. A. (2018). *Especies y subespecies de las aves del Perú*. Lima, Perú. Recuperado en <https://sites.google.com/site/boletinunop/subespecies>.

Porembski, S. (2007). Tropical inselbergs: habitat types, adaptive strategies and diversity patterns. *Revista Brasileira Botanica*, 30, 579-586.

Ralph, C.; Geupel, G.; Pyle, P.; Martin, T.; DeSante, D. & Milá, B. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.

R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL

Redford K. & Eisenberg J. 1992. *Mammals of the Neotropics. The southern cone: Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay*. The University of Chicago Press, Illinois 2: 1-430.

RIDGELY, R & GUY, T, Tyrannidae, p. 401, en *Field guide to the songbirds of South America: the passerines – 1st ed.* – (Mildred Wyatt-World series in ornithology). ISBN 978-0-292-71748-0

Rivas Martínez, S & Tovar, O. (1987). *Vegetatio Andinae, I. Datos sobre las comunidades vegetales altoandinas de España (1:400.000)*. ICONA. Madrid.

Roe, N. & W. Rees. 1976. Preliminary observations of the taruca (*Hippocamelus antisensis*: Cervidae) in southern Peru. *Journal of Mammalogy* 57: 722-730.

Rolando JL, Turin C, Ramírez DA, Mares V, Mònerris J, Quiroz R. (2017): Key ecosystem services and ecological intensification of agriculture in the tropical high-Andean Puna as affected by land-use and climate changes. *Agric Ecosyst Environ* 2017, 236:221-233.

Romo, M. 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* 59:335–343.

Rosenzweig, M. L. 1995. *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press, Cambridge, 458 p.



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



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

Salinas, L; Arana, C & Suni, M. (2007). El néctar de especies de Puya como recurso para picaflores Altoandinos de Ancash, Perú. *Revista Peruana de Biología*, vol. 14, núm. 1, pp. 129-134. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú

Sarthou, C., Villiers, J. F., & Ponge, J. F. (2003). Shrub vegetation on tropical granitic inselbergs in French Guiana. *Journal of Vegetation Science*, 14, 645-652.

Sadinski, W., y Dunson, W. (1992). A Multilevel Study of Effects of Low pH on Amphibians of Temporary Ponds. *Journal of Herpetology*, 26(4), 413-422. doi:10.2307/1565117

Sánchez, I. & M. O. Dillon. (2006). Jalcas. En: Botánica Económica de los Andes Centrales. Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. Pág. 77-90.

Schulenberg T.S., Stotz, D.F., Lane D.F., O'Neill J. P. & Parker III, T. A. (2010). *Aves de Perú*. Serie Biodiversidad Corbidi 01. Centro de Ornitología y Biodiversidad-CORBIDI. Lima, Perú.

Seibert, P. 1996. *Farbatlas Südamerika. Landschaften und Vegetation*. Ulmer. Stuttgart.

Seimon, T.A., Seimon, A., Daszak, P., Halloy, S.R.P., Schloegel, L.M., Aguilar, C.A., Sowell, P., Hyatt, A.D., Konecky, B., Simmons, J.E., 2007. Upward range extension of Andean anurans and chytridiomycosis to extreme elevations in response to tropical deglaciation. *Glob. Change Biol.* 13, 288–299.

Seimon TA, Seimon A, Yager K, Reider K, Delgado A, Sowell P, Tupayachi A, Konecky B, McAloose D, Halloy S. Long-term monitoring of tropical alpine habitat change, Andean anurans, and chytrid fungus in the Cordillera Vilcanota, Peru: Results from a decade of study. *Ecol Evol.* 2017; 7:1527–1540. <https://doi.org/10.1002/ece3.2779>

Silver, S. 2004. Estimando la abundancia de jaguares mediante trampas-cámara. *Wildlife Conservation Society*, Nueva Cork.

Sinsch, U. 1986 Anfibios de la sierra central del Perú. Una clave de identificación para adultos y larvas. *Boletín de Lima*, 45: 23-33.

Soberón, J. & J. Llorente (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conserv. Biol.*, 7: 480-488.

Stattersfield, A.; Crosby, M; Long, A. y D. Wege. (1998). *Endemic Bird Area of the World: Priorities for Biodiversity Conservation*. BirdLife Conservation Series N. 7. Cambridge U.K: BirdLife International.

Stattersfield, A.; Crosby, M; Long, A. y D. Wege. (1998). *Endemic Bird Area of the World: Priorities for Biodiversity Conservation*. BirdLife Conservation Series N 7. Cambridge U.K: BirdLife International.

Storz J.F. (2007) Hemoglobin Function and Physiological Adaptation to Hypoxia in High-Altitude Mammals, *Journal of Mammalogy*, Volume 88, Issue 1, 28 February 2007, Pages 24–31, <https://doi.org/10.1644/06-MAMM-S-199R1.1>



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including the name 'S.M.P.' at the bottom.



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

Stotz, D.F., Fitzpatrick, J. W., Parker, T.A. & Moskovits, D. K. (1996). Neotropical birds: ecology and conservation: Chicago, EE.UU. Chicago University Press.

Tellería, J. L., J. L. Venero & T. Santos. 2006. Conserving birdlife of Peruvian highland bogs: effects of patch-size and habitat quality on species richness and bird numbers. *Ardeola* 53: 271-283.

Thiollay, J. M. (1997). Disturbance, Selective Logging and Bird Diversity: A Neotropical Forest Study. *Biodiversity and Conservation*, 6, 1155-1173.

Thornback, J. & M. Jenkins. 1982. The IUCN Mammal Red Data Book. Part 1: Threatened mammalian taxa of the Americas and the Australasian zoogeographic region (excluding Cetacea). IUCN, Gland, Switzerland.

Tovar, O. 1973. Comunidades vegetales de la Reserva Nacional de Vicuñas de Pampas de Galeras, Ayacucho, Perú. Publicaciones del Museo de Historia Natural Javier Prado, serie B, Botany 27: 1-32.

Uetz, P., Freed, P. & Jiri Hošek (eds.). (2018). *The Reptile Database* [07 de febrero del 2018]. Recuperado de: <http://www.reptile-database.org>.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2018). *The IUCN Red List of Threatened Species* vers. 2017-3 [07 de agosto del 2018]. Recuperado de: <http://www.iucnredlist.org>

Valqui, T. (2006). Perú. Edén natural de aves. Editorial Graph & Consult. Lima.

Vega, L. E., P. J. Bellagamba y L. A. Fitzgerald. 2000. Long-term effects of anthropogenic habitat disturbance on a lizard assemblage inhabiting coastal dunes in Argentina. *Canadian Journal of Zoology*, 78: 1653–1660

Venero, L. (2001). Inusual floración de *Puya raimondii* en Lares, Calca. Boletín de Lima. (123): 9-11.

Vielma, A & Medrano, F. (2015). Identificación y ecología de los Churretes Identificación y ecología de los Churretes (Cinclodes) de Chile. La Criricoca N°19.

Vilca Leonardo (2016). Riqueza, abundancia, diversidad y patrones de distribución espacial de anfibios, en bofedales con distinta intensidad de uso y manejo en la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca, Arequipa, setiembre 2014-marzo 2015. *Tesis de pregrado Universidad Nacional San Agustín de Arequipa*. Arequipa – Perú.

Villalba L, Lucherini M, Walker S, Cossíos D and others 2004. The Andean cat: a conservation action plan. *Andean Cat. Alliance*, La Paz.

Villagrán, C., Castro, V. 1997. Etnobotánica y manejo ganadero de las vegas, bofedales y quebradas en el Loa superior, Andes de Antofagasta, Segunda Región, Chile. *Chungará (Chile)* 29: 275-304.

von May, R., Catenazzi, A., Angulo, A., Brown, J.L., Carrillo, J., Chávez, G., Córdova, J.H., Curo, A., Delgado, A., Enciso, M.A., Gutiérrez, R., Lehr, E., Martínez, J.L., Medina- Müller, M., Miranda, A., Neira, D.R., Ochoa, J.A., Quiroz, A.J., Rodríguez, D.A., Rodríguez, L.O., Salas, A.W., Seimon, T., Seimon, A., Siu-Ting, K., Suárez, J.,



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



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

Torres, C., Twomey, E., 2008. Current state of conservation knowledge on threatened amphibian species in Peru. *Trop. Conserv. Sci.* 1, 376–396.

Voss, R y L. Emmons. 1996. Mammals diversity in Neotropical lowland rainforest: A preliminary assessment. *Bulletin of the American Museum of Natural History.*

Waide R. B., M.R. Willing, C.F. Steiner, G. Mit-Telbach, L. Gough, S.I. Dodson, G.P. Juday & R. Parmenter. 1999. The relationship between productivity and species richness. *Annual Review of Ecology and Systematic*,30: 257-300.

Wallace, R. B. 1999. Transectas lineales: Recomendaciones sobre diseño, práctica y análisis. P. VI-1 – VI-14 en L. Painter, D. Rumiz, D. Guinart, R. Wallace, B. Flores & W. Townsend (eds.). *Técnicas de Investigación para el Manejo de Fauna Silvestre: Un Manual del Curso Dictado con motivo del III Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía.* Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. BOLFORD Documento Técnico 82/1999, Santa Cruz.

Watson A. S., Fitzgerald A.L., Damian Baldeon O.J. y Elías R.K. (2017). Habitat characterization, occupancy and detection probability of the Endangered and endemic Junín giant frog *Telmatobius macrostomus*. *Endangered species research* 32: 429-436.

Weberbauer, A. (1945). *El mundo Vegetal de los Andes Peruanos.* Ministerio de Agricultura, Lima.

Werner, F.; Ledesma K y R. Hidalgo. 2006. Mountain Vizcacha (*Lagidium cf. peruanum*) in Ecuador-First Record of Chinchillidae from the Northern Andes. *Mastozoología Neotropical*, Julio-diciembre, año/vol.13, número 002. Sociedad Argentina para el Estudio de los Mamíferos. San Miguel de Tucumán, Argentina. Pp. 271-274.

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>

Wilson, D.; F. Cole; J. Nichols; H. Rudran & M. Foster. 1996. *Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for mammals.* Smithsonian Institution Press, Washington.

Young B, Stuart S, Chanson J, Cox N, Boucher T (2004) *Joyas que están desapareciendo: El estado de los anfibios en el nuevomundo.* Nature Serve, Arlington, p 53 in Spanish.

Young, K.R., B. León, P.M. Jørgensen, & C. Ulloa Ulloa. 2007. Tropical and subtropical landscapes of the Andes Mountains, in: T. Veblen, K.R. Young, & A.R. Orme (eds.), *The Physical Geography of South America.* Oxford University Press, Oxford, pp. 200-216.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including an arrow pointing up and various initials.