



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»

Formación Moquegua (PoNm-mo)

Corresponde a secuencias sedimentarias, reconocidas por primera vez por Adams (1908). Los afloramientos de esta formación se presentan en la parte sur y suroeste del área de LBA, alrededor del cerro Baúl y quebradas Mamarrosa, Calera, Sausine y Huanacune.

La litología consiste en conglomerados polimícticos con clastos subredondeados de guijas de andesita, riolita y diorita, englobados en matriz arenosa, además, presenta esporádicos niveles de tobas grises blancas. Esta unidad se encuentra distribuido en secuencias ligeramente estratificadas con estructuras sedimentarias sesgada-gradada, canales de corte y relleno (Martínez y Zuloaga, 2000).

Formación Huaylillas (Nm-huay)

Esta formación fue descrita por primera vez por Wilson y García (1962). Aflora en los cerros Alto de Tala, Chuntacala, Cocotea, Charaque, Condorani y quebradas Millune y Quimsuta, correspondiente a la zona I, y en la zona II afloran en los cerros Pampa Tolar y Pedregal. Este nivel volcánico cubre discordantemente a las formaciones del Grupo Toquepala e intrusivos de la Unidad Yarabamba.

Litológicamente está constituido por tobas blancas y rosadas de composición riolítica, con fragmentos líticos, cristales de plagioclasa y biotitas, englobados en matriz de cenizas blancas, asimismo, presenta ligera oxidación en fracturas (Figura 7-111). Estos afloramientos fueron descritos en el río Charaque (CG-QUE-52), Asana (CG-QUE-38), las quebradas Sarallenque (CG-QUE-42 y CG-QUE-43), Millune y nacimiento de la quebrada Papujune (CG-QUE-60).



Vertical handwritten text: 4-8-4-S-G-@-f-@-D



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

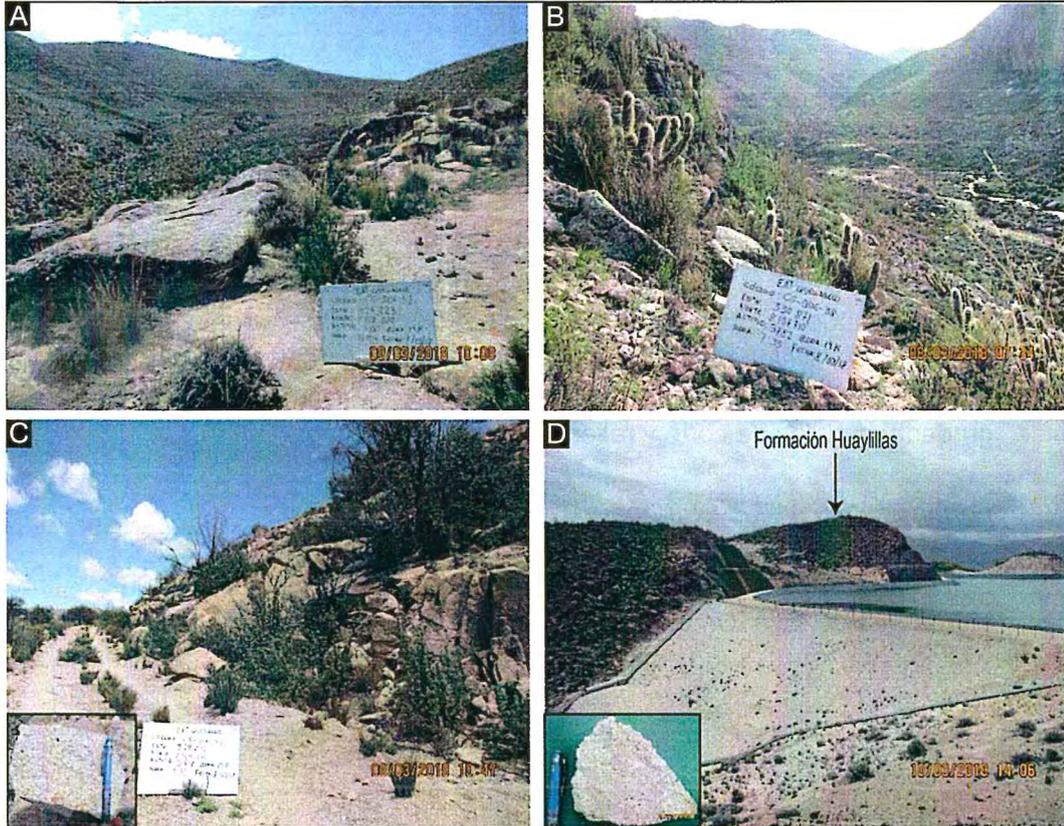


Figura 7-111. Afloramientos de la Formación Huayllillas en A) río Charaque, B) río Asana, C) quebrada Sarallénque, y D) nacimiento de la quebrada Papujune

Formación Millo (Np-mi)

Identificado por Vargas (1969). Aflora principalmente en las quebradas Calacaja, Chilca, Huanacune y Pedregal. La litología consiste en conglomerados polimícticos, clasto soportado de formas subangulosas, intercaladas con niveles de tobas de lapilli marrón a parda de composición riolítica, además, presentan cristales de plagioclasa, pómez y escasos líticos y lamelas de biotita. Este nivel volcánico fue datado en 8,9 Ma; 14,2 Ma y 12,5 Ma por Tosdal *et al.*, (1981).

Grupo Barroso

Centro volcánico Chuquiananta (NQ-b/chu)

Las rocas de este centro volcánico afloran en el lado NE del área de LBA; en los cerros Quimsuta, Sarallénque, Millune, en la carretera Cuajone-Quellaveco y en la parte alta del sector de Tala. Litológicamente está compuesto por aglomerados grises andesíticos, englobados en matriz de lapilli, además, se observa lavas y flujos piroclásticos, en secuencias mayores a 10 m de grosor (Martínez y Zuloaga, 2000).



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a large 'D' and 'M' at the top, and a vertical signature 'G. S. G.' at the bottom.



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

Depósitos cuaternarios

Los depósitos cuaternarios superficiales inconsolidados identificados en el área de operaciones corresponden a glaciario, coluvial-deluvial y aluvial. En los dos primeros casos cubren discordante a las rocas volcánicas predecesoras en laderas y mesetas, en cambio, los depósitos aluviales se encuentran en el fondo de los valles.

• Rocas intrusivas

El área de operaciones presenta rocas intrusivas del Batolito de la Costa asignadas como Súper Unidad Yarabamba, el cual comprende a rocas como: diorita, granodiorita-diorita, granodiorita, monzonita y pórfido monzonita. El emplazamiento de estos intrusivos está asociadas al sistema de fallas Incapuquio, además la edad de cristalización en este sector varía de $66,3 \pm 7,5$ a $45,9 \pm 0,3$ Ma (Zimmermann y Kihien, 1983).

En sentido general, según Rivera (2014), esta Súper Unidad presenta vetas y vetillas de dirección N150° y N40° (asociada al sistema de fallas Incapuquio) con mineralización de Cu, Pb, Zn, Cu y Mo, debido a la interacción de los fluidos hidrotermales de la intrusión monzoníticas y granodioríticas (últimas fases de la diferenciación magmática). Los sulfuros de cobre principales en esta Súper Unidad corresponde a la bornita (Cu_5FeS_4), calcosina (Cu_2S), covelita (CuS), calcopirita ($CuFeS_2$) y tetraedrita ($(Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13}$) y los minerales secundarios son cuprita (Cu_2O), crisocola ($(Cu,Al)_4H_4(OH)_8Si_4O_{10} \cdot nH_2O$), malaquita ($Cu_2CO_3(OH)_2$) asociado a pirita (FeS_2), cuarzo (SiO_2), yeso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) y óxidos de hierro.

Diorita (Pp-bc/y-di)

El stock más extenso corresponde a los intrusivos dioríticos. Afloran en la quebrada Lloquene, naciente de la quebrada Mamarrosa, río Coscore (sectores Coscore y Pocata), aguas abajo del sector de Tala y en el río Huancanane (aguas abajo del sector Huancanane). En el POG CG-QUE-76 se describió dioritas grises moderadamente fracturadas con costras de carbonatos y óxidos de manganeso en fracturas (Figura 7-112A). De igual modo, en CG-QUE-77 se observó dioritas grises con alteración argílica e intenso fracturamiento asociado a fallas con relleno de calcita en venillas (Figura 7-112B).



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a large 'D' and a vertical list of symbols and characters.



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

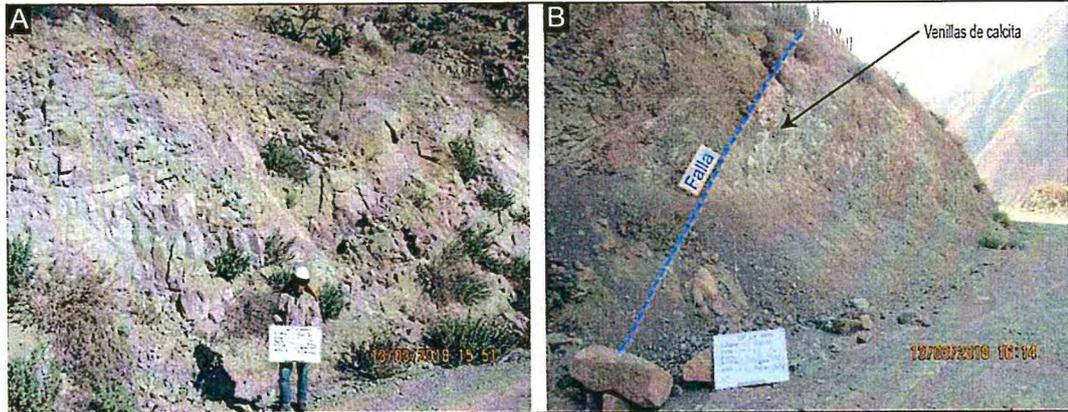


Figura 7-112. Afloramientos de las dioritas de la Unidad Yarabamba en la carretera Tumilaca-Coscore en A) punto CG-QUE-76 y B) punto CG-QUE-77, donde se muestra la falla geológica y las venillas de calcita

Granodiorita-diorita (Pp-bc/y-gd, di)

Estos intrusivos afloran fuera del área de LBA, al norte de la unidad minera Toquepala; sin embargo, se ubica en la naciente de la quebrada Cortadera, por lo tanto, aporta sedimentos e influye en la composición química de las aguas que discurren en la zona II. Litológicamente presentan diferenciación magmática de dioritas (alteración argílica y propilítica) en el lado este a granodioritas en el lado oeste.

Granodiorita (Pp-bc/y-gd)

Los afloramientos de este intrusivo se ubican en el río Asana (aledaño al tajo Quellaveco) y en la naciente del río Charaque. En ambas márgenes del río Asana (CG-QUE-45 y CG-QUE-55) se observan afloramientos de granodiorita gris clara con cristales de biotita y plagioclasa. Adicionalmente, presenta mineralización de óxidos de hierro en stockwork y óxidos de manganeso y óxidos de cobre (malaquita y crisocola) en fracturas (Figura 7-113).

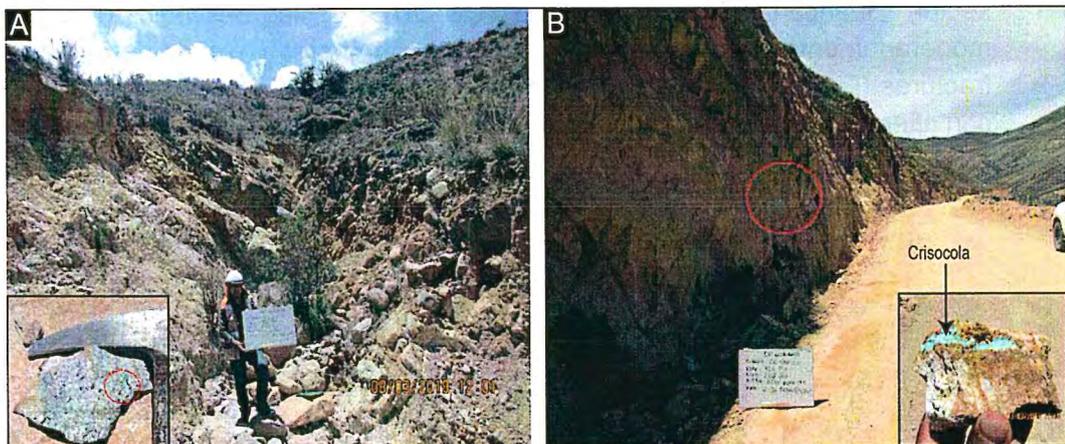


Figura 7-113. Afloramientos de granodiorita con mineralización de óxidos en A) margen derecho del río Asana y B) margen izquierdo del río Asana



D
S
y
@
f
@
G
S
M
B
T



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»

En la quebrada sin nombre, que tributa al río Charaque (CG-QUE-49) afloran granodioritas argilizadas con abundantes minerales de hornblenda y plagioclasa, presenta venillas paralelas de dirección N120°, *stockwork* relleno con óxidos de hierro y pirita, adicionalmente se observó costras de sulfatos precipitados. En conjunto, asociado a zonas de fallas de dirección N65° (Figura 7-114).

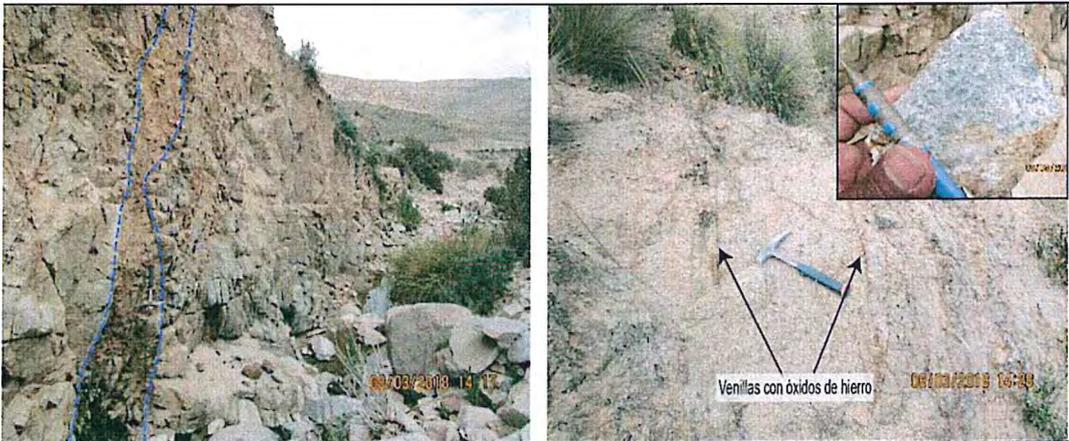


Figura 7-114. Afloramientos de granodiorita en la quebrada sin nombre (tributario del río Charaque), donde se observan fallas y venillas con óxidos y sulfuros

Monzonita (Pp-bc/y-mz)

Los afloramientos de la monzonita Yarabamba se encuentran en la confluencia de la quebrada Cortadera y Patilla (dique del depósito de relaves proyectado), quebrada Cortadera, alrededor del campamento Salviani, la planta de procesos proyectado y en el río Coscore (aguas arriba del anexo Coscore).

Los afloramientos ubicados en el dique del depósito de relaves, descritos en el POG CG-QUE-61, corresponden a monzonitas constituidas por minerales de feldespato potásico, hornblenda y plagioclasa, también, presenta venillas de cuarzo con epidota (Figura 7-115A). En las quebradas Salviani y Papujune (CG-QUE-67, CG-QUE-68 y CG-QUE-69) se presentan monzonitas grises con xenolitos de diorita, cúmulos de hornblenda (en algunos casos con leve oxidación) y costras de carbonatos en fracturas (Figuras 7-115B, 7-115C y 7-115D). Finalmente, los afloramientos en la nueva carretera Quellaveco-Moquegua (CG-QUE-72) presentan monzonitas intensamente fracturadas asociada a zona de fallas con poca presencia de costras de carbonatos en las fracturas.



Vertical handwritten text on the left margin: D, A, y, @, t, @, G, S, M, F, F

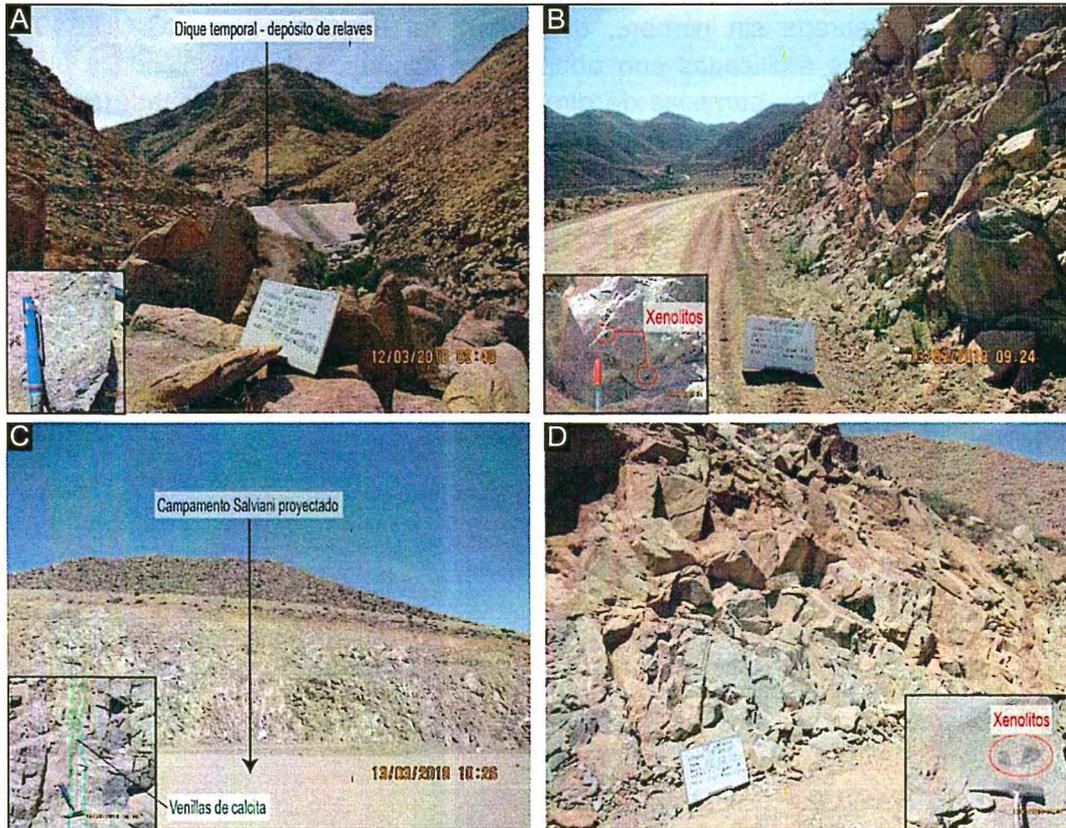


Figura 7-115. Afloramientos de las monzonitas de la Unidad Yarabamba en A) quebrada Cortadera, B) quebrada Papujune, C) campamento Salviani proyectado, y D) quebrada Salviani

Pórfido monzonita (Pp-bc/y-pmz)

Este pórfido aflora en el área del tajó Quellaveco proyectado y en la quebrada Millune (2 km antes de la confluencia con el río Asana), presenta forma alargada en dirección NO-SE, asimismo, corresponde a la unidad mineralizada con óxidos y sulfuros de cobre, acompañado de pirita y óxidos de hierro.

Esta unidad corta al stock de granodiorita y se emplazó en tres fases; pórfido temprano, pórfido intermineral y pórfido mineral tardío (Sillitoe, 2010). Las características petrográficas son similares en las tres fases. La alteración potásica y sericitica se encuentra asociado a mineralización de calcopirita, molibdenita y pirita distribuido en venillas tipo A, B y D, sin embargo, las zonas periféricas presentan alteración propilítica con venillas tipo D con relleno de pirita y calcita. En la Figura 7-116 se muestra de forma esquemática la evolución de las intrusiones, alteración y mineralización, de cobre del yacimiento en el rango de 60 a 54 Ma (Paleoceno).



Handwritten vertical text: A, D, A, y, @, y, I, @, G, S, M, A



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

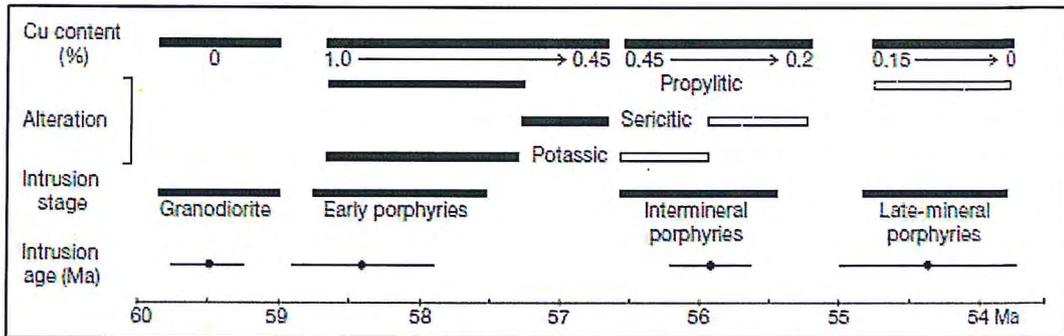


Figura 7-116. Evolución esquemática de la intrusión, alteración hidrotermal y mineralización de cobre del yacimiento Quellaveco

Contexto estructural

El contexto estructural del área de operaciones se encuentra controlada por el sistema de fallas Incapuquio que incluye a las fallas Quellaveco y Micalaco, los mismos que cortan al tajo y al depósito de relaves respectivamente, asimismo, estas estructuras regionales controlaron el emplazamiento de los intrusivos de la Súper Unidad Yarabamba y la posterior mineralización asociado al pórfido monzonita (Figura 7-117).



Handwritten signature and notes in blue ink, including an arrow pointing up and the text 'D' and 'P'.

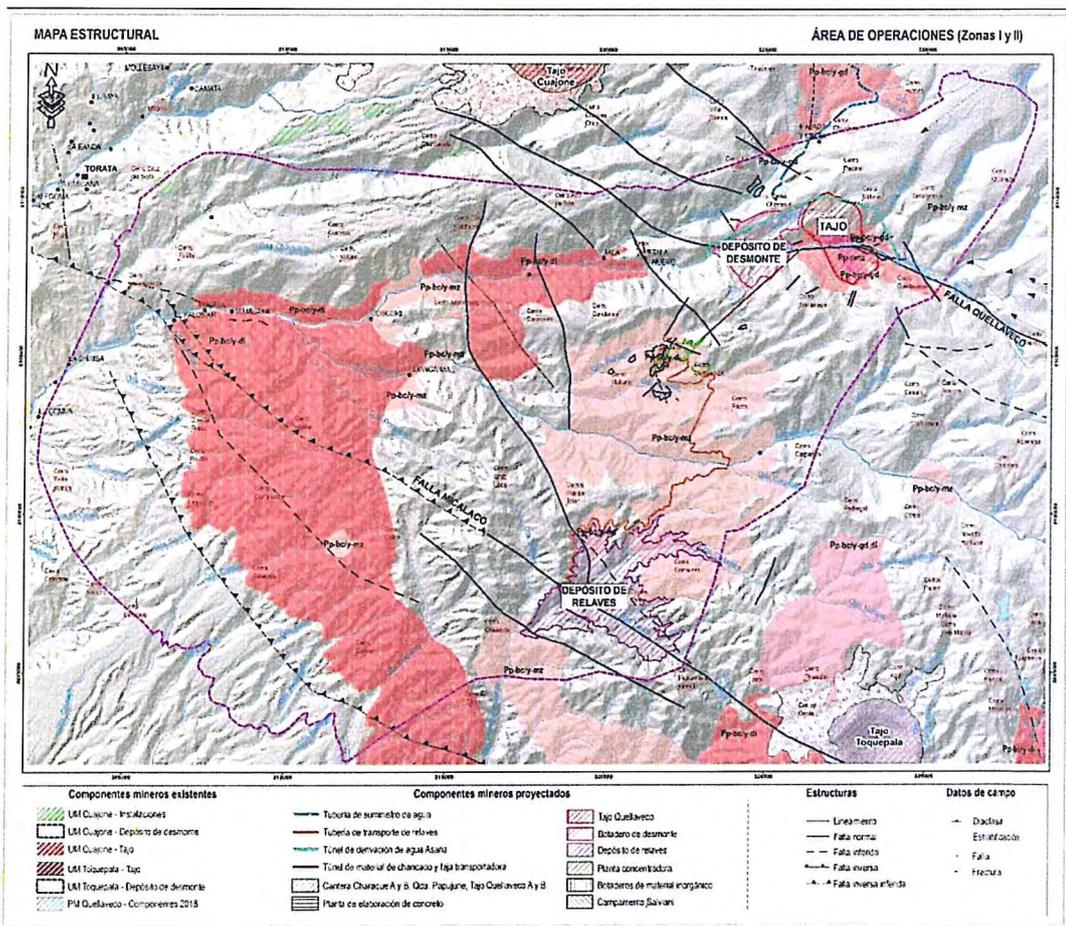


Figura 7-117. Contexto estructural del área de operaciones (zonas I y II) del PM Quellaveco



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

La falla Quellaveco se encuentra alineado al río Asana y tiene dirección preferencial NO-SE. Esta estructura corta al tajo Quellaveco y al depósito de desmonte proyectado, adicionalmente se tiene fallas locales *riedel* y tensionales que se observan en la quebrada sin nombre (tributario del río Charaque), quebrada Millune, sector Tala Nuevo y quebrada Papujune.

La falla Micalaco se alinea con la quebrada Yarito y corta diagonalmente al depósito de relaves y a la quebrada Patilla. Esta estructura regional controla la mineralización del pórfido de Toquepala y se extiende hasta el sector de Tumilaca y Torata. Adicionalmente se generaron fallas tensionales NE que cortan perpendicularmente a la quebrada Cortadera, estas fallas se encuentran rellenas con roca molida, acompañado de venillas con especularita y hematita.

B. Área de abastecimiento de agua

El área de abastecimiento de agua (zona III) presenta rocas que varían del periodo Neógeno a Cuaternario, que consiste en secuencias volcanosedimentarias (Grupo Maure y Formación Capillune), volcánicas (formaciones Vizcachas y Sencca, y Grupo Barroso) y finalmente depósitos superficiales cuaternarios (volcánico, glaciar, residual, aluvial y biogénico). La distribución espacial de las unidades y el orden de deposición cronológica se presentan en la Figura 7-118. Para una mejor visualización de las unidades geológicas ver Anexo 4.



Handwritten vertical text: 'D', '4', '@', 'y', 't', '@', 'G', 'S', 'M', 'A' with arrows pointing up and down.

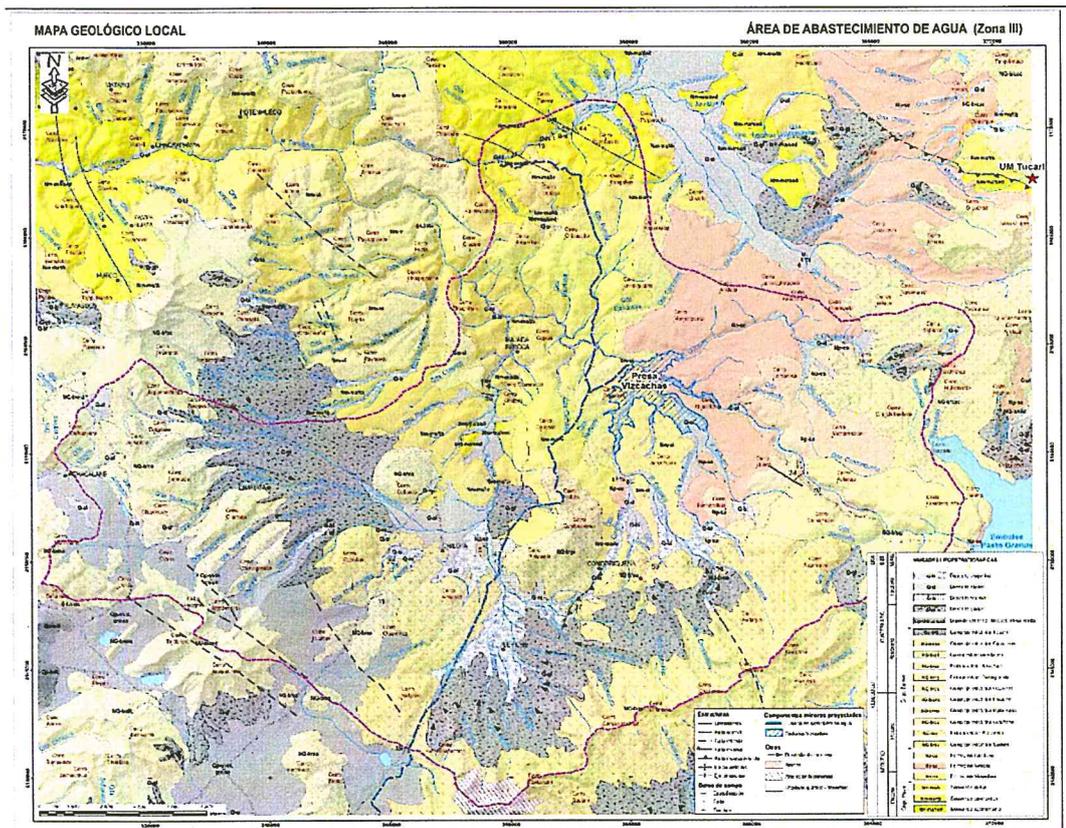


Figura 7-118. Mapa geológico local del área de abastecimiento de agua del PM Quellaveco



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»

• **Litoestratigrafía**

Las unidades litoestratigráficas varían temporalmente desde la época Miocena (Grupo Maure y Formación Vizcachas), Pliocena (Formaciones Sencca y Capillune), Neógeno-Cuaternario (Grupo Barroso) y depósitos superficiales inconsolidados cuaternarios (volcánico, glaciario, residual, aluvial y biogénico).

Grupo Maure (Nm-ma)

Este grupo fue descrito por primera vez por Bellido y Guevara (1963) y consta de tres secuencias, los mismos que son descritos a continuación.

Secuencia sedimentaria (Nm-ma/sed)

Afloran en ambas márgenes del río Titire (aguas arriba del sector Bocatoma de agua del PM Quellaveco), río Aruntaya y en el río Coralque (Sector Chacrapampa). Estas secuencias se restringen a las laderas bajas y medias de los valles, controlado por pliegues de dirección andina.

La litología descrita en el río Titire, en los POG CG-QUE-20, CG-QUE-21, CG-QUE-22 y CG-QUE-24 consisten en lutitas verdes, areniscas gris violáceas y verdes con nódulos verdes, canales de gravas, calizas silicificadas gris marrón, margas y chert de color blanco. Asimismo, presenta fallas locales y venillas con relleno de cuarzo, óxidos de hierro y carbonatos (Figura 7-119).



Vertical handwritten text: D, A, @, R, G, S, M, A



Figura 7-119. Afloramientos del Grupo Maure-secuencia sedimentaria en el río Titire



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

En la parte media del río Chilota, en el POG CG-QUE-05 se observó niveles de calizas blancas subhorizontales con buzamiento de 5° hacia el este, además, presentan bioturbación y microplegues sinsedimentarios (*slumps*) (Figura 7-120).



Figura 7-120. Afloramientos de calizas del Grupo Maure-secuencia sedimentaria en el río Chilota

Secuencia piroclástica (Nm-ma/tb)

Afloran ampliamente en la naciente del río Coralaque, parte baja del río Vizcachas río Chilota y sector Pampa Huata (lado NO de área de LBA). Litológicamente está compuesto por tobas blancas a rosadas en la base intercalada con sedimentos volcanoclásticos, en la parte superior consiste en tobas violáceas a rojizas y niveles de sedimentos verde olivo (Galdós y Ticona, 2000).

Las características descritas en los ríos Chilota y Vizcachas, en los puntos CG-QUE-01, CG-QUE-02, CG-QUE-03 y CG-QUE-04, consisten en niveles masivos de tobas líticas blancas, de composición riolítica y riódacítica, los líticas consisten en cenizas volcánicas, andesitas y areniscas. Adicionalmente presenta brechas silicificadas con fragmentos de andesita y dacita de color gris a violeta.

Estos niveles piroclásticos masivos son altamente susceptibles al intemperismo físico, la cual genera material residual en las laderas de los cerros. Así también algunos niveles se presentan moderada a intensamente fracturados, desarrollando óxidos de hierro y sílice amorfa en las aberturas (Figura 7-121)



Handwritten vertical text and symbols: '10', 'A', 'y', 'e', 'f', 't', 'e', 'G', 'S', 'y', 'A'.



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



Figura 7-121. Afloramientos del Grupo Maure-secuencia piroclásticas en los ríos Chilota y Vizcachas

Secuencia lávica (Nm-ma/lv)

Esta secuencia aflora en la confluencia del río Vizcachas con el río Chilota, en la quebrada Pumuta, cerros Ojelaca y Cullunco y en la Pampa Chilota. Litológicamente consiste en flujos de lavas afaníticas grises a marrones, constituidos por cristales de plagioclasa y hornblendas alteradas a cloritas (Galdós y Ticona, 2000).

Formación Vizcachas (Nm-vi)

Esta unidad volcánica yace discordante sobre el Grupo Maure. Aflora en la quebrada Chiquirani, cerros Veluyoc, Cruzani, Huerta y Jancohuara y en el área de la presa Vizcachas. Cabe precisar que esta unidad volcánica constituye la base sobre el cual se construirá el dique de la presa Vizcachas.

La litología de esta formación consiste en tobas de cristales masivas de color pardoamarillento, constituido por cuarzo, biotita y escasos cristales de hornblenda y plagioclasa, además se aprecian esporádicos lentes de pómez, englobados en matriz de cenizas con pequeños fragmentos líticos.



Handwritten mark resembling a stylized 'A' or '1'

Handwritten vertical text: D, P, M, @, f, t, @, G, S, M, G, A



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»

Formación Sencca (Np-se)

Esta unidad piroclástica yace discordante sobre la Formación Vizcachas e infrayace a los depósitos de la Formación Capillune y a los volcánicos del Grupo Barroso. Aflora en la naciente del río Aruntaya, río Chincune, río Churijahuira, río Huaraya, quebrada Queullocachi y en el embalse Pasto grande. La litología consiste en tobas con cristales de cuarzo y biotita, fragmentos líticos de andesita y pómez, englobados en matriz de cenizas.

Formación Capillune (Np-ca)

Esta unidad se dispone discordante sobre la Formación Sencca y se encuentra cubierto por los depósitos volcánicos del Grupo Barroso. Los afloramientos principales se presentan en el lado oeste del embalse Vizcachas, naciente del río Vizcachas y Huaraya y en la Pampa Chilota. Adicionalmente aflora en el sector Condoriqueña, asociado a lentes controlado por fallas inversas, descritas en el POG CG-QUE-18.

La litología corresponde a secuencias limos, arcillas y diatomitas depositado en ambiente lacustre con esporádicos niveles de tobas y conglomerados.

En la naciente del río Chilota, en los puntos CG-QUE-12, CG-QUE-12A y CG-QUE-13 afloran niveles de areniscas amarillas con laminación paralela y secuencias delgadas de conglomerados amarillos, intercalado con niveles de lavas andesíticas con textura escoriaécea, en conjunto, cubiertos por niveles de flujos piroclásticos del estrato volcán Pasto grande (Figura 7-122A). De igual modo, en la Pampa Chilota, en el POG CG-QUE-15 se observaron intercalaciones de arenas, gravas, limos, tobas retrabajadas y niveles de superficies endurecidas con óxidos de hierro (*hard ground*). Estas secuencias presentan coloración blanca a gris clara y se encuentran finamente laminados (Figura 7-122B).



Vertical handwritten notes and symbols on the left margin, including an upward arrow, the letter 'D', and a vertical list of characters: 'D', '7', 'e', 's', 't', 'e', 'G', 'M', 'S', 'S', 'A'.

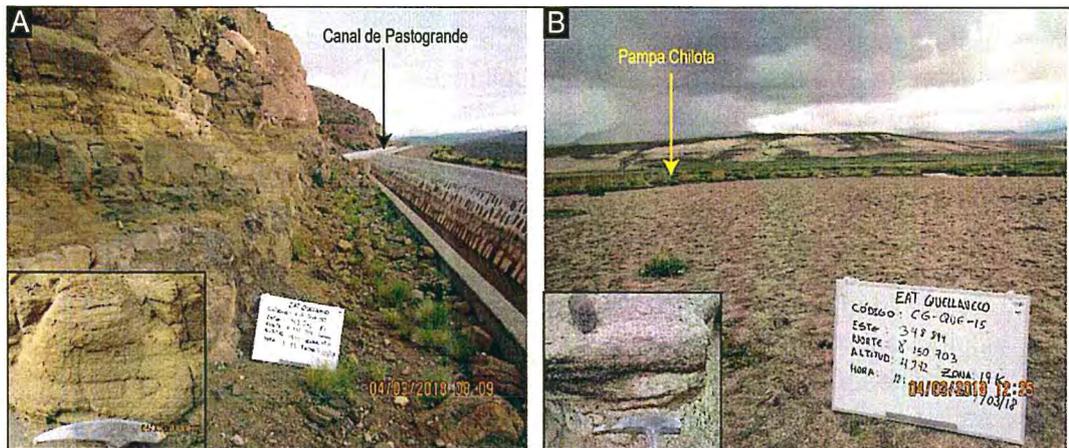


Figura 7-122. Afloramientos del Grupo Maure-secuencia piroclásticas en A) canal de Pasto grande en el río Vizcachas y B) pampa Chilota

Grupo Barroso (NQ-b)

El Grupo Barroso corresponde a un volcanismo amplio y en diferentes fases. Para este estudio se ha diferenciado en función a la morfoestructuras, donde se ha determinado complejos volcánicos, estrato volcanes y centros volcánicos



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»

(Quispesivana y Zapata, 2000 y Galdós y Ticona, 2000). La litología de cada unidad morfoestructural se describe en la Tabla 7-35.

Tabla 7-35. Litología de las unidades morfoestructurales del Grupo Barroso.

Unidad morfoestructural	Litología
Complejo volcánico Suches	Andesitas porfídicas, afaníticas y vesiculares
Estrato volcán Pichocollo	Lavas andesíticas y dacíticas porfídicas de color gris, constituidas por cristales de plagioclasa y biotita
Complejo volcánico Cotañane	Tobas riódacíticas con biotitas, lavas traquiandesíticas porfídicas gris oscuras y andesitas porfídicas grises
Complejo volcánico Maralinane	Aglomerados andesíticos grises a pardos, andesitas porfídicas, tobas riódacíticas, andesitas porfídicas grises y traquiandesitas porfídicas
Complejo volcánico Encajine	Andesitas porfídicas a traquiandesíticas grises constituido por minerales de hornblenda y biotita
Complejo volcánico Oquelaca	Tobas riódacíticas blancas a pardas constituido por minerales de biotita, niveles de andesita grises y traquiandesitas porfídicas
Estrato volcán Pasto grande	Brechas con fragmentos de andesita englobados en matriz de ceniza, cubierto por lavas andesíticas grises
Estrato volcán Sasahuini	Lavas andesíticas porfídicas, lavas afaníticas y lavas dacíticas porfídicas
Centro volcánico Altarani	Andesitas porfídicas y afaníticas grises
Complejo volcánico Cacachara	Lavas vesiculares grises y lavas andesíticas porfídicas
Complejo volcánico Ticsani	Andesitas porfídicas y dacitas



D
P
4
@
f
↓
@
G
S
S
A

Las rocas volcánicas de este grupo afloran en la naciente de los ríos Chilota, Saltiajuaira, Calasaya, Aruntaya y Margaritani, quebrada Huilaque, cerro Pichocollo y alrededor del embalse Pasto grande. La ubicación de estas rocas generalmente se asocia a zonas glaciares (cobertura de nieve y desarrollo de morrenas) y procesos de alteración hidrotermal, debido a los diferentes episodios volcánicos (domos) ocurridos durante el desarrollo de cada morfoestructura volcánica. La mayoría de estos aparatos volcánicos se encuentran erosionados por lo que no muestran la morfología típica de un volcán. La edad determinada para este Grupo varía entre 7,2 y 0,7 Ma, por lo que se le asigna al Mioceno superior al Pleistoceno (Ingemmet, 1995).

El complejo volcánico Suches abarca la parte alta de la microcuenca Chilota y Vizcachas, específicamente en el lado sur y sureste del área de LBA. En la naciente de la quebrada Vallecito (Pampa Chilota), en el punto CG-QUE-10 y CG-QUE-09 se observó un domo andesítico con textura porfídica de color gris y flujos piroclásticos andesíticos con leve oxidación en fracturas (Figura 7-123).



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»

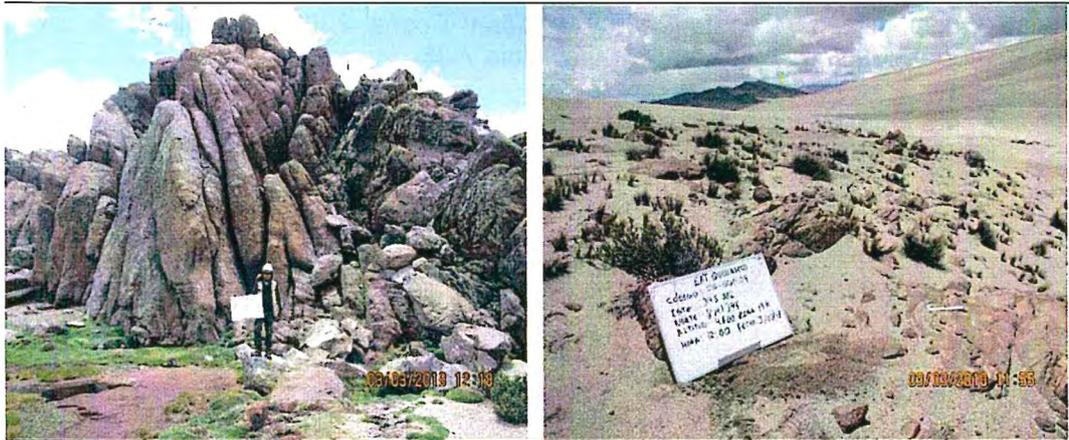


Figura 7-123. Afloramientos de las rocas volcánicas del complejo volcánico Suches, en la naciente de la quebrada Vallecito

En la naciente de la quebrada Lazosihui (sector Condoriqueña) y quebrada Huilaque, se estableció el canal de Pasto grande, en la cual, las características de los puntos CG-QUE-26, CG-QUE-27 y CG-QUE-28 muestran tobas re trabajadas con fragmentos de líticos subangulosos, flujos piroclásticos de color marrón con cristales, líticos y estructuras de oleaje, y riolitas gris parda con abundantes minerales de cuarzo y plagioclasa (Figura 7-124).

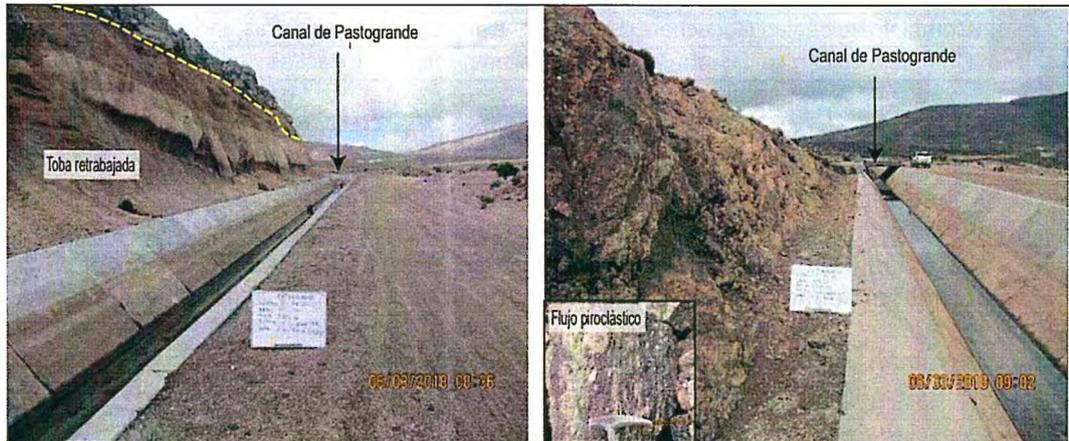


Figura 7-124. Afloramientos de las rocas volcánicas del complejo volcánico Suches, en el canal de Pasto grande, a la altura de la quebrada Huilaque

El Estratovolcán Pichocollo aflora en el cerro del mismo nombre, ubicado en la margen derecha del río Chilota. La litología identificada en el POG CG-QUE-17 consiste en tobas de composición dacítica de color gris a gris rojiza, constituido por minerales de plagioclasa y cuarzo.

El complejo volcánico Cotañane aflora en la naciente de las quebradas Colcajahuira y Taypecorata y en el cerro Collunco. El punto CG-QUE-06, ubicado en la ladera este del cerro Collunco afloran secuencias masivas de riolitas blancas, los mismos que son sometidos a intemperismo físico, y que generan material residual granular distribuido en las laderas.



Handwritten vertical text: A, D, A, y, @, f, t, e, G, S, y, f, e



Depósitos cuaternarios (Q)

Los depósitos superficiales desarrollados en el área de abastecimiento de agua, corresponden a material volcánico (bloques, arenas y cenizas), glaciar, residual, aluvial y biogénico.

Los depósitos volcánicos se aprecian en el lado suroeste del área de LBA, alrededor de los cerros Huacani, Coratagrande, Ocalso y Ticsani. Están constituidos por cenizas, pómez, fragmentos líticos (bloques) y arenas, relacionadas a los últimos eventos del volcán Ticsani y posterior erosión.

Los depósitos glaciares afloran ampliamente en la naciente del río Chilota y Calasaya, también se presenta en el lado oeste del área de LBA, al norte del embalse Pastogrande y en la margen derecha del río Queullirijahui. Este depósito se refiere al material removido por la actividad glaciar y se presenta en forma de morrenas laterales y frontales, con posterior erosión fluvial. En el POG CG-QUE-11, el depósito glaciar está compuesto por fragmentos de rocas volcánicas heterométricas subangulosas englobados en matriz arenosa (Figura 7-125).



Handwritten vertical text: ↑, D, S, M, @, ↓, e, G, S, M, A, ↓



Figura 7-125. Depósitos glaciares en la naciente del río Chilota, registrado en el canal de Pastogrande

Los depósitos residuales se ubican en la ladera sur y oeste del cerro Pichocollo, ladera este del cerro Collunco y en la quebrada Aguara. El material consiste en granos de cuarzo, plagioclasa y micas, englobados en matriz limosa y cenizas.

Los depósitos aluviales se disponen ampliamente en la Pampa Chilota, parte media del río Chilota, ríos Calasaya, Huaraya, Aruntaya y Titire, y en menor proporción en la parte media-alta del río Vizcachas. Está constituido por gravas subredondeadas de fragmentos volcánicos, areniscas, tobas, flujos piroclásticos, cuarzo amorfo y obsidiana, englobado en matriz arenolimosa.

Los depósitos biogénicos corresponden al material que compone los bofedales y pastizales húmedos. Se ubican en la Pampa Lepiche-Chilota, quebradas Panchata y Colpani, río Calasaya, Pampa Vizcachas y el sector Condoriqueña. La litología consiste en sedimentos finos, limos y arcillas con cobertura de materia orgánica y esporádicos fragmentos de rocas volcánicas y tobas.



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»

Contexto estructural

El contexto estructural del área de abastecimiento se evidencia principalmente en los pliegues (anticlinales y sinclinales) que cortan de forma perpendicular al río Titire, relacionados a la secuencia sedimentaria y piroclástica del Grupo Maure. En la Bocatoma del río Titire se han observado anticlinales y sinclinales cuyos flancos tienen buzamientos menores a 30°, los niveles sedimentarios corresponden a lutitas y arenas verdes, blancos y moradas, intercalado con niveles calcáreos (Figura 7-126)

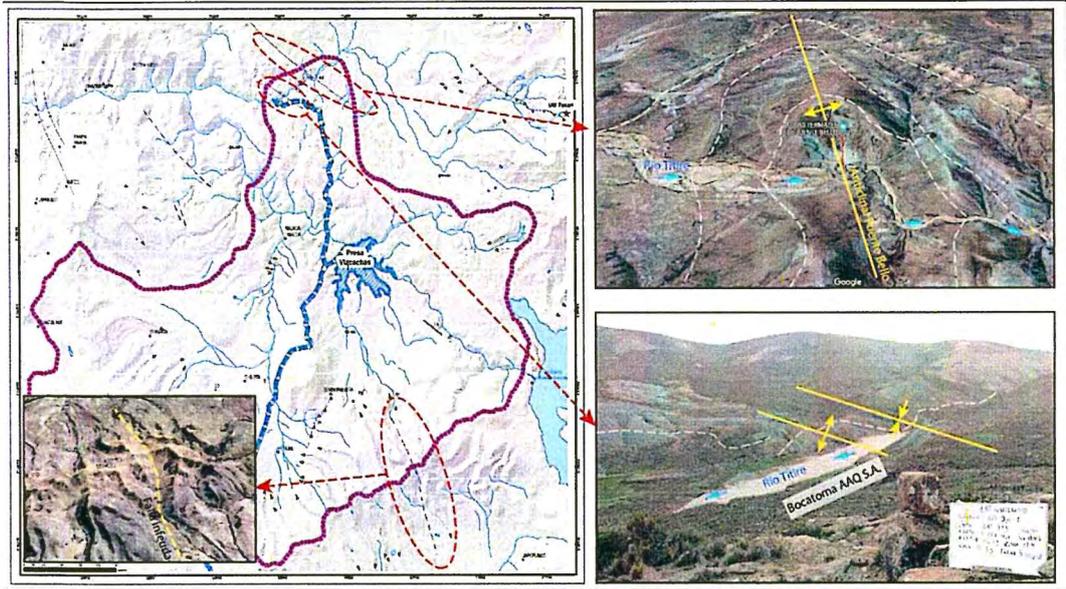


Figura 7-126. Pliegues y estructuras en el área de abastecimiento de agua (zona III) del PM Quellaveco

Las fallas conocidas e inferidas tienen dirección NO-SE y se desarrollaron en las rocas volcánicas de las formaciones Vizcachas y Sencca, y en mayor proporción en las morfoestructuras volcánicas del Grupo Barroso (Figura 7-126).

En el POG CG-QUE-18 (sector Condoriqueña) se observa depósitos de gravas, arenas y tobas retrabajadas finamente estratificadas, afectada por un conjunto de fallas inversas de dirección N30°/37°E con desplazamiento de hasta 0,5 m (Figura 7-127).

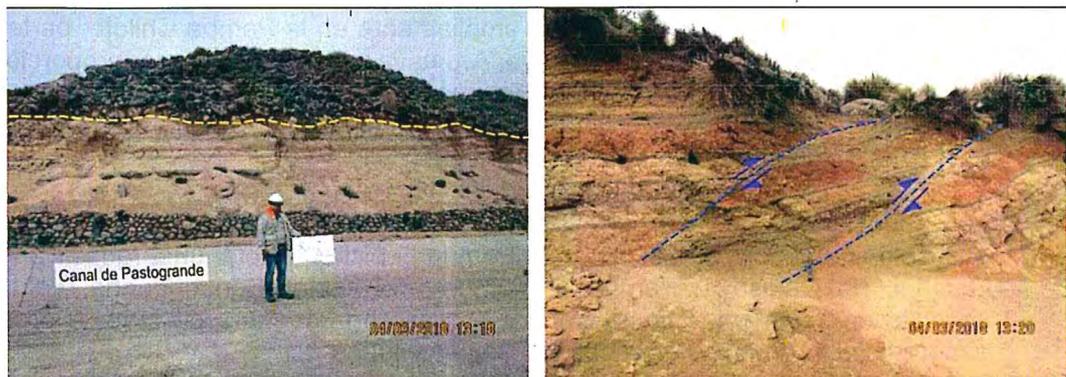


Figura 7-127. Fallas inversas en el POG CG-QUE-18, ubicado en el canal de Pasto Grande, a la altura del sector Condoriqueña



Vertical handwritten text in blue ink: A, D, P, y, @, J, @, G, S, G, A, F, S, G, A



7.3.5 Flora silvestre

7.3.5.1 Composición florística

A. Composición florística en el área de estudio

En el área de abastecimiento de agua del PM Quellaveco (en adelante, área de estudio), se han identificado 152 especies de plantas vasculares, agrupadas en tres Clases, 34 familias botánicas y 86 géneros (Anexo 5). La clase Magnoliopsida (Angiospermas) representa el grupo dominante con 114 especies (75%), seguidas de la clase Liliopsida (Angiospermas) con 29 especies (19,1%), una menor diversidad presenta la clase Polypodiopsida (Helechos) con nueve especies (5,9%), (Tabla 7-36 y Figura 7-128).

Tabla 7-36. Número de familias, géneros y especies por cada clase; registradas en el área de abastecimiento de agua para el PM Quellaveco

Clase	Familia	Género	Especie
Liliopsida	3	15	29
Magnoliopsida	27	64	114
Polypodiopsida	4	7	9

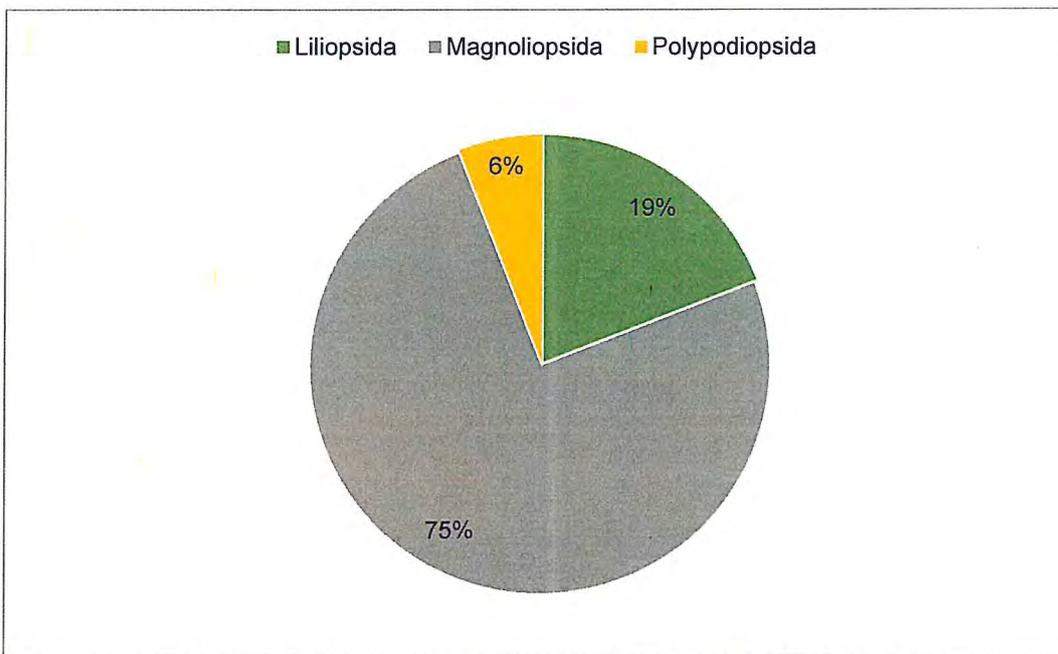


Figura 7-128. Porcentaje de especies por clase, registradas en el área de estudio

Las familias más diversas fueron Asteraceae con 45 especies en 14 géneros y Poaceae con 20 especies en 8 generos, en conjunto solo estas dos familias agrupan el 41,4 % del total de especies, más de la tercera parte del total presentes en el área de estudio; en general, estas familias son las más frecuentes (diversas) en las áreas altoandinas. Entre otras familias más diversas tenemos a Caryophyllaceae y Malvaceae con 12 y 7 especies cada una respectivamente. Además, entre las diez familias más diversas se agrupa el 74,5 % de especies registradas en el área (Figura 7-129 y 7-130).



Vertical handwritten text and symbols on the left margin, including an upward arrow and the letters 'D', 'S.', 'A', 'I'.



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

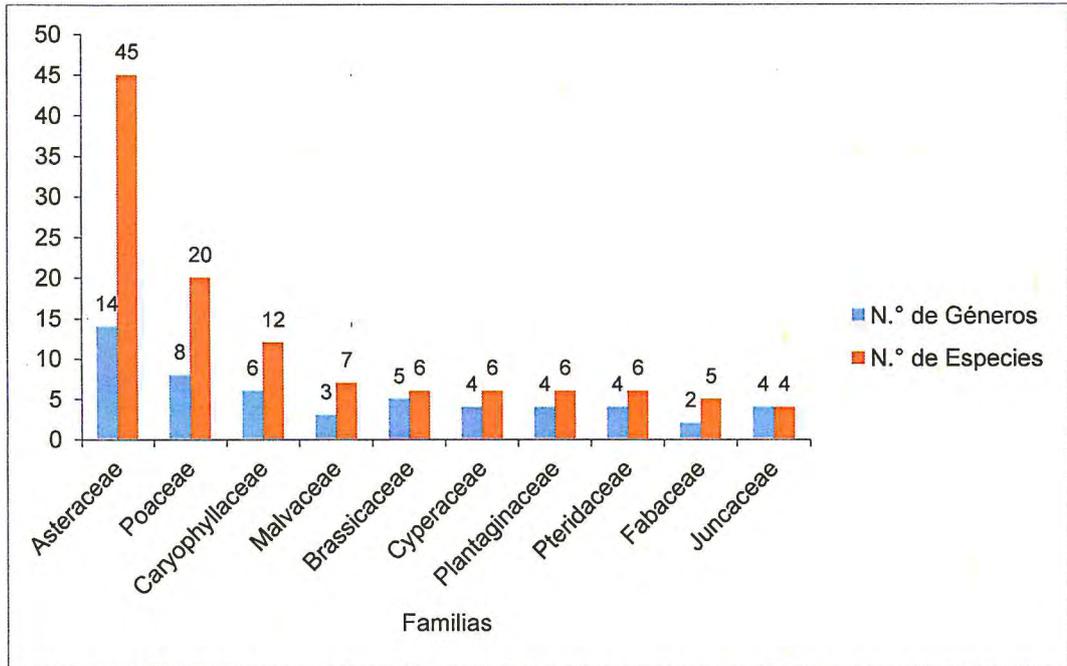


Figura 7-129. Familias más diversas, indicando número de géneros y especies, registradas en el área de abastecimiento de agua para el PM Quellaveco

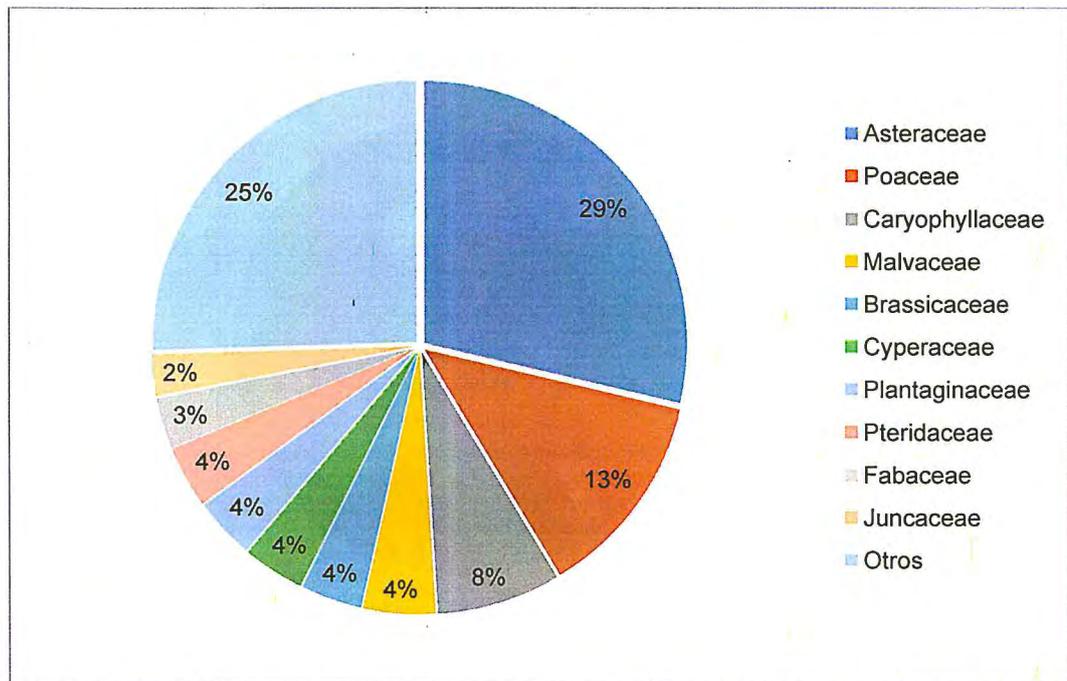


Figura 7-130. Familias con mayor porcentaje de especies (por encima del 1 % de especies registradas en el área de estudio)

Los géneros con mayor número de especies fueron *Senecio* y *Calamagrostis* con 19 y 10 especies respectivamente, estos 2 géneros de la familia Asteraceae y Poaceae respectivamente; son los más diversos de estas familias en el Perú y con mayor frecuencia en los Andes. Entre otros géneros tenemos a *Werneria* y *Nototriche* con 9 y 5 especies respectivamente. Los 10 géneros registrados en el área de estudio, agrupan el 40,8 % de las especies (Figura 7-131).



Vertical handwritten text: D, P, M, S, A



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

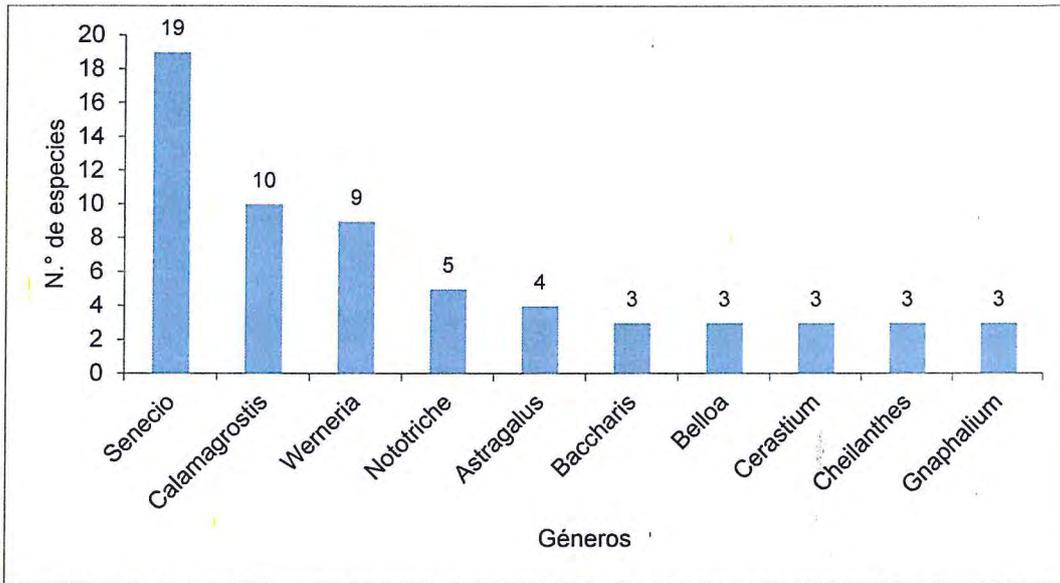


Figura 7-131. Géneros con mayor número de especies registrados en el área de estudio

Las especies de crecimiento herbáceo fueron las más comunes en el área de estudio, la cual con 128 especies representa el 84,2 % del total de las especies, seguida de los arbustos con 21 especies (13,8 %); menos frecuentes se encontraron la forma de crecimiento sufrútice con 3 especies (0,2 %) (Figura 7-132).

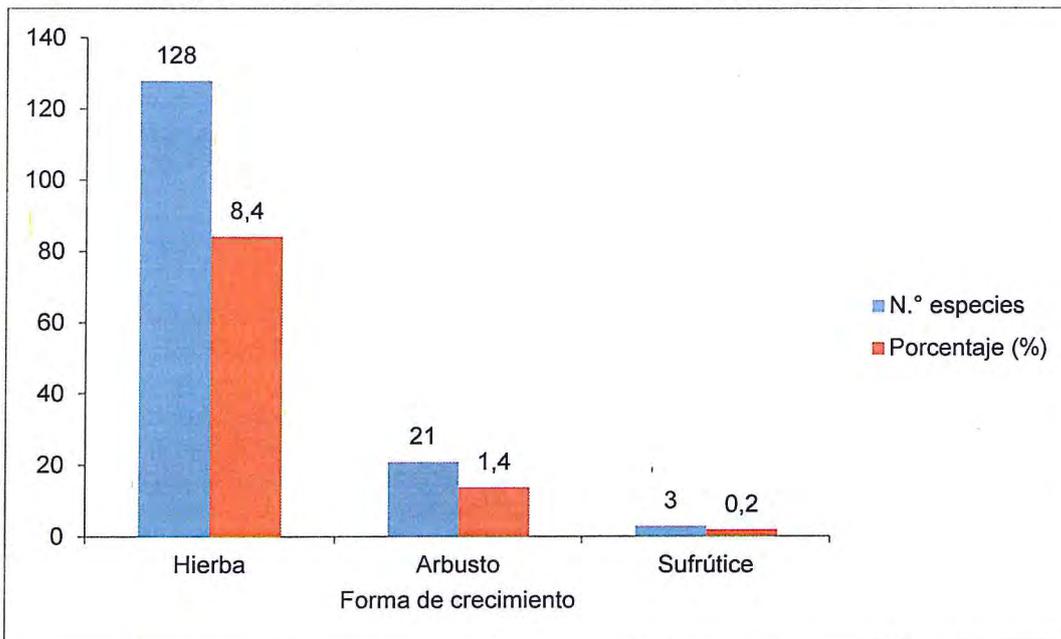


Figura 7-132. Formas de crecimiento de la flora vascular registrada en el área de estudio

• **Composición florística por formación vegetal**

Bofedal

Esta formación vegetal hidromórfica presentó vegetación herbácea característica, de origen generalmente natural; se presenta en los Andes sobre suelos planos o ligeramente inclinados, permanentemente inundados o saturados de agua corriente,



Handwritten vertical text: D, P, y, e, t, e, G, S, M, S, H



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

con vegetación densa y compacta siempre verde, de porte almohadillado o en cojín. La fisonomía de la vegetación corresponde a herbazales de 0,5 a 1 metro, son formaciones donde las especies dominantes son de los géneros *Distichia* y *Plantago*. Por ello, cumplen un rol importante en la ecología altoandina como hábitat de muchas especies de plantas y animales, y como fuente importante de recursos para los habitantes locales, principalmente respecto a actividades ganaderas. En consecuencia, es uno de los ecosistemas más afectados de la zona, clasificado como un ecosistema con alta prioridad de conservación. En esta formación se registraron 67 especies agrupadas en 24 familias y 51 géneros (Figura 7-133).

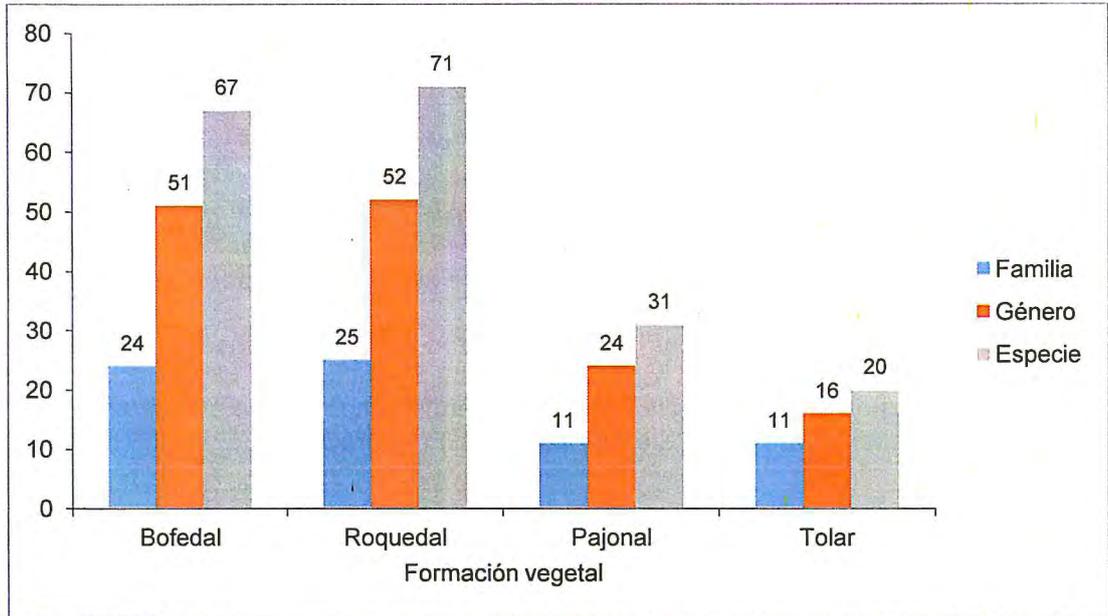


Figura 7-133. Número de especies, géneros y familias presentes en las cuatro formaciones vegetales presentes en el área de estudio

Vegetación de roquedal

Los roquedales son comunidades vegetales en donde el sustrato dominante es la roca, piedras y suelo descubierto, en ellas se puede observar la alternancia de especies arbustivas y herbáceas, además de otras formas de vida, debido principalmente a los numerosos microhábitats que ofrece. Destacan por su diversidad los arbustos y helechos que aprovechan los intersticios rocosos para establecerse. Los roquedales evaluados en el área de estudio estuvieron por encima de los 3500 m s.n.m. Se registraron 71 especies agrupadas en 25 familias y 52 géneros (Figura 7-133). Es una de las formaciones vegetales más frecuentes en el área de estudio.

Pajonal

Los pajonales son las formaciones altoandinas más extensas. Ocupan laderas de suelo terroso o algo pedregosos, y a veces muy escarpados. Los elementos característicos son los robustos manojos de diversas gramíneas cuya altura es de medio metro aproximadamente. En esta formación se registraron 31 especies agrupadas en 11 familias y 24 géneros (Figura 7-133).



Handwritten notes and signatures on the left margin, including a vertical list of letters: D, P, 4, @, j, t, @, G, S, Y, A, t.



Tolar

Es un tipo especial de matorral altoandino abierto a semidenso (20 a 40%)⁵¹, que se encuentra en lugares planos a casi planos y con suelo arenoso, formación arbustiva singular de los Andes del sur del país (Puno, Tacna, Moquegua, Arequipa, Ayacucho); ocupa áreas extensas y está dominado por la especie arbustiva "tola" (*Parastrephia* spp.), seguida de *Lepidophyllum* sp., *Baccharis* spp. y otras especies. En esta formación se registraron 20 especies agrupadas en 11 familias y 16 géneros (Figura 7-133).

• **Composición florística por ecosistema frágil (EF)**

EF1



Como ecosistema frágil se evaluó a la formación vegetal conocida como bofedal [y como ecosistemas asociados a la vegetación de roquedal (Roq). En este ecosistema (EF1), formación vegetal de bofedal, se registró 30 especies agrupadas en 12 familias y 23 géneros (Figura 7-134). Las familias más diversas fueron Poaceae con 6 especies, Cyperaceae con 5, Asteraceae con 4, seguida de Gentianaceae y Plantaginaceae con 3 especies cada una (Figura 7-135).

En la formación vegetal de roquedal se registró 28 especies agrupadas en 13 familias y 22 géneros (Figura 7-134). Donde las familias más diversas fueron Asteraceae con 12 especies, Poaceae con 3, y Brassicaceae y Cariophyllaceae con 2 especies cada una (Figura 7-135).

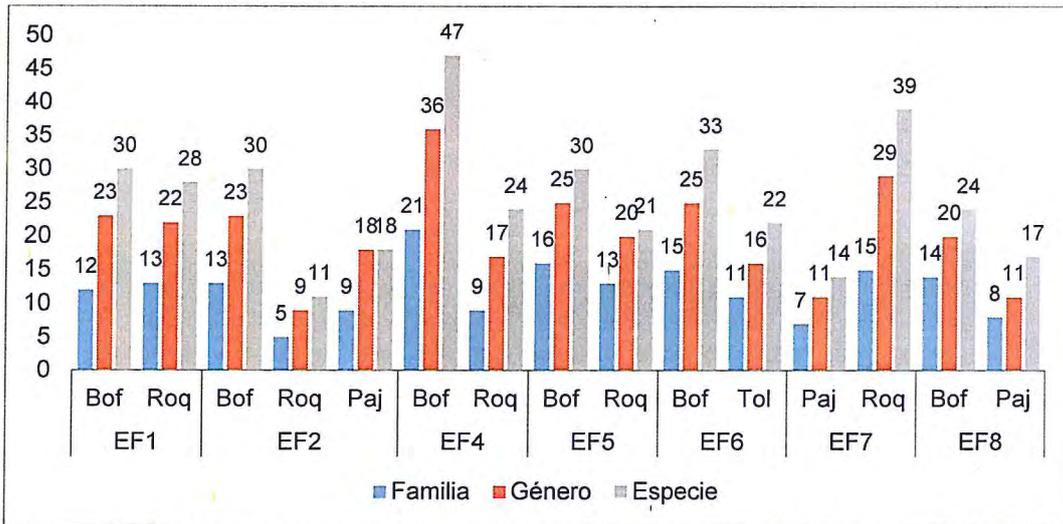


Figura 7-134. Número de especies, géneros y familias por formación vegetal, presentes en los ecosistemas frágiles en el área de estudio
Bof: bofedal, Roq: roquedal, Paj: pajonal, Tol: tolar

⁵¹ Característica que presentó la vegetación de tolar en el área de estudio.



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

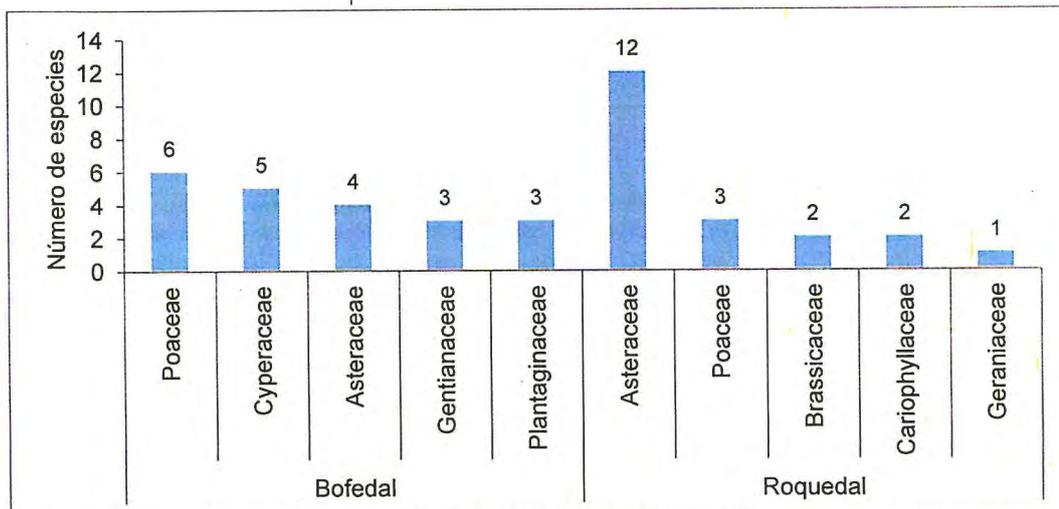


Figura 7-135. Familias más diversas por formación vegetal en el EF1, presentes en el área de estudio

EF2

En esta zona se identificó tres formaciones vegetales, entre ellas el ecosistema frágil bofedal como ecosistema principal, seguido de roquedal y pajonal como formaciones vegetales asociadas. En la formación vegetal de bofedal se registró 30 especies agrupadas en 13 familias y 23 géneros (Figura 7-134). Donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae con 6 y 4 especies respectivamente, entre otras familias están Plantaginaceae con 4 especies y Cyperaceae con 3 especies (Figura 7-136).

En la formación vegetal de roquedal se registró 11 especies agrupadas en 5 familias y 9 géneros (Figura 7-134). Donde las familias más diversas fueron Caryophyllaceae, Pteridaceae con 3 especies cada una, y Poaceae y Asteraceae ambas con 2 especies (Figura 7-136).

Asimismo, la formación vegetal de pajonal registró 18 especies agrupadas en 9 familias y 18 géneros. Donde las familias más diversas fueron Asteraceae, Poaceae y Caryophyllaceae con 6, 4 y 2 especies respectivamente; sin embargo, es importante resaltar que, respecto a la abundancia relativa, la familia Poaceae fue la más abundante.



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»

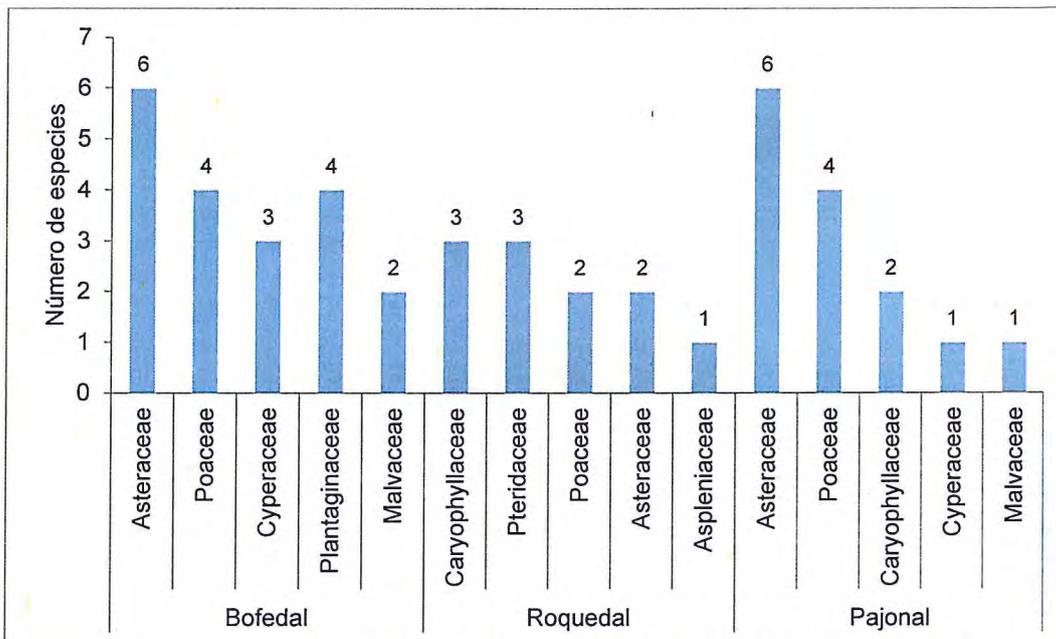


Figura 7-136. Familias más diversas por formación vegetal en el EF2, presentes en el área de estudio

EF4

En esta zona se identificó dos formaciones vegetales, entre ellas el ecosistema frágil bofedal como ecosistema principal, seguido de roquedal como formación vegetal asociada. En la formación vegetal de bofedal se registró 47 especies agrupadas en 21 familias y 36 géneros (Figura 7-134). Donde las familias más diversas fueron Poaceae y Asteraceae con 9 y 6 especies respectivamente, entre otras familias están Cyperaceae y Plantaginaceae ambas con 4 especies (Figura 7-137).

En la formación vegetal de roquedal se registró 24 especies agrupadas en 9 familias y 17 géneros (Figura 7-134). Donde las familias más diversas fueron Asteraceae, Poaceae y Brassicaceae con 11, 5, y 2 especies respectivamente (Figura 7-137).

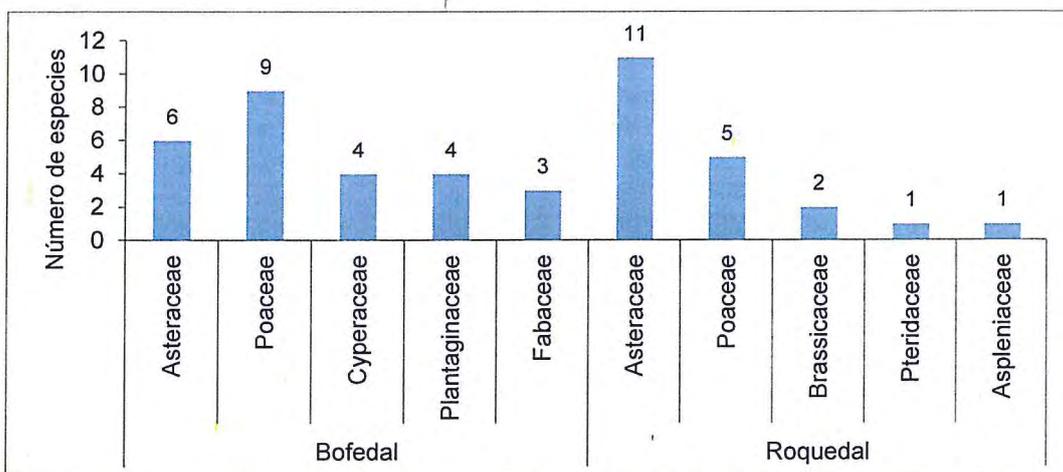


Figura 7-137. Familias más diversas por formación vegetal en el EF4, presentes en el área de estudio



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



EF5

En esta zona se identificó dos formaciones vegetales, entre ellas el ecosistema frágil bofedal como ecosistema principal, seguido de roquedal como formación vegetal asociada. En la formación vegetal de bofedal se registró 30 especies agrupadas en 16 familias y 25 géneros (Figura 7-134). Donde las familias más diversas fueron Poaceae con 6 especies, seguido de Cyperaceae y Juncaceae con 3 especies cada una, y entre otras familias fueron Asteraceae y Rosaceae ambas con 2 especies (Figura 7-138).

En la formación vegetal de roquedal del EF5 se registró 21 especies agrupadas en 13 familias y 20 géneros (Figura 7-134). Las familias más diversas fueron Asteraceae con 6 especies, seguidas de las familias Poaceae, Apiaceae y Caryophyllaceae con 2 especies cada una (Figura 7-138).

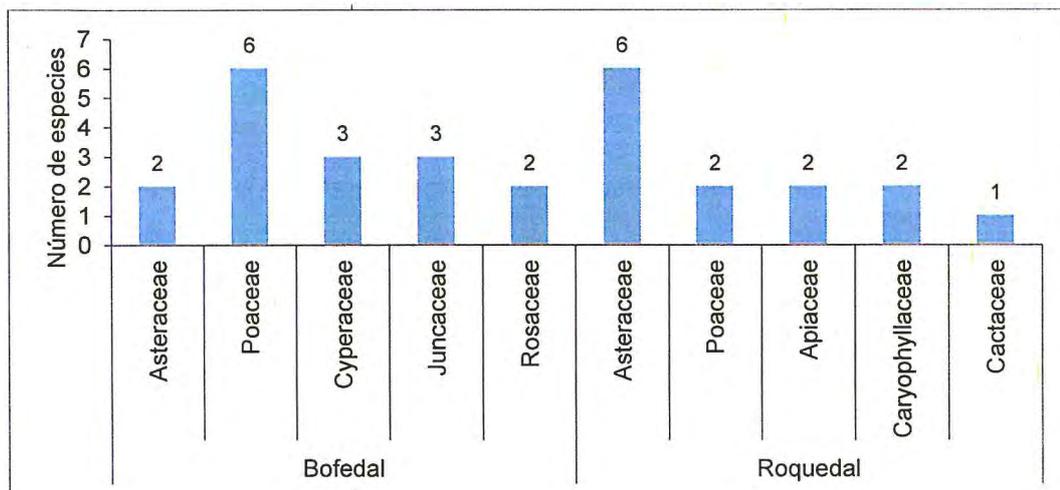


Figura 7-138. Familias más diversas por formación vegetal en el EF5, presentes en el área de estudio

EF6

En esta zona se identificó dos formaciones vegetales, entre ellas el ecosistema frágil bofedal como ecosistema principal, y el tolar como formación vegetal asociada. En la formación vegetal bofedal se registró 33 especies agrupadas en 15 familias y 25 géneros (Figura 7-134); donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae con 6 y 5 especies respectivamente, entre otras familias están Plantaginaceae con 4 especies, seguida de Cyperaceae y Juncaceae ambas con 3 especies (Figura 7-139).

En la formación vegetal tolar del EF6, se registró 22 especies agrupadas en 11 familias y 16 géneros (Figura 7-134); donde las familias más diversas fueron Asteraceae con 6 especies, seguida de Poaceae con 5, y Rosaceae y Cyperaceae con 2 especies cada una (Figura 7-139).



Handwritten vertical text: A, D, A, 2, @, J, t, @, G, S, Y, S, A, A



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

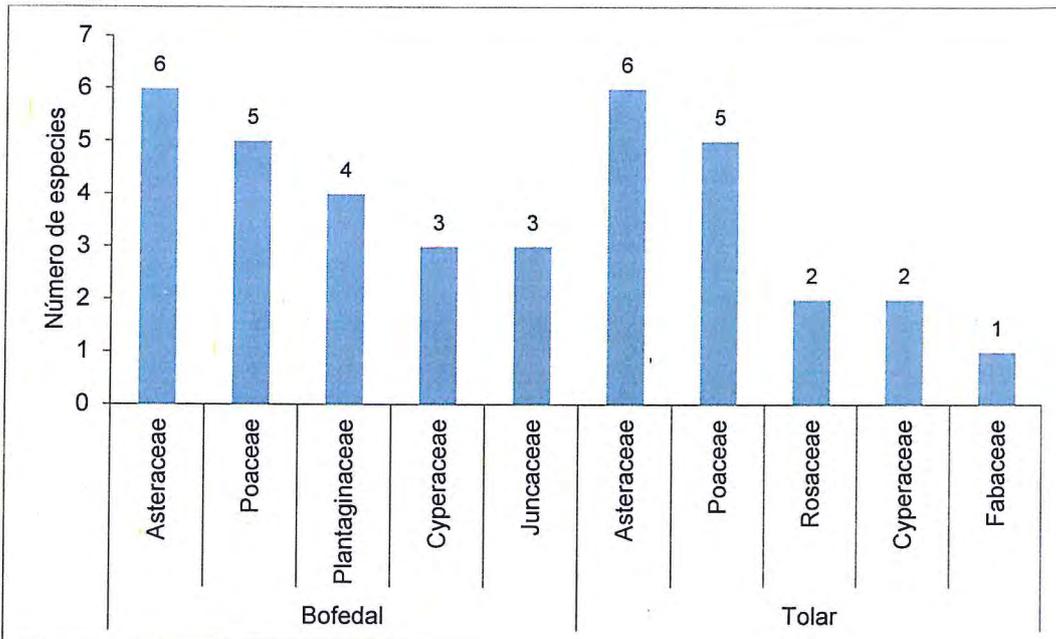


Figura 7-139. Familias más diversas por formación vegetal en el EF6, presentes en el área de estudio



EF7

En esta zona se identificó 2 formaciones vegetales, entre ellas el ecosistema frágil borde de quebrada (próximo a ser embalsado) como ecosistema principal, seguido de pajonal y roquedal como formaciones vegetales asociadas. En la formación vegetal el pajonal se registró 14 especies agrupadas en 7 familias y 11 géneros 111 Donde las familias más diversas fueron Poaceae y Asteraceae con 4 y 3 especies respectivamente, entre otras familias están Cyperaceae y Rosaceae con 2 especies cada una. (Figura 7-140).

En la formación vegetal de roquedal del EF7 se registró 39 especies agrupadas en 15 familias y 29 géneros (Figura 7-134). Donde las familias más diversas fueron Asteraceae con 18 especies, seguida de Poaceae con 4, y Solanaceae, Rosaceae y Pteridaceae con 2 especies cada una (Figura 7-140).

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»

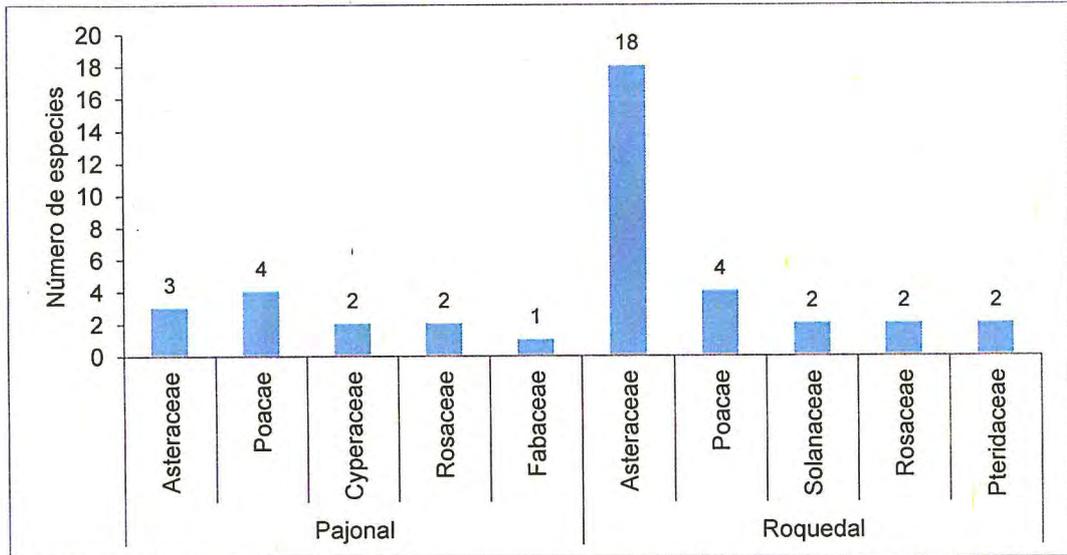


Figura 7-140. Familias más diversas por formación vegetal en el EF7, presentes en el área de estudio

EF8

En esta zona se identificó 2 formaciones vegetales, entre ellas el ecosistema frágil bofedal como ecosistema principal, seguido de pajonal como formación vegetal asociada. En la formación vegetal de bofedal se registró 24 especies agrupadas en 14 familias y 20 géneros (Figura 7-134). Donde las familias más diversas fueron Asteraceae, Poaceae, Cyperaceae y Juncaceae todas con 3 especies respectivamente, y la familia Plantaginaceae con 2 especies (Figura 7-141).

En la formación vegetal de pajonal del EF8 se registró 17 especies agrupadas en 8 familias y 11 géneros (Figura 7-134). Donde las familias más diversas fueron Asteraceae con 6 especies, seguidas de Poaceae y Malvaceae ambas con 3 especies, (Figura 7-141).

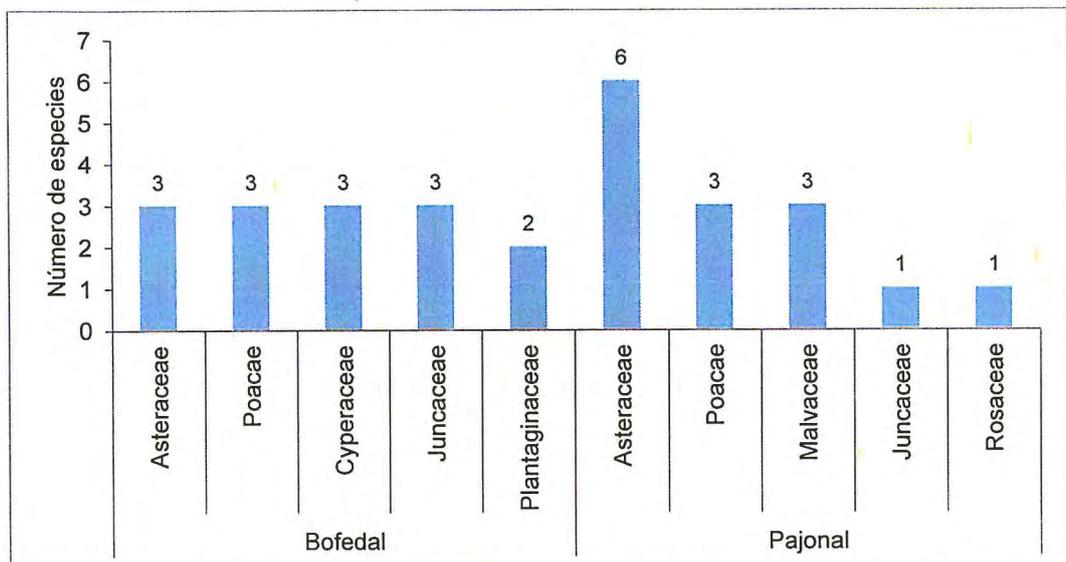


Figura 7-141. Familias más diversas por formación vegetal en el EF8, presentes en el área de estudio



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a large 'D' and various symbols.



7.3.5.2 Cobertura vegetal y abundancia relativa

A. Cobertura vegetal

Con respecto a la cobertura de la vegetación en el área de estudio, se encontraron valores bajos, moderados y altos, que variaron entre el 35 %, 47 % y 96 % según la formación vegetal analizada.

En la formación vegetal de bofedal, el porcentaje de cobertura vegetal promedio de las zonas de ecosistema frágil evaluadas (7 zonas) varió entre 74,1 % y 82,2 %, considerada como alta. Asimismo, otra de las formaciones vegetales con mayor presencia en las zonas estudiadas (5 zonas) fue la que está asociada a roquedales, en esta formación la cobertura vegetal promedio osciló entre 40 % y 47 % considerada entre baja a moderada. También está la cobertura de la formación vegetal de pajonal (3 zonas) que en promedio presentó 56,3 % (de 38 %, 35 % y 96 %), y siendo la cobertura vegetal de 96 % para el EF7, considerado como el transecto más rico y abundante en especies e individuos respectivamente; sin embargo, los valores de 35 % y 38 % representan valores bajos, debido principalmente por la presencia de suelo descubierto en gran parte de los transectos evaluados. Por último, la formación vegetal de tolar presentó valores de 27 % y 64 % ambos en el EF6, no obstante, la diferencia de la cobertura vegetal en ambos transectos radica en la mayor y menor presencia de suelo (arenal) descubierto, típico de esta zona según refieren algunos antecedentes (Tabla 7-37).



Tabla 7-37. Cobertura vegetal por transecto, formación vegetal y ecosistema frágil, presente en el área de estudio

Ecosistema frágil	Transecto	Formación Vegetal	Cobertura vegetal (%)	Promedio de Cobertura vegetal (%)
EF1	FLb1	Bofedal	64	82,2
	FLb2	Bofedal	100	
	FLb3	Bofedal	72	
	FLb4	Bofedal	91	
	FLb5	Bofedal	84	
	FLr1	Roquedal	43	42,25
	FLr2	Roquedal	44	
	FLr3	Roquedal	47	
FLr4	Roquedal	35		
EF2	FLb1	Bofedal	89	78,5
	FLb2	Bofedal	83	
	FLb3	Bofedal	78	
	FLb4	Bofedal	62	
	FLb5	Bofedal	73	
	FLb6	Bofedal	86	
	FLr1	Pajonal	36	38,5
	FLp2	Pajonal	41	
	FLp3	Roquedal	40	
EF4	FLb1	Bofedal	97	74,1
	FLb2	Bofedal	96	
	FLb3	Bofedal	100	
	FLb4	Bofedal	46	
	FLb5	Bofedal	62	
	FLb6	Bofedal	66	
	FLb7	Bofedal	52	
	FLr1	Roquedal	47	47

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



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

Ecosistema frágil	Transecto	Formación Vegetal	Cobertura vegetal (%)	Promedio de Cobertura vegetal (%)
EF5	FLr1	Bofedal	89	75
	FLb1	Bofedal	62	
	FLb2	Bofedal	74	
	FLb3	Roquedal	42	42
EF6	FLb1	Bofedal	61	82,2
	FLb2	Bofedal	92	
	FLb3	Bofedal	77	
	FLb4	Bofedal	85	
	FLb5	Bofedal	100	
	FLb6	Bofedal	85	
	FLb7	Bofedal	76	
	FLb8	Bofedal	89	
	FLb9	Bofedal	75	
	FLt1	Tolar	27	45,5
	FLt2	Tolar	64	
EF7	FLr1	Pajonal	96	96
	FLr2	Roquedal	71	40,7
	FLr3	Roquedal	25	
	FLp1	Roquedal	26	
EF8	FLb1	Bofedal	75	79,5
	FLb2	Bofedal	84	
	FLp1	Pajonal	40	35
	FLp2	Pajonal	30	



Handwritten vertical text: D, A, y, @, f, j, @, G, S, G, H, H

B. Abundancia relativa en el área de estudio

Considerando todos los transectos evaluados, que corresponden a los bofedales (ecosistemas frágiles) dentro del área de estudio, se pudo observar que la composición de especies es muy variada, en el cual es importante resaltar que las 10 especies con mayor abundancia relativa suman el 64,8 % de las 152 especies, es decir, más del 50 % (Anexo 5).

Las especies con mayor abundancia relativa en el área de estudio fueron: *Lachemilla diplophylla* con un 9,07 %, esto debido a la presencia de varios bofedales en el área de estudio. Entre otras especies dominantes estuvieron: *Oxychloe andina* (8,28 %), *Eleocharis albibracteata* (7,97 %) y *Distichia muscoides* (7,15 %), especies típicas de estos ecosistemas hidromórficos (siempre húmedos). Asimismo, están las especies dominantes en las formaciones vegetales asociadas a bofedales como, pajonal y roquedal entre ellas las especies *Festuca orthophylla* (8,97 %) y *Calamagrostis jamesonii* (3,00 %) (Figura 7-142).



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

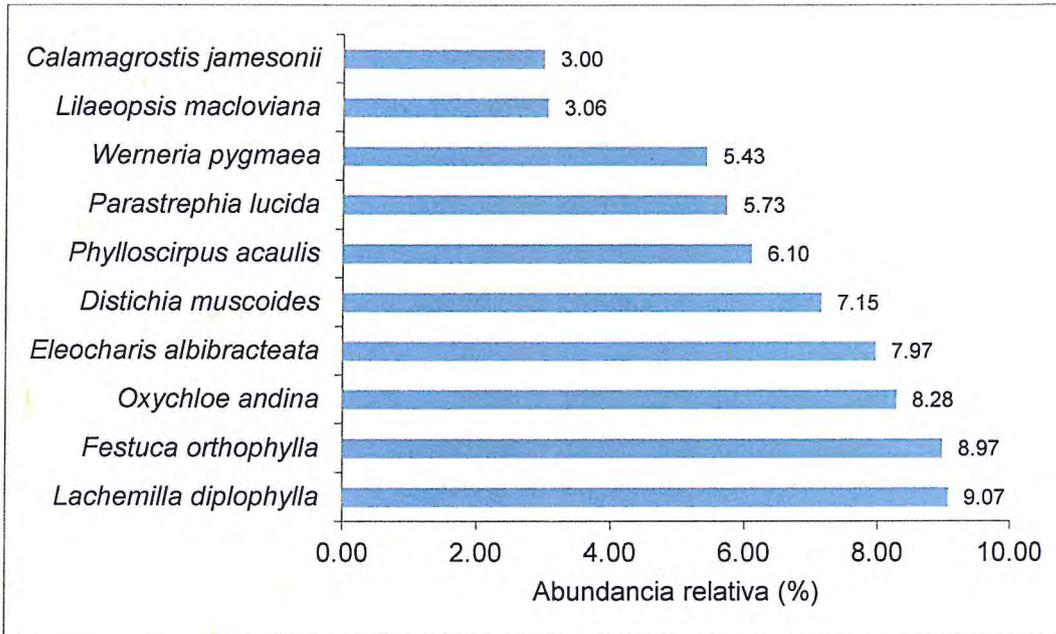


Figura 7-142. Especies con mayor abundancia relativa presentes en el área de estudio

• **Abundancia relativa por formación vegetal**

Bofedal

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación vegetal (32 transectos), pertenecen principalmente a las familias Rosaceae, Juncaceae y Cyperaceae, aunque entre ellas también tenemos a especies de las familias Asteraceae, Apiaceae y Plantaginaceae. Las especies con mayor abundancia relativa fueron *Lachemilla diplophylla* con 13,53 %, *Oxychloe andina* con 12,68 % y *Distichia muscoides* con 10,92 %, donde estas fueron típicas de estos ecosistemas (bofedales) presentes en el área de estudio (Figura 7-143).

Entre otras especies dominantes tenemos a *Phylloscirpus acaulis* (8,60 %) y *Eleocharis albibracteata* (8,37 %), ambas de la familia Cyperaceae, especies de porte herbáceo bastante común dentro de estos ecosistemas; además de, *Werneria pygmaea* (7,57 %) y junto a *Lilaepsis macloviana* (4,69 %), *Calamagrostis jamesoni* (3,63 %), *Poa aequigluma* (3,32 %) y *Plantago tubulosa* (3,25 %) conforman el estrato herbáceo dominante en esta formación (Figura 7-143).

Handwritten notes and stamps on the left margin, including a circular stamp of the OEFA and various signatures and initials.



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

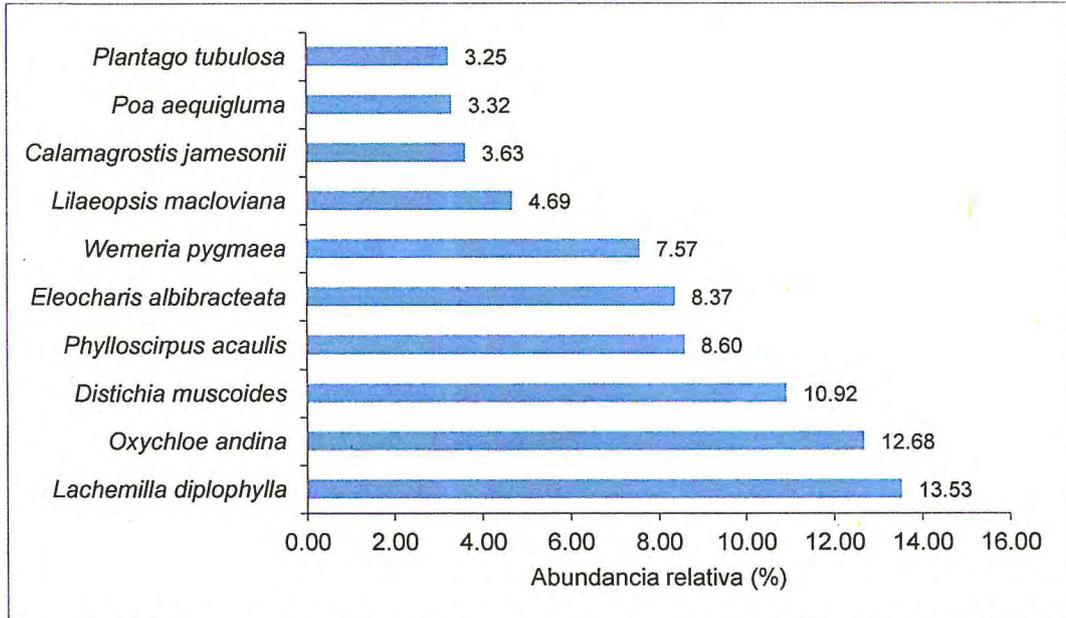


Figura 7-143. Especies con mayor abundancia relativa en la formación vegetal de bofedal, presentes en el área de estudio

Vegetación de roquedal

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación vegetal (10 transectos), pertenecen principalmente a las familias Poaceae, Asteraceae y Apiaceae. Entre ellas tenemos a *Festuca orthophylla* (21,26 %), como la especie con mayor abundancia relativa, seguidas de *Parastrephia lucida* (17,69 %) y *Azorella compacta* (12,14 %) ambas especies arbustivas frecuentes en estas formaciones; entre otras especies dominantes tenemos a *Eleocharis albibracteata* (10,22 %), *Stipa ichu* (9,64 %), *Muhlenbergia peruviana* (2,88 %), entre otras (Figura 7-144).

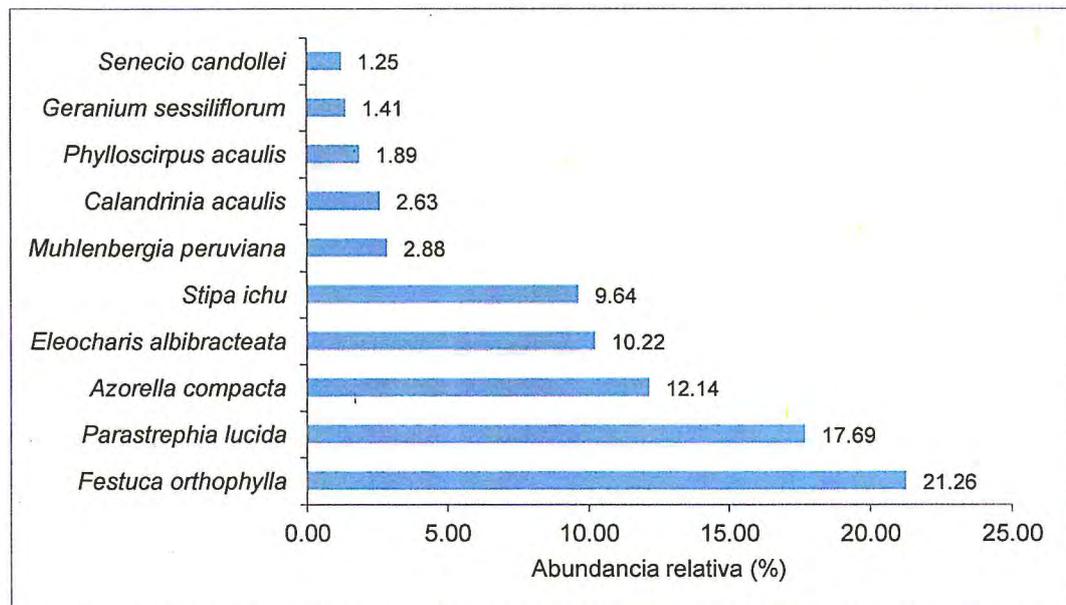


Figura 7-144. Especies con mayor abundancia relativa en la formación vegetal de roquedal, presentes en el área de estudio



Vertical handwritten text: D, A, J, @, t, @, G, S, Y, A, I



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

Pajonal

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación vegetal (5 transectos), pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Festuca Orthoiphylla* (43,10 %) la más abundante en general, seguida de *Calamagrostis vicunarum* (6,55 %) y *Calamagrostis jamesoni* (6,15 %), todas especies de gramíneas que conforman el pajonal; el estrato arbustivo está conformado por *Senecio spinosus* (6,46 %) y *Hypochaeris meyeniana* (3,04 %) ambas de la familia Asteraceae. Entre otras especies dominantes tenemos a *Azorella compacta* (2,90 %) y *Plantago tubulosa* (5,66 %) (Figura 7-145).

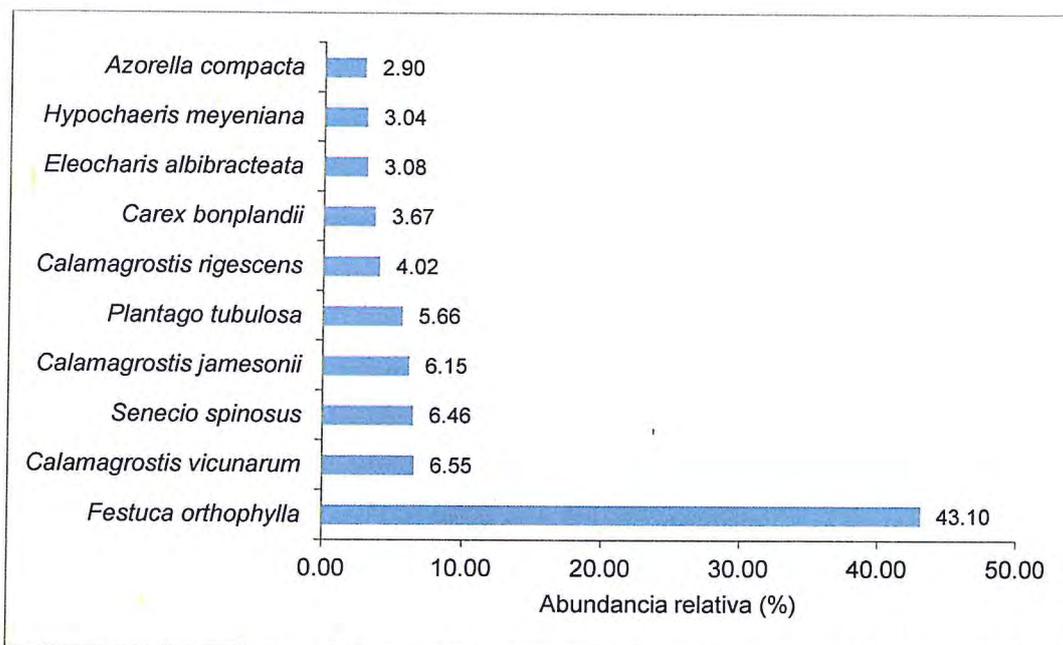


Figura 7-145. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de pajonal, presentes en el área de estudio

Vegetación de Tolar

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación vegetal (2 transectos), pertenecen principalmente a la familia Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Parastrephia lucida* (50,70 %) como especie más abundante, seguidas de *Calamagrostis rigescens* y *C. vicunarum* con 9,22 % cada una. Entre otras especies dominantes tenemos a *Werneria aretioides* (8,45 %), *Plantago tubulosa* (4,37 %), *Lachemilla pinnata* (2,91 %), entre otras (Figura 6-19).

D

 A

 M

 @

 /

 @

 G

 S

 M

 /

 /



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

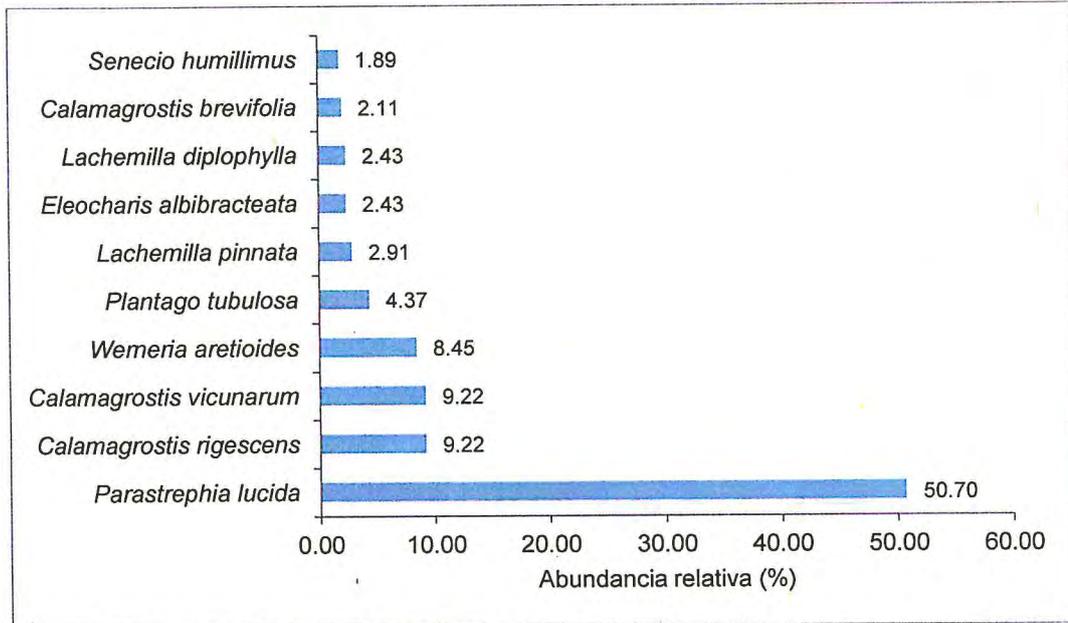


Figura 7-146. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de tolar, presentes en el área de estudio



• **Abundancia relativa por ecosistema frágil (EF)**

EF1

Las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal del EF1, pertenecen principalmente a las familias Juncaceae y Rosaceae. Entre ellas tenemos a *Distichia muscoides* (28,54 %) como especie principal del estrato herbáceo; seguidas de *Lachemilla diplophylla* (17,72 %) y *Carex brachycalama* (10,39 %), esta última, como especie de gramíneas que conforman el estrato herbáceo. Entre otras especies dominantes tenemos a *Lilaeopsis macloviana* (7,82 %) y *Oxychloe andina* (6,50 %) (Figura 7-147).

En la EF1 las especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal, pertenecen principalmente a las familias Cyperaceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Eleocharis albibracteata* (25,5%) como especie más dominante, seguidas de *Parastrephia lucida* (15,7%) y *Azorella compacta* (15,5%). Entre otras especies dominantes tenemos a *Festuca orthophylla* (10,7%) y *Calandrinia acaulis* (Figura 7-147).

↑
D
A
y
©
y
↓
©
G
S
y
A
A



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

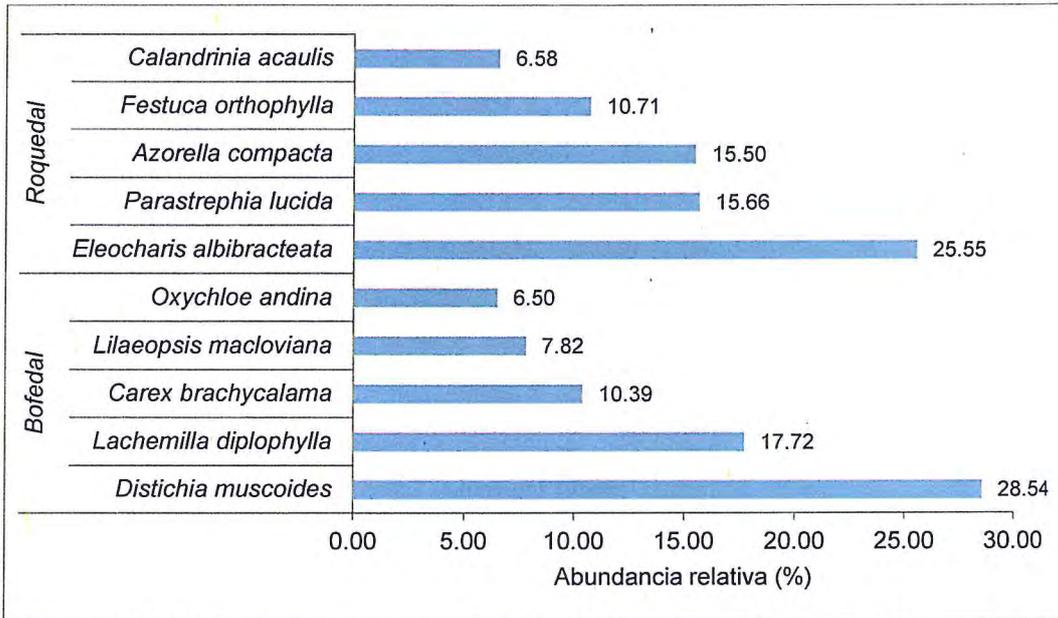


Figura 7-147. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de la EF1, presentes en el área de estudio

EF2

En el EF2 las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal, pertenecen principalmente a las familias Cyperaceae, y Rosaceae, aunque entre ellas también tenemos a especies de las familias Asteraceae y Juncaceae. La especie con mayor abundancia relativa fue *Phylloscirpus acaulis* con 18,16 %, seguidas de *Eleocharis albibracteata* (17,00 %), *Lachemilla diplophylla* (12,34 %) y *Werneria pygmaea* (9,61 %) (Figura 7-148).

Las especies con mayor abundancia relativa en el pajonal pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Festuca orthophylla* (59,78 %) y *Calamagrostis jamesonii* (15,39 %) como especies principales; seguidas de *Senecio spinosus* (7,77 %) y *Azorella compacta* (7,26 %), como especies que conforman el estrato herbáceo. Entre otras especies dominantes tenemos a *Phylloscirpus acaulis* (2,42 %) (Figura 7-148).

En cuanto al EF2 las especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de roqedal, pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Stipa ichu* (48,94 %) como especie más dominante, seguida de *Festuca orthophylla* (44,68 %), además de *Gamochoaeta humilis*, *Perezia courulescens* y *Pycnophyllum glomeratum* todas con (2,13 %) (Figura 7-148).

D
 A
 y
 @
 J
 ↓
 @
 G
 S
 P
 F



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

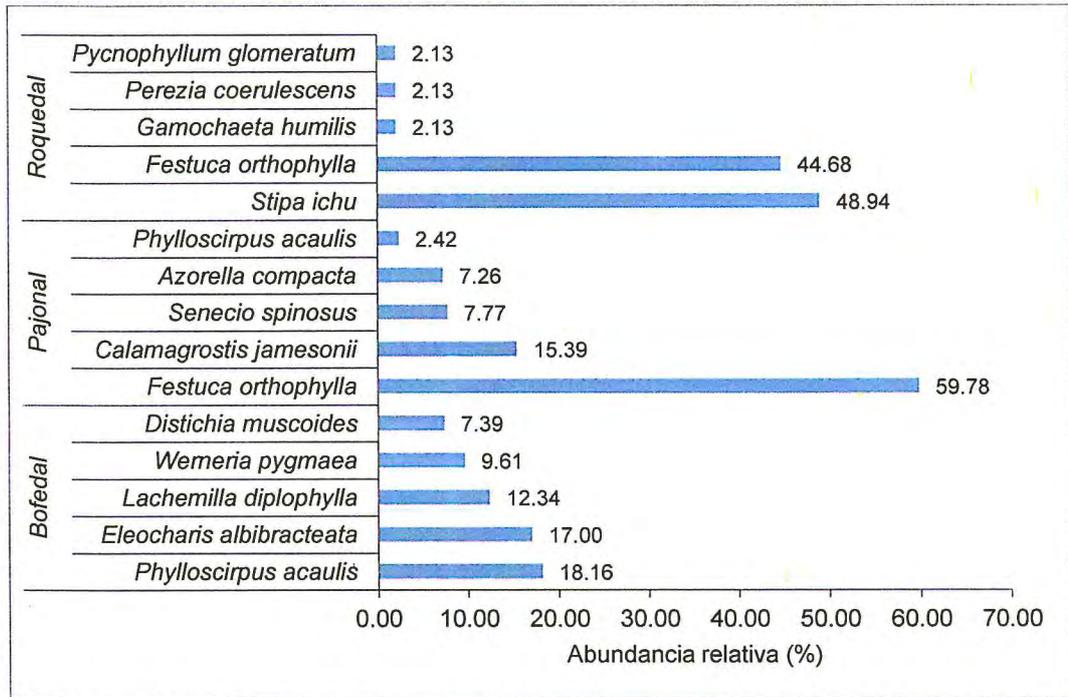


Figura 7-148. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación en el EF2, presentes en el área de estudio

EF4

Las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal del EF4, pertenecen principalmente a las familias Rosaceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Lachemilla diplophylla* (18,47 %) como especie principal del estrato herbáceo; seguidas de *Werneria pygmaea* (11,71 %), y *Poa aequigluma* (10,36 %), esta última, como especie de gramíneas que conforman el estrato herbáceo. Entre otras especies dominantes tenemos a *Phylloscirpus acaulis* (7,26 %) y *Distichia muscoides* (6,26 %) (Figura 7-149).

En el EF4 las especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal, pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Festuca orthophylla* (48,75 %) como especie más dominante, seguidas de *Parastrephia lucida* (20,00 %) y *Stipa ichu* (6,25 %). Entre otras especies dominantes tenemos a *Gnaphalium lacteum* (2,50 %) y *Baccharis tola* (1,25 %) (Figura 7-149).



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a large upward arrow and the letters 'D', 'A', 'C', 'E', 'S', 'G'.



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

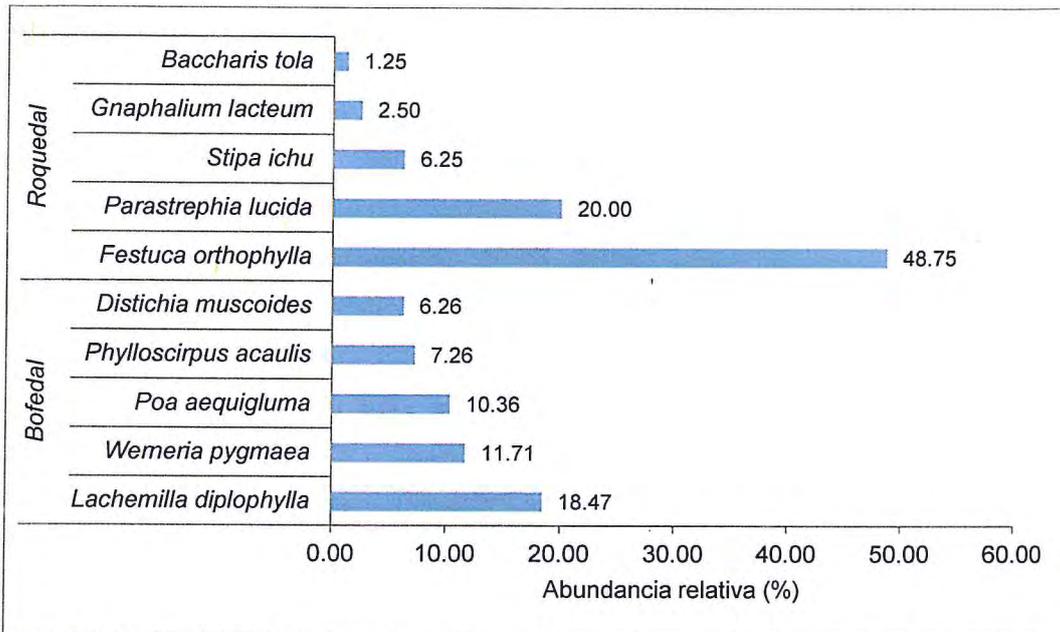


Figura 7-149. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación en el EF4, presentes en el área de estudio

EF5

En el EF5 las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal, pertenecen principalmente a las familias Rosaceae y Cyperaceae. Entre ellas tenemos a *Lachemilla diplophylla* (22,74 %) como especie principal del estrato herbáceo; seguidas de *Eleocharis albibracteatus* (13,26 %), y *Distichia muscoides* (11,57 %), esta última, como especie de porte herbáceo que conforman el estrato herbáceo. Entre otras especies dominantes tenemos a *Phylloscirpus acaulis* (7,03 %) y *Werneria pygmaea* (7,45 %) (Figura 7-150).

Las especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de roqedal pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Festuca orthophylla* (31,58 %) como especie más dominante, seguidas de *Parastrephia lucida* (21,05 %) y *Stipa ichu* (15,79 %). Entre otras especies dominantes tenemos a *Azorella compacta* (8,77 %) y *Coniza* sp. (3,51 %) (Figura 7-150).



A
D
4
@
j
+
@
G
S
G
+
4



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

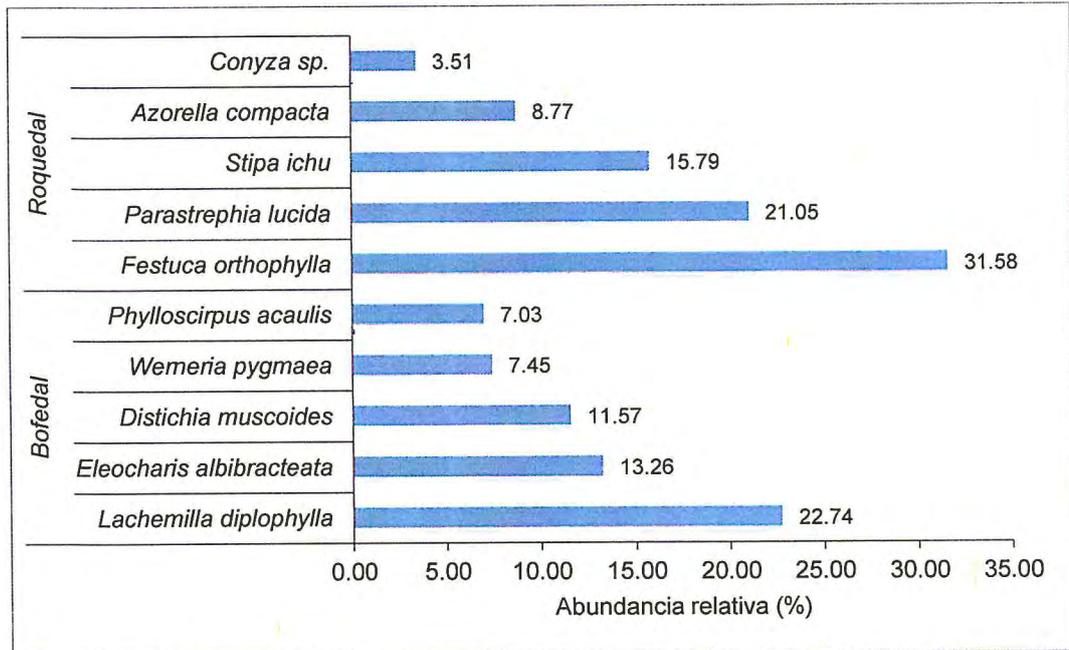


Figura 7-150. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación en el EF5, presentes en el área de estudio



EF6

Las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal del EF6, pertenecen principalmente a las familias Juncaceae y Cyperaceae. Entre ellas tenemos a *Oxychloe andina* (30,1%) y *Distichia muscoides* (7,6%) como especies principales del estrato herbáceo; seguidas de *Oleocharis albibracteatus* (8,5%) y *Calamagrostis jamesonii* (7,4%), esta última, como especie de gramíneas que conforman el estrato herbáceo. Entre otras especies dominantes tenemos a *Werneria pygmaea* (7,2%) (Figura 7-151).

En el EF6 las especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de tolar, pertenecen principalmente a las familias Asteraceae y Poaceae. Entre ellas tenemos a *Parastrephia lucida* (50,7%) como especie más dominante, seguidas de *Calamagrostis rigescens* (9,2%) y *Calamagrostis vicunarum* (9,2%). Entre otras especies dominantes tenemos a *Werneria aretioides* (8,5%) y *Plantago tubulosa* (4,4%) (Figura 7-151).

Vertical handwritten notes in blue ink: an upward arrow, followed by the letters D, S, M, @, J, T, @, G, S, F, H.



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

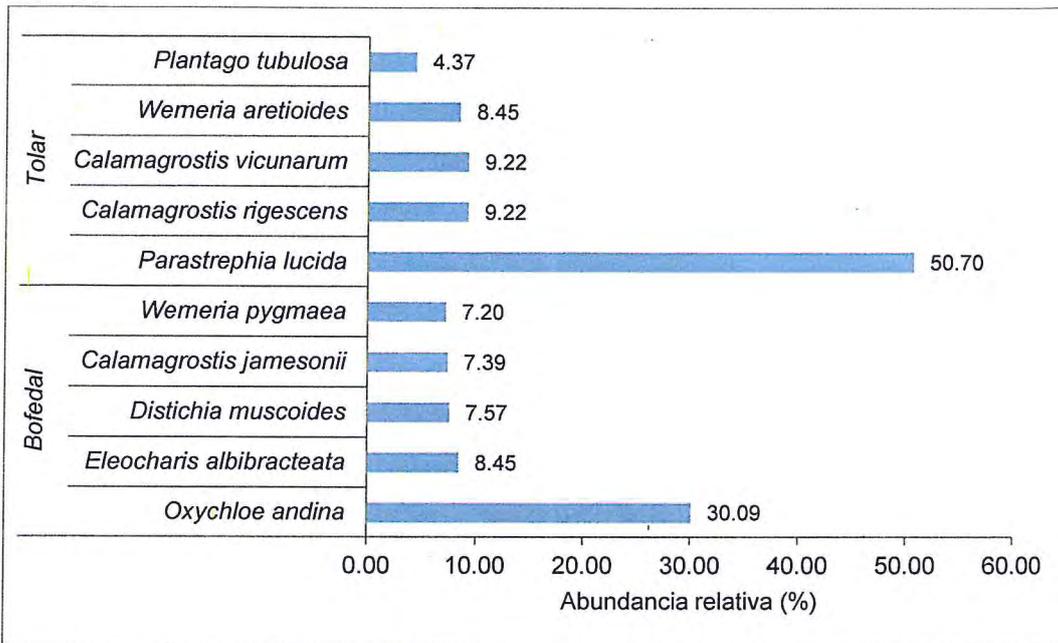


Figura 7-151. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación en el EF6, presentes en el área de estudio

EF7

En el EF7 las especies con mayor abundancia relativa, corresponden a borde de quebrada (próximo a ser embalsado) como ecosistema principal, entre ellas la formación vegetal conocida como pajonal, presenta las especies de las familias Poaceae y Plantaginaceae. Entre ellas tenemos a *Calamagrostis rigescens* (20,12 %) y *Plantago tubulosa* (18,93 %) como especies principales del estrato herbáceo; seguidas de *Eleocharis albibracteata* (15,38 %), especie de gramíneas que conforma el estrato herbáceo. Entre otras especies dominantes tenemos a *Werneria pygmaea* (11,83 %) (Figura 7-152).

Las especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal pertenecen principalmente a las familias Asteraceae y Poaceae. Entre ellas tenemos a *Parastrephia lucida* (24,41 %) como especie más dominante, seguidas de *Azorella compacta* (16,89 %), *Festuca orthophylla* (14,92 %) y *Stipa ichu* (8,47 %). Entre otras especies dominantes tenemos a *Phylloscirpus acaulis* (6,31 %) (Figura 7-152).



Handwritten notes and signatures on the left margin, including an arrow pointing up and the name 'D. A. Y. @ f + @ C. S. R. B. A.'



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

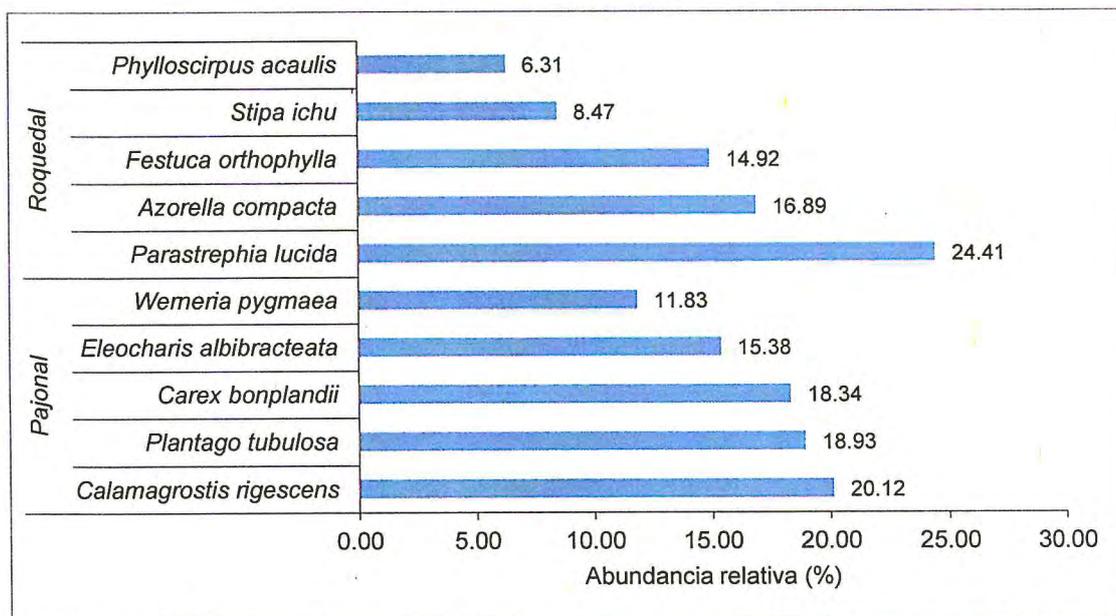


Figura 7-152. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación en el EF7, presentes en el área de estudio

EF8

En el EF8 las especies con mayor abundancia relativa, corresponden a la formación vegetal de bofedal como ecosistema principal, teniendo como principales especies a las familias Juncaceae y Poaceae. Entre ellas tenemos a *Oxychloe andina* (19,78 %) y *Phylloscirpus acaulis* (13,19 %) como especies principales del estrato herbáceo; seguidas de *Lachemilla diplophylla* (11,62 %), y *Lilaeopsis macloviana* (7,99 %), esta última, como especie de que conforma el estrato herbáceo. Entre otras especies dominantes tenemos a *Distichia muscoides* (7,86 %) (Figura 7-153).

Las especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de pajonal pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Festuca orthophylla* (47,97 %) como especie más dominante, seguidas de *Calamagrostis vicunarum* (15,50 %), *Senecio spinosus* (8,39 %) y *Hypochaeris meyeniana* (7,61 %). Entre otras especies dominantes tenemos a *Senecio digitatus* (6,52 %) (Figura 7-153).



A
D
A
y
@
f
@
G
S
G
f



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»

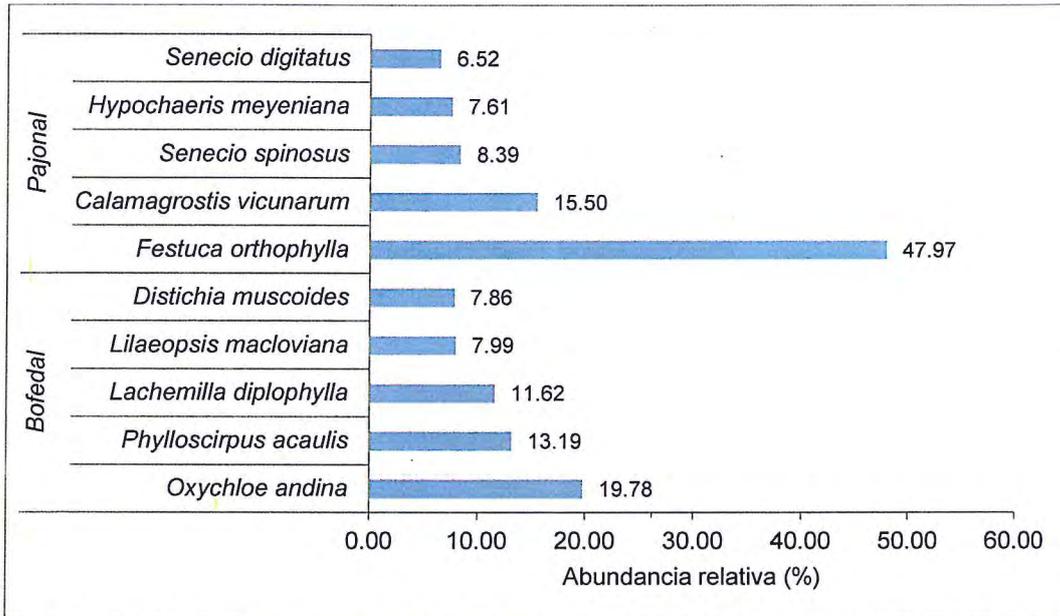


Figura 7-153. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación en el EF8, presentes en el área de estudio

7.3.5.3 Análisis de diversidad

A. Diversidad alfa

Para los análisis de diversidad se consideraron los datos obtenidos en los transectos evaluados, considerando un total de 152 especies. Se observa que la riqueza de especies fluctúa por transecto entre 21 y 38 especies por transecto. Los valores de diversidad varían de acuerdo a la formación vegetal estudiada. Los valores de diversidad representada por el índice de Shannon-Wiener (H') en los transectos realizados fluctúa entre 1,86 y 2,86, el índice de dominancia de Simpson fluctúa entre 0,09 y 0,31, y el índice de equidad fluctúa entre 0,59 y 0,85 (Tabla 7-38).

Tabla 7-38. Índices de diversidad alfa obtenidos de los transectos evaluados en la vegetación en el área de estudio

Zona	Formación Vegetal	Transecto	Riqueza	Equidad	Dominancia de Simpson	Shannon Wiener H'
EF1	Bofedal	FLb1	16	0,80	0,16	2,21
		FLb2	15	0,75	0,20	2,04
		FLb3	9	0,80	0,21	1,76
		FLb4	14	0,83	0,15	2,20
		FLb5	12	0,81	0,18	2,02
	Roquedal	FLr1	5	0,86	0,28	1,39
		FLr2	12	0,73	0,21	1,83
		FLr3	14	0,69	0,24	1,82
EF2	Bofedal	FLb1	13	0,83	0,14	2,13
		FLb2	15	0,79	0,16	2,13
		FLb3	9	0,86	0,18	1,88
		FLb4	14	0,80	0,14	2,10
		FLb5	14	0,85	0,12	2,23
		FLb6	12	0,75	0,20	1,87

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

Zona	Formación Vegetal	Transecto	Riqueza	Equidad	Dominancia de Simpson	Shannon Wiener H'
	Pajonal	FLr1	12	0,41	0,62	1,02
		FLp2	6	0,82	0,27	1,46
	Roquedal	FLp3	5	0,59	0,44	0,96
EF4	Bofedal	FLb1	10	0,72	0,24	1,65
		FLb2	15	0,77	0,16	2,10
		FLb3	16	0,85	0,11	2,37
		FLb4	14	0,84	0,12	2,22
		FLb5	16	0,84	0,14	2,32
		FLb6	9	0,85	0,18	1,87
	Roquedal	FLr1	17	0,72	0,16	2,04
EF5	Bofedal	FLr1	22	0,64	0,32	1,97
		FLr1	17	0,75	0,15	2,11
		FLb1	10	0,87	0,16	2,00
	FLb2	13	0,79	0,18	2,04	
Roquedal	FLb3	16	0,74	0,17	2,05	
EF6	Bofedal	FLb1	9	0,69	0,36	1,51
		FLb2	12	0,71	0,24	1,77
		FLb3	14	0,73	0,21	1,94
		FLb4	15	0,88	0,11	2,38
		FLb5	15	0,77	0,19	2,09
		FLb6	15	0,77	0,16	2,09
		FLb7	12	0,84	0,16	2,10
		FLb8	14	0,86	0,13	2,26
	FLb9	12	0,73	0,24	1,82	
Tolar	FLt1	6	0,49	0,58	0,88	
EF7	Pajonal	FLr1	16	0,76	0,16	2,12
		FLr2	19	0,71	0,20	2,10
	Roquedal	FLr3	15	0,73	0,24	1,97
		FLp1	13	0,84	0,14	2,16
EF8	Bofedal	FLb1	12	0,68	0,25	1,69
		FLb2	14	0,87	0,11	2,29
	Pajonal	FLp1	8	0,63	0,39	1,31
		FLp2	10	0,81	0,20	1,88



D

A

E

F

G

H

I

- Diversidad por formación vegetal**

La mayor diversidad representada por el índice de Shannon-Wiener (H') se registra en los bofedales con una diversidad promedio de 2,04 bits/individuo, seguida de la vegetación de roquedal con una diversidad de 1,78 bits/individuo; en el pajonal se registra una diversidad promedio de 1,53 bits/individuo; y la menor diversidad se presenta en la formación vegetal conocida como Tolar con un índice de diversidad de 1,5 bits/individuo, esto se debe principalmente a la dominancia presentada por la especie *Parastrephia lucida* (Tola) que presenta más del 50 % de abundancia relativa en el análisis. Los índices de equidad y dominancia de Simpson, respaldan el índice de Shannon calculado, es así que la formación vegetal de Tolar presenta el mayor índice de dominancia promedio (0,37) registrado, consecuente al menor índice de equidad promedio obtenido (0,63); las formaciones vegetales como roquedal y pajonal siguen el mismo patrón, es decir, gradualmente son menos diversos que los bofedales, y esto es corroborado por los índices de dominancia y equidad (Figura 7-154).



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

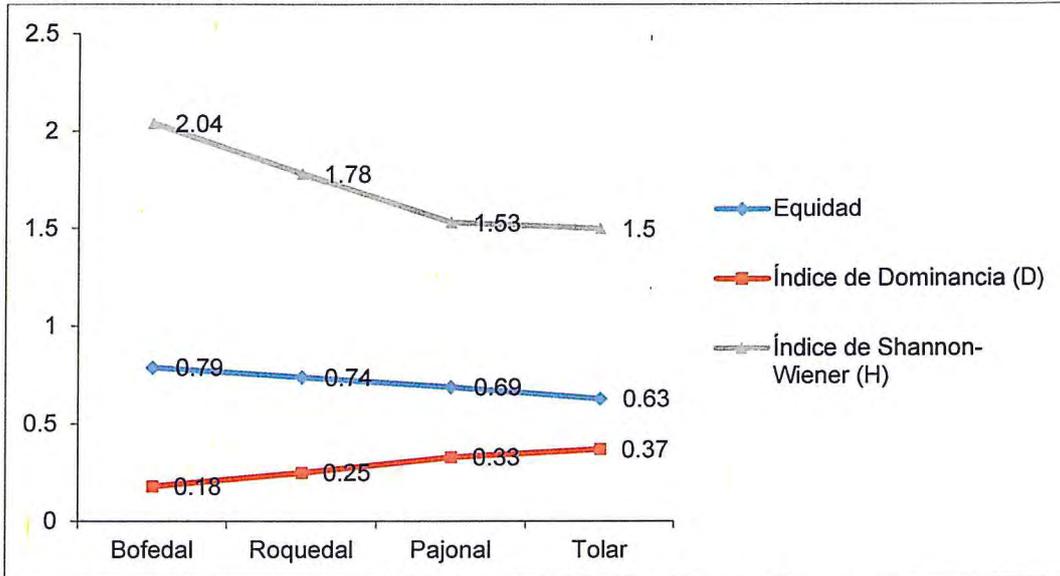


Figura 7-154. Índices de diversidad alfa de las formaciones vegetales presentes en el área de estudio

Diversidad por ecosistema frágil/zona

La mayor diversidad representada por el índice de Shannon-Wiener (H') se registra para los ecosistemas frágiles EF4, con una diversidad promedio de 2,07 bits/individuo, seguida de los EF5 y EF7 ambas con una diversidad de 2,05 bits/individuo; y los menos diversos para los EF1, EF2, EF6 y EF8. Los resultados de diversidad, tanto de los ecosistemas frágiles más diversos como los menos diversos, son corroborados por los índices de dominancia y equidad como se muestra en la Figura 7-155. Es así, que para los ecosistemas frágiles menos diversos los valores del índice de dominancia fueron los más altos, principalmente por la mayor abundancia relativa de alguna especie en particular, según sea el caso (Figuras 7-155).

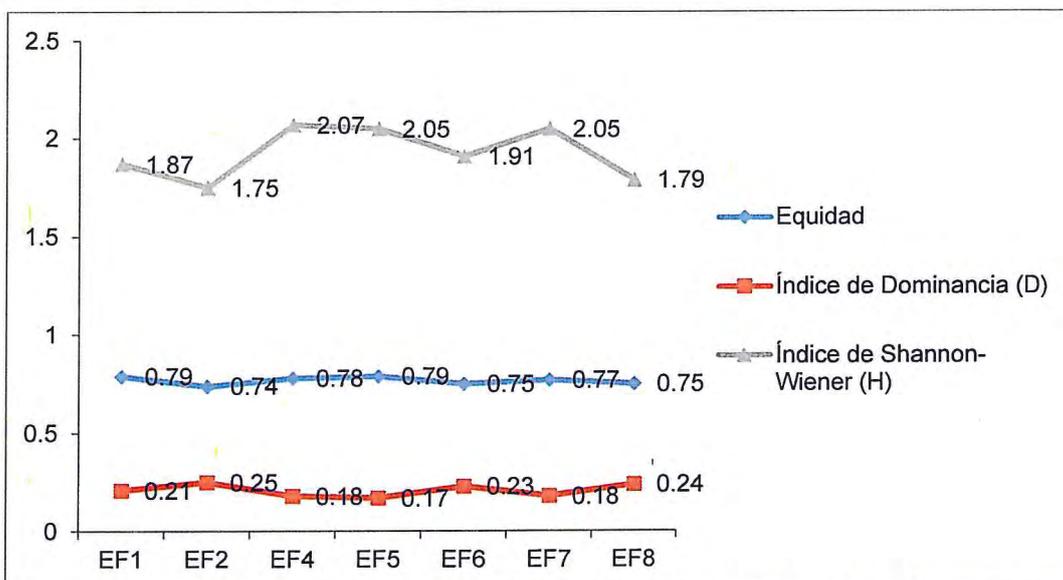


Figura 7-155. Índices de diversidad alfa en los ecosistemas frágiles presentes en el área de estudio



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a large 'D' and a vertical list of characters: 'A', 'y', '@', 'f', '@', 'f', 'G', 'S', 'A', 'S', 'A', 'S'.



B. Diversidad beta

• **Similaridad por formación vegetal**

Se obtiene un índice de similitud de Morisita bajo, entre las formaciones vegetales, tomando como referencia la formación vegetal de bofedal como ecosistema principal, estos ecosistemas presentan valores menores a 0,13 evidenciándose que cada formación vegetal tiene un tipo de vegetación característico. Se observa una clara separación entre los bofedales y las otras formaciones con un valor de similitud que varía entre 0,06 a 0,13. Del mismo modo, el tolar con índices de similitud bajos, principalmente con la formación bofedal y pajonal (valores de entre 0,06 a 0,07). Una mayor similitud existe entre la vegetación de pajonal y la vegetación de roquedal, con un índice de 0,62, lo que indica que hay más especies compartidas entre estas dos formaciones con respecto a las demás (Tabla 7-39 y Figura 7-156).

Tabla 7-39. Índices de similitud entre las formaciones vegetales presentes en el área de estudio, con el índice Morisita

Formación vegetal	Bofedal	Pajonal	Roquedal	Tolar
Bofedal	1	0,1064	0,12648	0,063476
Pajonal	0	1	0,62084	0,075514
Roquedal	0	0	1	0,47013
Tolar	0	0	0	1



Handwritten signature and date: 4-8-2015

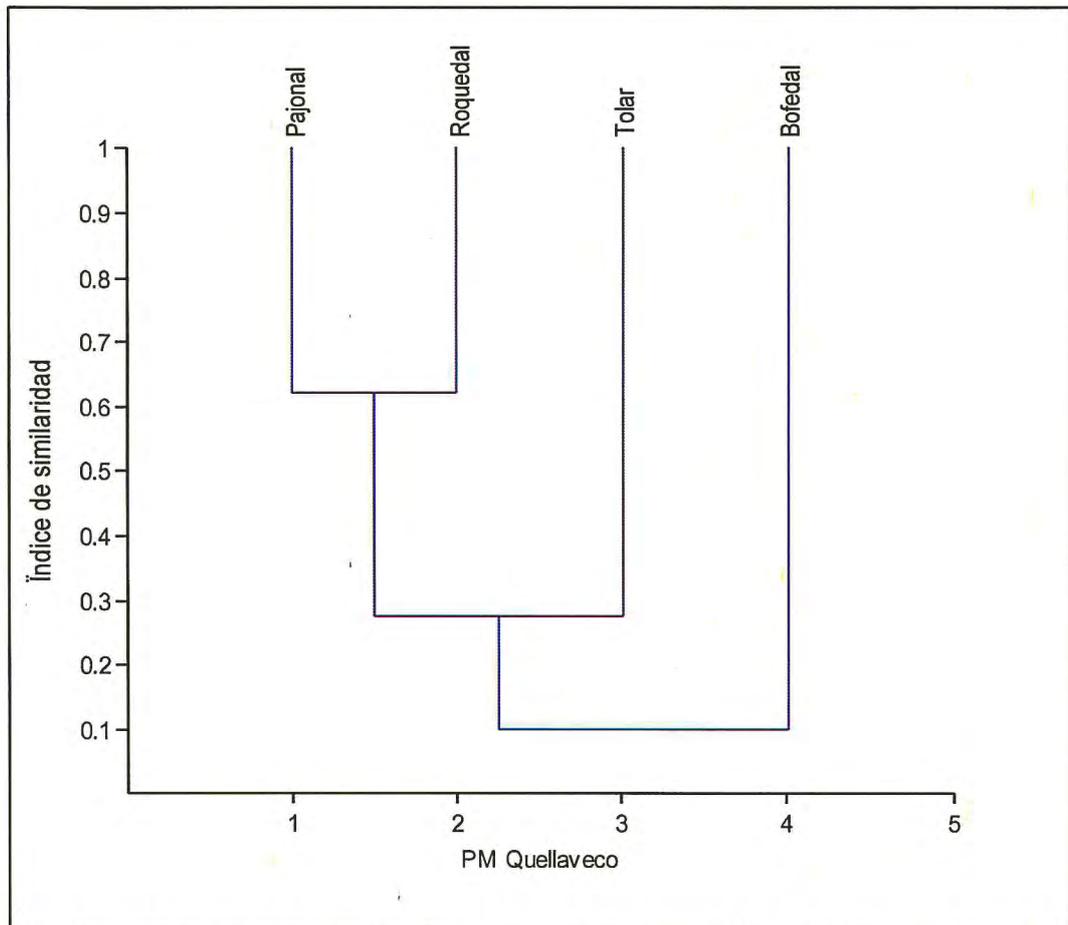


Figura 7-156. Análisis de clúster de las formaciones vegetales presentes en el área de estudio



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

Similaridad por ecosistema frágil (EF)

Se obtiene un índice de similitud de Morisita en general mayor a 50%, básicamente por la presencia de bofedales en cada ecosistema, sin embargo, los valores para el EF7 se reducen a menos del 50 % (0,5) principalmente debido a que este ecosistema no contiene bofedales, y solo se evaluó formaciones vegetales de pajonal y roquedal (vegetación de borde de quebrada próxima a ser embalsada) (Tabla 7-40 y Figura 7-157).

Tabla 7-40. Índices de similitud entre las zonas (EF) presentes en el área de estudio, con el índice Morisita

Ecosistema frágil	EF1	EF2	EF4	EF5	EF6	EF7	EF8
EF1	1	0,55765	0,64292	0,76179	0,50176	0,47663	0,42535
EF2	0	1	0,69225	0,8045	0,44963	0,5386	0,77454
EF4	0	0	1	0,81789	0,45914	0,37918	0,55698
EF5	0	0	0	1	0,53727	0,51604	0,54049
EF6	0	0	0	0	1	0,35635	0,43153
EF7	0	0	0	0	0	1	0,40006
EF8	0	0	0	0	0	0	1



Handwritten blue text: 4-5-2015 @ + y @ m f D

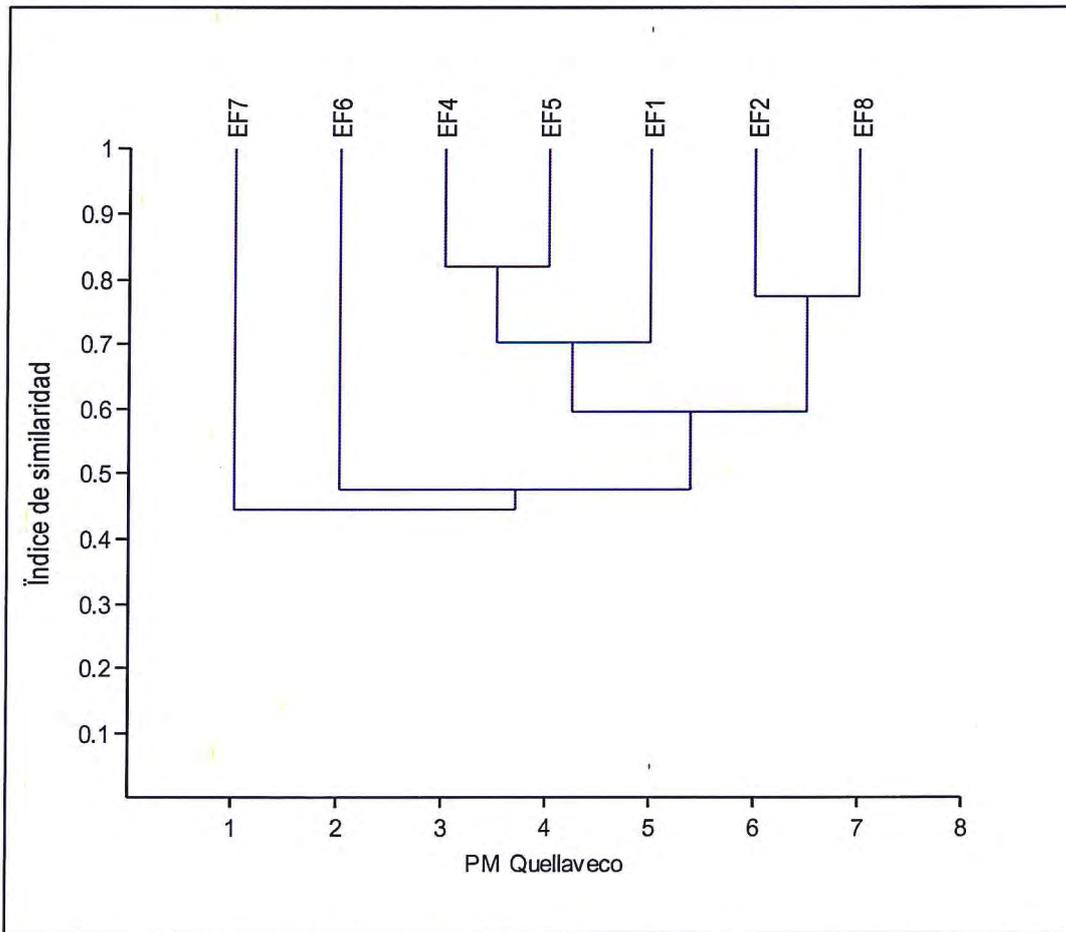


Figura 7-157. Análisis de Clúster de las zonas (ecosistemas frágiles) presentes en el área de estudio, con el índice Morisita



7.3.5.4 Análisis NMDS

El análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), utilizando el índice de Morisita, muestra visualmente la similitud entre los transectos evaluados, presentándolos en 2 grupos bien diferenciados. Los transectos agrupados en el grupo 1 corresponden a los transectos evaluados en la formación vegetal de bofedales, los transectos agrupados en el grupo 2 corresponden a los transectos evaluados en las formaciones vegetales asociados a los bofedales (roquedal, pajonal y tolar); teniendo a la formación vegetal de roquedal como la más dominante en el área de estudio después de la de bofedal, asimismo, las formaciones pajonal y tolar son más afines a la roquedal principalmente debido a las especies que comparten entre sí. Sin embargo, entre los transectos de tolar la abundancia relativa de la especie *Parastrephia lucida* es diferente (Figura 7-158).

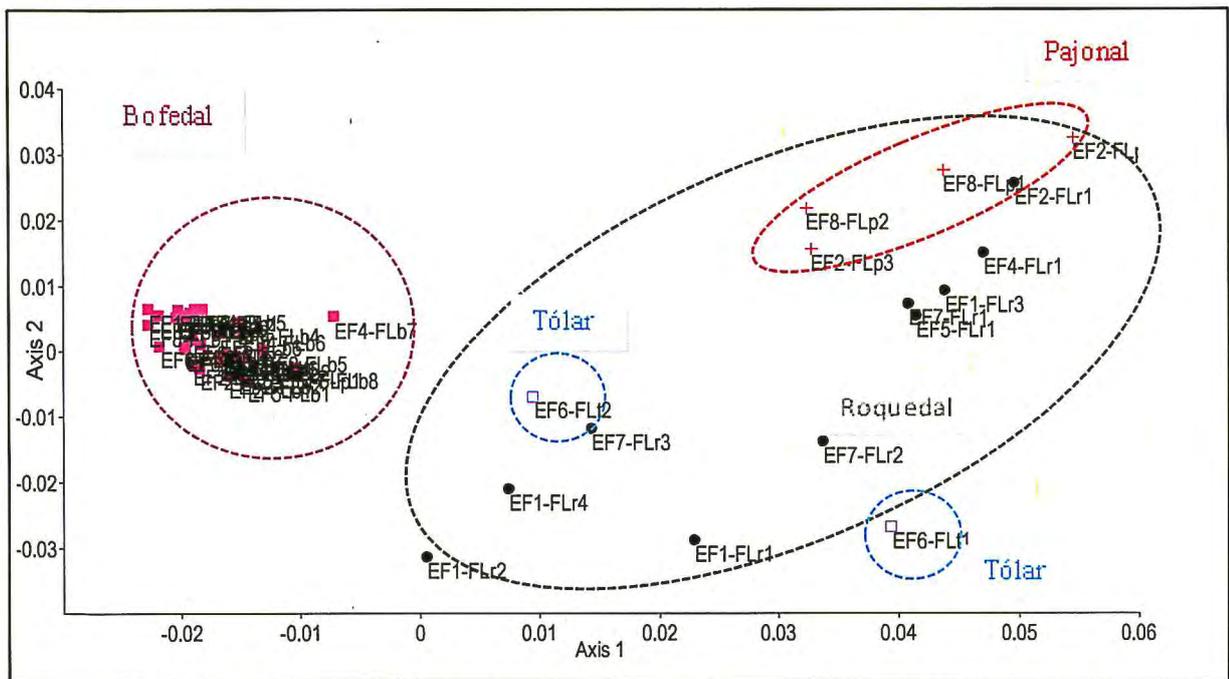


Figura 7-158. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) con los transectos evaluados en el área de estudio

7.3.5.5 Curva de acumulación

De acuerdo al análisis de la curva de acumulación de especies con los datos obtenidos de los transectos estudiados, muestran que la curva se ajusta bien al modelo de Clench ($R=0,9968$) y que el número máximo de especies predicho es de 168. No se llegó a obtener una curva asintótica definida (Figura 7-159). La evaluación representa el 74,2 % (125) de la flora total estimada para el área de estudio. Sin embargo, se puede observar que con la evaluación cualitativa se logra registrar un número mucho más cercano (152 especies) al predicho por el modelo, esto debido a la existencia de microhábitats que favorecen el desarrollo de especies que incrementan la riqueza en el área de estudio. Esto muestra la importancia de realizar muestreos cualitativos para complementar a los de la evaluación cuantitativa. Por lo tanto, los datos obtenidos en este estudio son estadísticamente significativos.



D
M
J
@
J
G
S
M
A
J

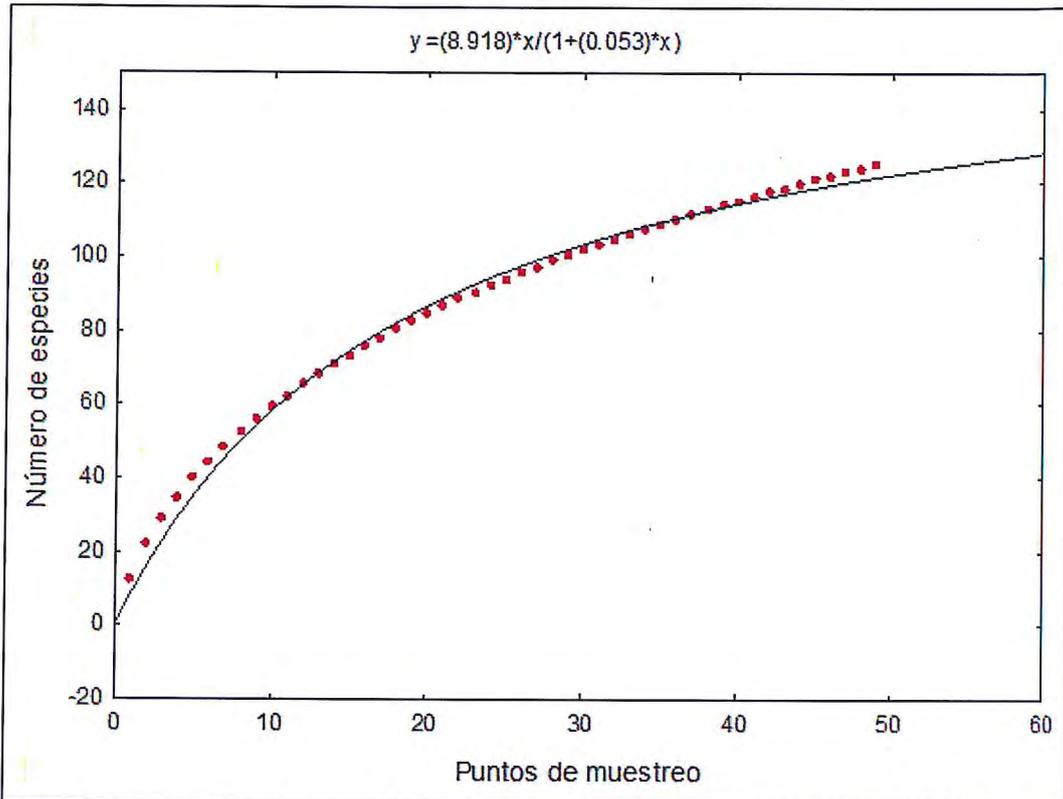


Figura 7-159. Curva de acumulación de especies. Modelo: $v_2 = (a*v_1) / (1 + (b*v_1))$. Función de Clench

7.3.5.6 Especies incluidas en categorías de conservación o endémicas en el área de estudio

Las especies determinadas en la evaluación de flora que se encuentran en alguna categoría de conservación o endémicas se detallan en la Tabla 7-41. En dicha tabla, se indica que, en la evaluación de los 7 ecosistemas frágiles en el área de estudio, se registró un total de 13 especies que están al menos en alguna categoría de amenaza, ya sea nacional o internacional y 2 especies endémicas para el departamento de Moquegua.

La norma vigente de Categorización de especies amenazadas de flora silvestre (Decreto Supremo N.º 043-2006-AG), determina que las especies *Azorella compacta*, *Perezia coerulescens*, *Senecio nutans*, *Solanum acaule* y *Valeriana nivalisse* se encuentran en alguna categoría de clasificación. Cabe resaltar que, en la pre publicación de los Anexos I y II que contienen las listas de Clasificación oficial de especies de flora silvestre categorizadas como amenazadas (Resolución Ministerial N.º 0505-2016-MINAGRI), se incrementaron a las especies *Distichia muscoides*, *Parastrephia lucida* y *Senecio tassaensis* con la categoría de Casi Amenazadas (NT) y *Parastrephia quadrangularis* con la categoría de Vulnerable (VU); además, recategorizó a la especie *Perezia coerulescens* de categoría Vulnerable (VU) a Casi Amenazada (NT), asimismo, mantiene a la especie *Azorella compacta* como Vulnerable (VU). Estos resultados muestran que, con el transcurso del tiempo, se aumentó la amenaza de estas especies debido a la alteración de los ecosistemas donde se desarrollan (Tabla 7-41).



D
A
y
@
J
@
G
M
S
A
A



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

Es importante destacar que, las especies *Opuntia ignescens* y *Myrosmodes nervosa* están incluidas dentro del Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (Cites), lo que indicaría que se encuentran Vulnerables o potencialmente amenazadas. Esta condición se debería a algún cambio o decrecimiento drástico en sus poblaciones debido a la afectación del ambiente donde se desarrollan, por una excesiva extracción o por comercio del mismo (Tabla 7-41).

La especie *Gentianella persquarrosa* ha sido registrada como endémica por León *et al.* (2007) para el departamento Cusco y la especie *Gentianella potamophila* ha sido registrada como endémica para los departamentos Apurímac, Arequipa, Ayacucho y Cusco; ambas especies están categorizadas en Peligro (EN).

Tabla 7-41. Lista de especies de flora incluidas en categorías de conservación o endémicas registradas en el área de estudio

Especie	Categoría de conservación				Endemismo ^d
	Legislación nacional		IUCN ^b (2017)	Cites ^c (2017)	
	D.S. N.º 043- 2006-AG ^a	R.M. N.º 0505-2016- MINAGRI			
<i>Azorella compacta</i>	VU	VU	---	---	---
<i>Distichia muscoides</i>	---	NT	---	---	---
<i>Gentianella persquarrosa</i>	---	---	---	---	EN, B1ab(iii)
<i>Gentianella potamophila</i>	---	---	---	---	EN, B1a
<i>Myrosmodes nervosa</i>	---	---	---	Apéndice II	---
<i>Opuntia ignescens</i>	---	---	---	Apéndice II	---
<i>Parastrephia lucida</i>	---	NT	---	---	---
<i>Parastrephia quadrangularis</i>	---	VU	---	---	---
<i>Perezia coerulescens</i>	VU	NT	---	---	---
<i>Senecio nutans</i>	VU	---	---	---	---
<i>Senecio tassaensis</i>	---	NT	---	---	---
<i>Solanum acaule</i>	NT	---	---	---	---
<i>Valeriana nivalis</i>	VU	---	---	---	---
Total	5	6	0	2	2

a: Categorías de la Clasificación Oficial de Especies Amenazadas de Flora Silvestre (INRENA 2006): En peligro (EN); Vulnerable (VU); Casi Amenazado (NT); Riesgo Menor (LR); Preocupación Menor (LC); Datos Insuficientes (DD) y Críticamente Amenazado (CR).

b: Categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) "Lista Roja de Especies Amenazadas": Extinto (EX), Extinto en estado silvestre (SW), En peligro crítico (CR), En peligro (EN); Vulnerable (VU); Casi Amenazado (NT); Riesgo Menor (LR); Preocupación Menor (LC); Datos Insuficientes (DD) y Críticamente Amenazado (CR).

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

d: Clasificación según el Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Perú de León *et al.*, (2007): Categorías y criterios adoptados de la IUCN

---: especie no registrada en esta categoría



↑
D
A
y
e
j
e
t
e
G
S
T
A
R



7.3.6 Fauna silvestre

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

7.3.6.1 Anfibios y reptiles

A. Composición herpetológica

Durante la evaluación herpetológica realizada en el área de abastecimiento de agua del PM Quellaveco (en adelante, área de estudio), se registró la presencia de dos especies de anfibios, distribuidos en dos familias, pertenecientes al orden Anura. Asimismo, se registró una sola especie de reptil, perteneciente a la familia Liolaemidae y al orden Squamata, las cuales se presentan en la Tabla 7-42.

Tabla 7-42. Orden, familia y especies de anfibios y reptiles registrados en el área de estudio

Clase	Orden	Familia	Especies	Nombre común*
Amphibia	Anura	Telmatobiidae	<i>Telmatobius peruvianus</i>	Rana acuática del Perú
		Leptodactylidae	<i>Pleurodema marmoratum</i>	Rana marmoleada de cuatro ojos
Reptilia	Squamata	Liolaemidae	<i>Liolaemus cf. signifer</i>	Lagartija rubricauda

*Nombre común citado en la Lista Roja de las Especies Amenazadas (IUCN, 2018)



B. Abundancia relativa

Se obtuvieron un total de 15 registros de anfibios adultos durante las evaluaciones realizadas en el área de estudio, presentando abundancias similares entre las especies *Telmatobius peruvianus* con 8 individuos (21,05 %) y *Pleurodema marmoratum* con 7 individuos (18,42 %). Por otro lado, la lagartija *Liolaemus cf. signifer* fue la especie más abundante en el área de estudio con una abundancia de 23 individuos (60,53 %). En la Figura 7-160 se muestran las abundancias relativas (%) de las especies de anfibios y reptiles registrados en la evaluación.

D
A
M
C
V
+
@
G
S
+
F

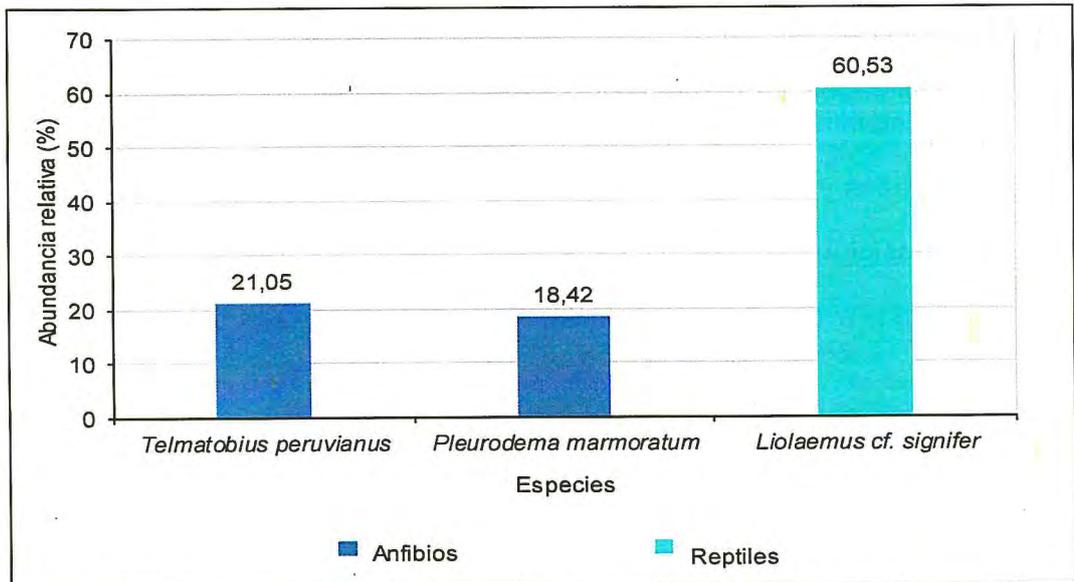


Figura 7-160. Abundancia relativa de los anfibios registrados en el área de estudio

Renacuajos

Debido a su tipo de desarrollo (ciclo de vida), los renacuajos pueden presentarse en grandes cantidades; sin embargo, no todos llegarán a convertirse en adultos, por lo que su análisis debe llevarse a cabo de forma separada, pues podría sobrestimar los resultados de abundancia para la especie. Durante las evaluaciones realizadas, se registraron únicamente renacuajos de la especie *Telmatobius peruvianus* (242 individuos), en los diferentes cuerpos de agua presentes en el área de estudio.

C. Diversidad de especies

Los resultados obtenidos muestran un índice de diversidad Shannon-Winner mayor en los anfibios ($H' = 0,997$ bits/ind) en comparación con los reptiles ($H' = 0$ bits/ind); debido a la mayor riqueza de anfibios registrada durante las evaluaciones. Asimismo, el índice de diversidad de Simpson (1-D) para los anfibios, muestra una equidad en la composición de sus especies ($1-D = 0,76$) (Tabla 7-43).

Tabla 7-43. Abundancia, riqueza e índices de diversidad de los anfibios y reptiles en el área de estudio

Parámetro	Anfibios	Reptiles
Riqueza de especies	2	1
Nº de Individuos	15	23
Índice de Shannon-Winner (H')	0,997	0
Índice de Simpson (1-D)	0,533	0

D. Colecta de especímenes

Se colectaron un mínimo de dos individuos por cada especie anfibio o reptil registrado durante las evaluaciones. Todos los especímenes fueron depositados en la colección de Herpetología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (MUSM). La Tabla 7-44 muestra los códigos de las especies colectadas.



Handwritten notes and symbols: an upward arrow, the letter 'D', a checkmark, a date '14', an '@' symbol, a signature, and a date '14/05/14'.



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 7-44. Colecta de especímenes de anfibios y reptiles realizadas en el área de estudio

Especies	Ecosistema frágil	Punto de evaluación	Código de campo	Código de museo (MUSM)
<i>Liolaemus cf. signifer</i>	EF1, EF4, EF7	HE-V1, HE-V5, HE-V9, HE-V18	OEFA21, OEFA22, OEFA23, OEFA24 y OEFA25	39367-39371
<i>Telmatobius peruvianus</i>	EF4, EF2	HE-T4, HE-T7, HE-T8	OEFA26, OEFA27, OEFA28, OEFA29 y OEFA30	39372-39376
Renacuajos de <i>Telmatobius peruvianus</i>	EF2	HE-T7, HE-V13	OEFA31 y OEFA32	39377, 39378
<i>Pleurodema marmoratum</i>	EF4	HE-V6, HE-V7	OEFA33 y OEFA34	39379, 39380

E. Estimación de riqueza esperada

Curva de acumulación de especies

Debido al reducido número de especies registradas en el área de estudio, dos especies de anfibios y una de reptiles, no se pudo elaborar la curva de acumulación de especies correspondiente.

F. Descripción de la herpetofauna por hábitat

• Riqueza de especies y abundancia general por hábitat

En esta sección se detallan los resultados de la riqueza y abundancia de las especies de anfibios y reptiles registrados en los diferentes hábitats evaluados en el área de estudio (bofedal, pajonal, roquedal, quebrada y tolar).

La riqueza y abundancia de especies fue mayor en los hábitats bofedal y quebrada, presentándose todas las especies de anfibios y reptiles registrados durante las evaluaciones (*Telmatobius peruvianus*, *Pleurodema marmoratum* y *Liolaemus cf. signifer*). Por otro lado, los hábitats pajonal, roquedal y tolar fueron exclusivos para la presencia de la lagartija *Liolaemus cf. signifer*. En la Figura 7-161 se detallan los valores de riqueza y abundancia para los anfibios y reptiles por hábitat evaluado en el área de estudio.



D
A
4
@
y
↓
@
G
S
A
G
S



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

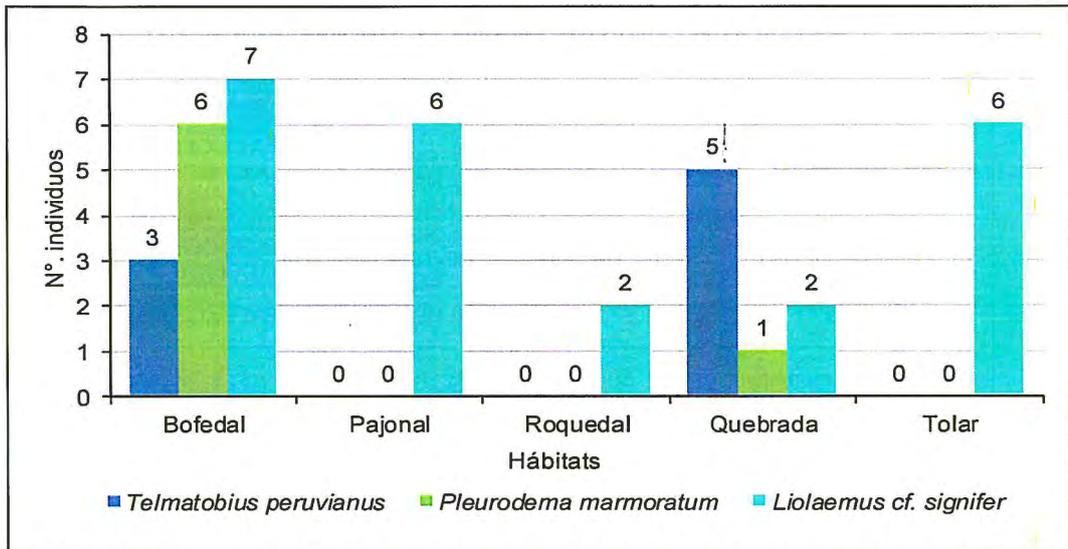


Figura 7-161. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por hábitat en el área de estudio

La presencia de los renacuajos de *Telmatobius peruvianus* estuvieron restringidos a los hábitats bofedal y quebrada, con 210 y 32 individuos respectivamente. Todos los renacuajos fueron observados desplazándose en los cuerpos de agua evaluados (Figura 7-162).



Vertical handwritten signature and date: 14/07/2011

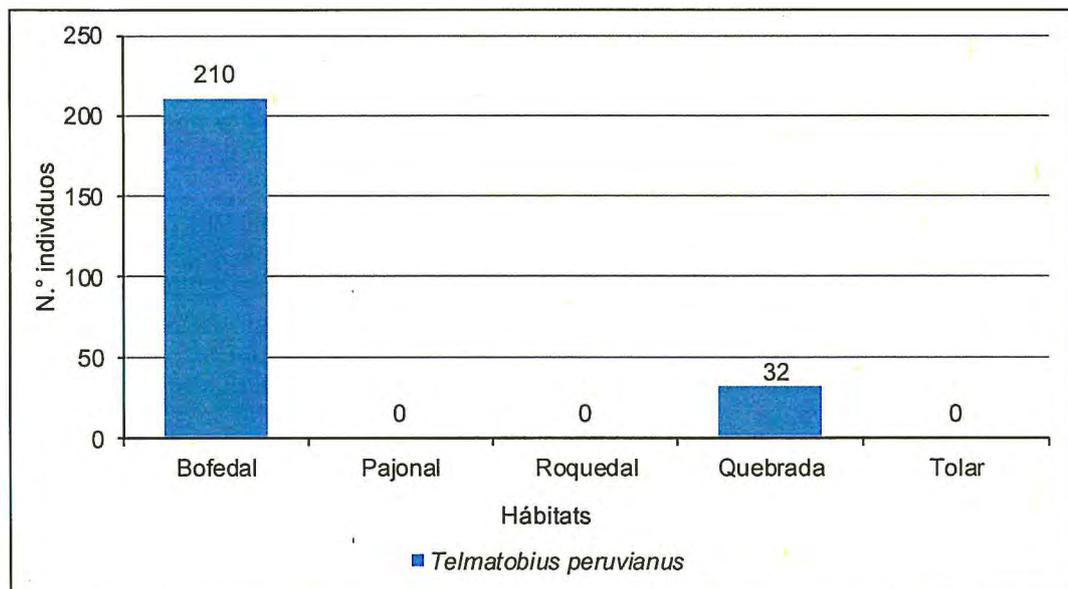


Figura 7-162. Abundancia de renacuajos de *Telmatobius peruvianus* por hábitat en el área de estudio

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

Bofedal

Este hábitat semiacuático presentó un mayor esfuerzo de muestreo, 25 evaluaciones (14 VES y 11 transectos), debido a que los objetivos del estudio se centraron en el



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»

análisis de la fauna presente en este ecosistema. Respecto a la composición herpetológica, se registraron las 2 especies de anfibios (*Telmatobius peruvianus* y *Pleurodema marmoratum*) y al único reptil observado (*Liolaemus cf. signifer*). En cuanto a la abundancia, la lagartija *Liolaemus cf. signifer* y el anfibio *Pleurodema marmoratum* presentaron los mayores valores con 7 y 6 individuos respectivamente; mientras que, el anfibio *Telmatobius peruvianus* presentó 3 individuos adultos durante la evaluación de este hábitat.

Los renacuajos de *Telmatobius peruvianus* presentaron una mayor abundancia en este hábitat (210 individuos), siendo observados y contabilizados en los cuerpos de agua que se forman a lo largo de los bofedales.

Pajonal

El esfuerzo realizado en este hábitat fue de seis evaluaciones VES, los cuales estuvieron distribuidos alrededor de los ecosistemas frágiles (bofedales) evaluados. El hábitat estuvo compuesto por pajonal de porte medio con parches de rocas de diferentes tamaños y matorrales dispersos. La lagartija *Liolaemus cf. signifer* fue la única especie registrada en este hábitat con seis individuos. No se registraron renacuajos en este hábitat.

Roqueda

Este hábitat presentó una combinación de afloramientos rocosos de diferentes tamaños, con parches de matorrales y vegetación asociada, los cuales estuvieron distribuidos a lo largo de los ecosistemas frágiles evaluados. Se realizó un esfuerzo de cuatro evaluaciones VES, donde se pudo registrar la presencia únicamente de la lagartija *Liolaemus cf. signifer* con dos individuos. No se registraron renacuajos en este hábitat.

Quebrada

El esfuerzo realizado en este hábitat fue de dos evaluaciones VES y un transecto. Este hábitat acuático presentó un fondo con sustrato rocoso (canto rodado) y caudal bajo, lo cual permitió la búsqueda de las especies presentes durante las evaluaciones, registrándose dentro de ella al anfibio *Telmatobius peruvianus* con cinco individuos. Asimismo, en los márgenes de este hábitat se observó la presencia de un individuo de la especie de anfibio *Pleurodema marmoratum* y dos lagartijas de la especie *Liolaemus cf. signifer*. Cabe resaltar que, estos cuerpos de agua abastecen a los bofedales presentes en el área de estudio.

Respecto a los renacuajos, dentro del hábitat quebrada se registraron 32 individuos de la especie *Telmatobius peruvianus*, los cuales se presentaron a lo largo de los cuerpos de agua, trasladándose y alimentándose de la vegetación circundante.

Tolar

Este hábitat conformado por parches de matorral con dominancia de especies del género *Parastrephia* spp., se distribuye en el margen superior de los bofedales asociados a la quebrada Queullocachi y al río Calasaya. Se realizó un esfuerzo de cuatro evaluaciones VES, donde se pudo registrar la presencia únicamente de la lagartija *Liolaemus cf. signifer* con seis individuos. No se registraron renacuajos en este hábitat.



↑
D
A
4
@
f
t
e
G
S
A
→



• **Diversidad por hábitat**

Los hábitats que presentaron una mayor diversidad de especies de anfibios y reptiles fueron bofedal ($H'=1,51$ bits/ind) y quebrada ($H'=1,30$ bits/ind) debido a la presencia de todas las especies registradas durante la evaluación (*Telmatobius peruvianus*, *Pleurodema marmoratum* y *Liolaemus cf. signifer*). Por otro lado, los hábitats pajonal, roquedal y tolar registraron únicamente a la especie *Liolaemus cf. signifer*, por lo que no se pudieron realizar los índices de diversidad correspondientes ($H'=0$ bits/ind). Respecto a la dominancia, el índice de Simpson (1-D) muestra que las especies registradas se distribuyeron de forma equitativa en los hábitats bofedal ($1-D=0,68$) y quebrada ($1-D=0,61$) (Tabla 7-45).

Tabla 7-45. Abundancia, riqueza e índices de diversidad de los anfibios por hábitat en el área de estudio

Parámetro	Bofedal	Pajonal	Roquedal	Quebrada	Tolar
Riqueza de especies	3	1	1	3	1
N. ° de Individuos	16	6	2	8	6
Índices de Shannon-Winner (H')	1,51	0	0	1,30	0
Índices de Simpson (1-D)	0,68	0	0	0,61	0

• **Similitud por hábitat**

La similitud de especies de anfibios y reptiles en los hábitats evaluados según el índice de Morisita, que expresa cuan semejantes son dos muestras en base a la abundancia proporcional de cada especie en dichas muestras; indica que los hábitats pajonal, roquedal y tolar presentan una alta similaridad (100 %) debido a que ambas comparten únicamente a la especie *Liolaemus cf. signifer* en abundancias similares. Por otro lado, los hábitats bofedal y quebrada presentaron una similaridad del 66 %, debido a la presencia de los anfibios *Telmatobius peruvianus* y *Pleurodema marmoratum* en abundancias diferentes (Figura 7-163).



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a large 'D' and a vertical list of letters: D, y, e, f, @, G, S, M, A, ↓



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

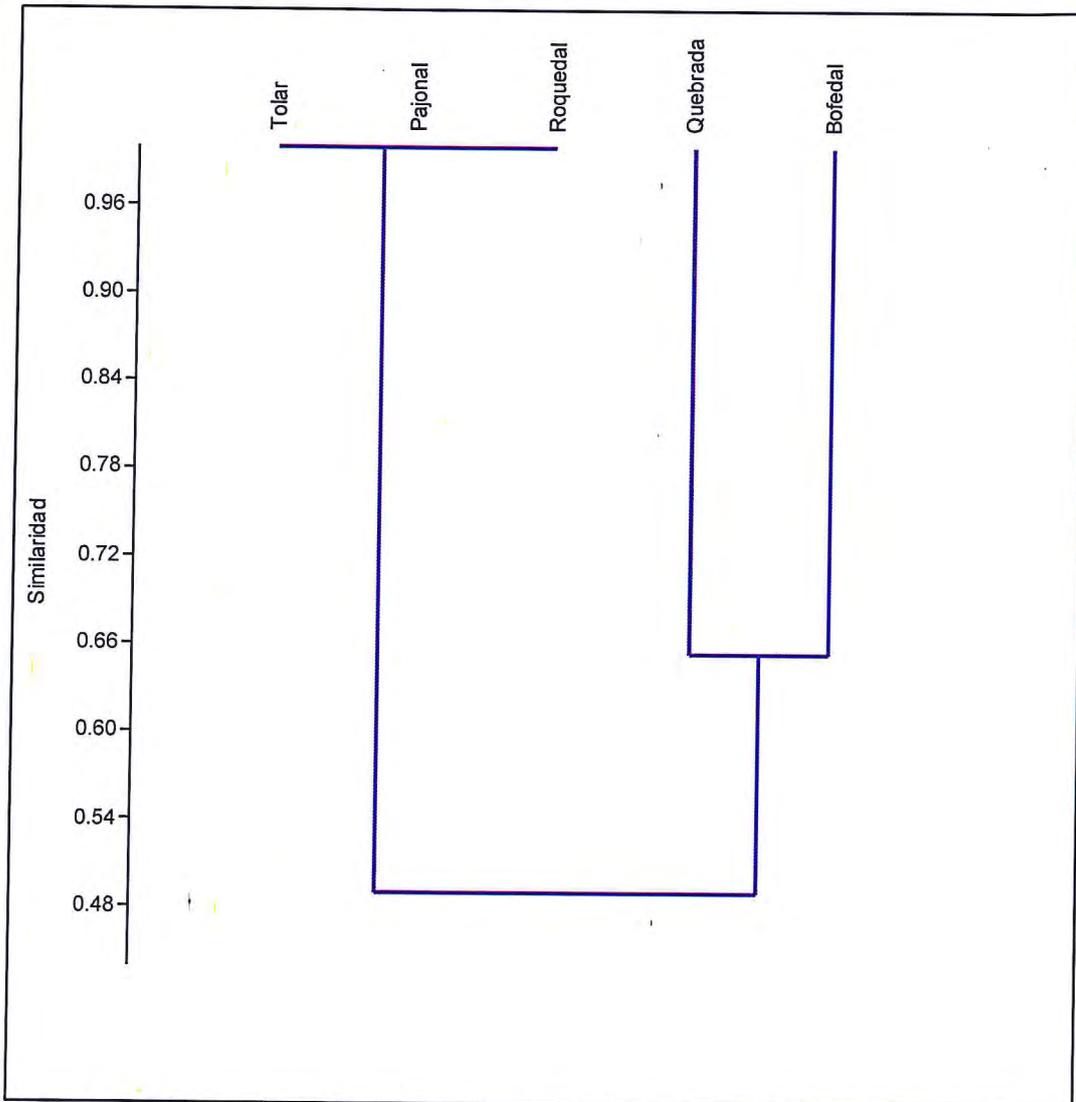


Figura 7-163. Similitud de Morisita entre los diferentes hábitats evaluados en el área de estudio

G. Descripción de la herpetofauna por zona de ecosistema frágil

• Riqueza de especies y abundancia por zona de ecosistema frágil

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

La riqueza de especies fue mayor en los ecosistemas frágiles EF2 y EF4 presentando a todas las especies registradas durante la evaluación (*Telmatobius peruvianus*, *Pleurodema marmoratum* y *Liolaemus cf. signifer*), siendo la lagartija *Liolaemus cf. signifer* la especie más abundante. Por el contrario, el resto de ecosistemas frágiles evaluados (EF1, EF5, EF6 y EF7) presentaron únicamente a la lagartija *Liolaemus cf. signifer* en sus inmediaciones.

D

 S

 M

 @

 y

 +

 @

 G

 S

 S

 +



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

En la Figura 7-164 se detallan los valores de riqueza y abundancia registrados para los anfibios y reptiles por ecosistema frágil evaluado en el área de abastecimiento de agua del PM Quellaveco.

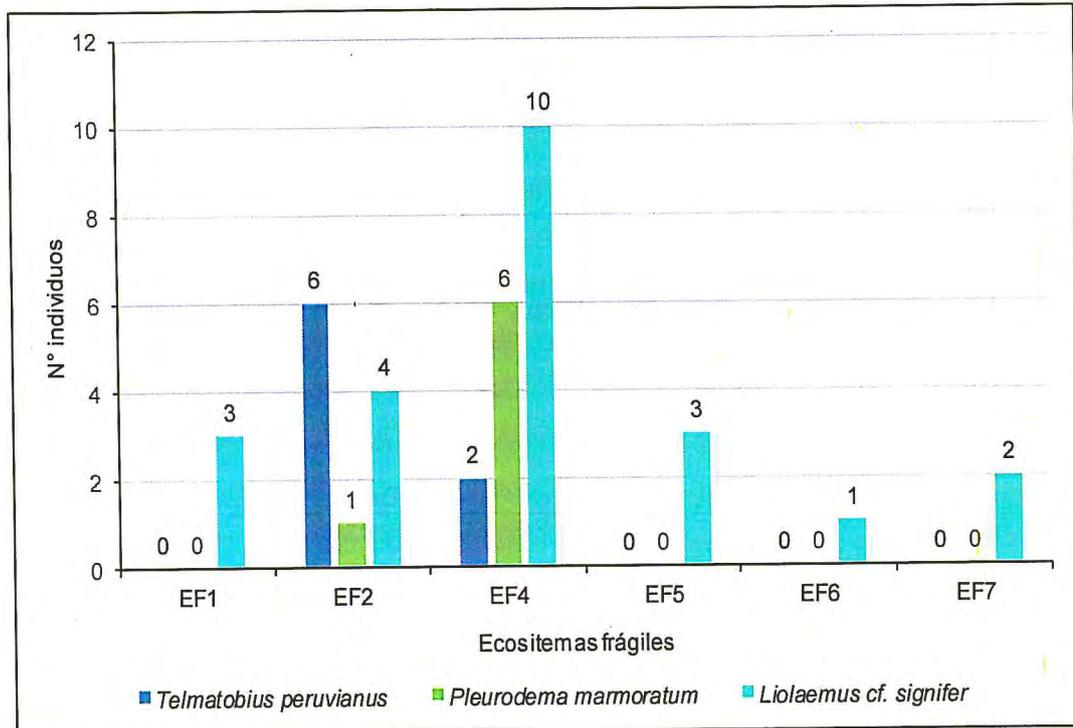


Figura 7-164. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por ecosistema frágil evaluado en el área de estudio

Los renacuajos estuvieron distribuidos en los diferentes ecosistemas frágiles evaluados, siendo las zonas EF10 y EF1 donde se presentaron los mayores valores de abundancia de renacuajos en sus diferentes estadios (100 y 70 individuos respectivamente). Por el contrario, las zonas EF5 y EF7 no presentaron renacuajos durante las evaluaciones (Figura 7-165).



D. A. G. S. H. T.



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

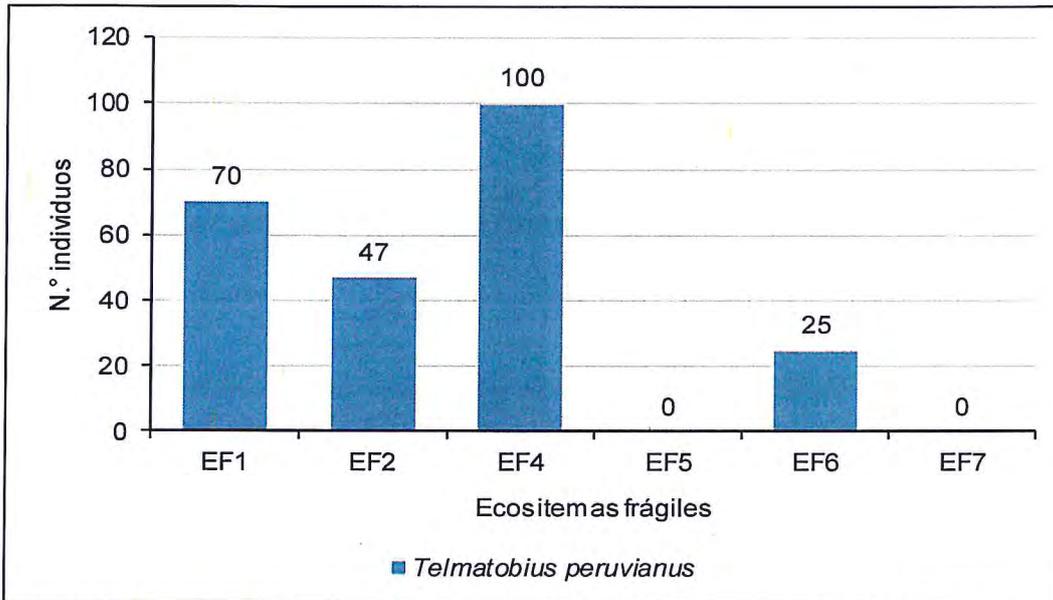


Figura 7-165. Abundancia de renacuajos de *Telmatobius peruvianus* por ecosistemas frágiles evaluados en el área de estudio

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

EF1

Esta zona de ecosistema frágil está representada por un bofedal de gran tamaño ubicado al margen izquierdo del río Chincune. Los hábitats que conforman esta zona son bofedal, pajonal y roquedal. Se realizaron cuatro evaluaciones VES y dos transectos, registrándose la presencia de tres individuos de la lagartija *Liolaemus cf. signifer* en las inmediaciones del hábitat pajonal.

Respecto a los renacuajos, se registraron 70 individuos de la especie *Telmatobius peruvianus* en los cuerpos de agua formados en las inmediaciones del hábitat bofedal.

EF2

Esta zona de ecosistema frágil está representada por un bofedal de gran tamaño ubicado en las inmediaciones del río Vizcachas. Los hábitats que conforman esta zona son bofedal, pajonal y quebrada. Se realizaron cuatro evaluaciones VES y dos transectos, registrándose la presencia de los anfibios *Telmatobius peruvianus* y *Pleurodema marmoratum* (seis y un individuo respectivamente) en el hábitat quebrada; asimismo, se registraron cuatro individuos de la lagartija *Liolaemus cf. signifer* en las inmediaciones del hábitat pajonal.

Respecto a los renacuajos, se registraron 47 individuos de la especie *Telmatobius peruvianus* en los cuerpos de agua formados en las inmediaciones de los hábitats bofedal y quebrada.



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



EF4

Esta zona de ecosistema frágil está representada por un bofedal de gran tamaño asociado a la quebrada Queullocachi y al río Calasaya. Los hábitats que conforman esta zona son bofedal y tolar. Se realizaron cinco evaluaciones VES y dos transectos, registrándose la presencia de los anfibios *Telmatobius peruvianus* y *Pleurodema marmoratum* (dos y seis individuos respectivamente) en el hábitat bofedal; asimismo, se registraron 10 individuos de la lagartija *Liolaemus cf. signifer* en las inmediaciones del hábitat bofedal y tolar.

Respecto a los renacuajos, se registraron 100 individuos de la especie *Telmatobius peruvianus* en los cuerpos de agua formados en las inmediaciones del hábitat bofedal.

EF5

Esta zona de ecosistema frágil está representada por un bofedal de gran tamaño asociado al río Calasaya y cercano al anexo Huachunta. Los hábitats que conforman esta zona son bofedal y tolar. Se realizaron tres evaluaciones VES y dos transectos, registrándose únicamente la presencia de tres individuos de la lagartija *Liolaemus cf. signifer* en las inmediaciones del hábitat tolar. No se registraron renacuajos en este ecosistema frágil.

EF6

Esta zona de ecosistema frágil está representada por un bofedal de gran tamaño que da origen al río Chilota, siendo el único hábitat evaluado debido a sus dimensiones. Se realizaron siete evaluaciones VES y cuatro transectos, registrándose únicamente la presencia de un individuo de la lagartija *Liolaemus cf. signifer* en el margen del hábitat bofedal.

Respecto a los renacuajos, se registraron 25 individuos de la especie *Telmatobius peruvianus* en los cuerpos de agua formados en las inmediaciones del hábitat bofedal.

EF7

Esta zona se encuentra en la intersección de los ríos Chincune y Vizcachas, donde se realizará el embalse de sus aguas. Los hábitats que conforman esta zona son quebrada y roquedal. Se realizaron tres evaluaciones VES, registrándose únicamente la presencia de tres individuos de la lagartija *Liolaemus cf. signifer* en las inmediaciones del hábitat roquedal. No se registraron renacuajos en este ecosistema frágil.

• Diversidad por zona de ecosistema frágil

Las zonas de ecosistemas frágiles que presentaron mayores índices de diversidad de anfibios fueron EF2 ($H' = 1,322$ bits/ind) y EF4 ($H' = 1,251$ bits/ind), debido a la presencia de todas las especies registradas (*Telmatobius peruvianus*, *Pleurodema marmoratum* y *Liolaemus cf. signifer*). Por otro lado, las zonas EF1, EF5, EF6 y EF7 registraron únicamente a la especie *Liolaemus cf. signifer*, por lo que no se pudieron realizar los índices de diversidad correspondientes ($H' = 0$ bits/ind). Respecto a la dominancia, el índice de Simpson (1-D) muestra que las especies registradas se distribuyeron de forma equitativa en las zonas EF2 (1-D=0,618) y EF4 (1-D=0,601) (Tabla 7-46).



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a large 'D' and a vertical list of characters: 'A', '4', '@', 'f', 'L', '@', 'G', 'S', 'M', 'A', 'A'.



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

Tabla 7-46. Abundancia, riqueza e índices de diversidad de los anfibios y reptiles por zonas de ecosistemas frágiles en el área de estudio

Índices de Diversidad	EF1	EF2	EF4	EF5	EF6	EF7
Riqueza de especies	1	3	3	1	1	1
Nº de Individuos	3	11	18	3	1	2
Índices de Shannon-Winner (H')	0	1,322	1,352	0	0	0
Índice de Simpson (1-D)	0	0,618	0,601	0	-	0

• **Similaridad entre zonas de ecosistemas frágiles**

El análisis de similaridad de Morisita, para las especies de anfibios y reptiles evaluados, indica que las zonas de ecosistemas frágiles EF1, EF5, EF6 y EF7 presentaron una alta similaridad entre ellas (100 %) y con la zona EF4 (77,6 %) debido a la presencia de la especie *Liolaemus cf. signifer* en abundancias similares. Por otro lado, la zona EF2 presentó una similaridad media (50,6 %) con las demás zonas evaluadas debido a la presencia de anfibios y reptiles en abundancias diferentes (Figura 7-166).



Handwritten signature and date: 14/05/2011

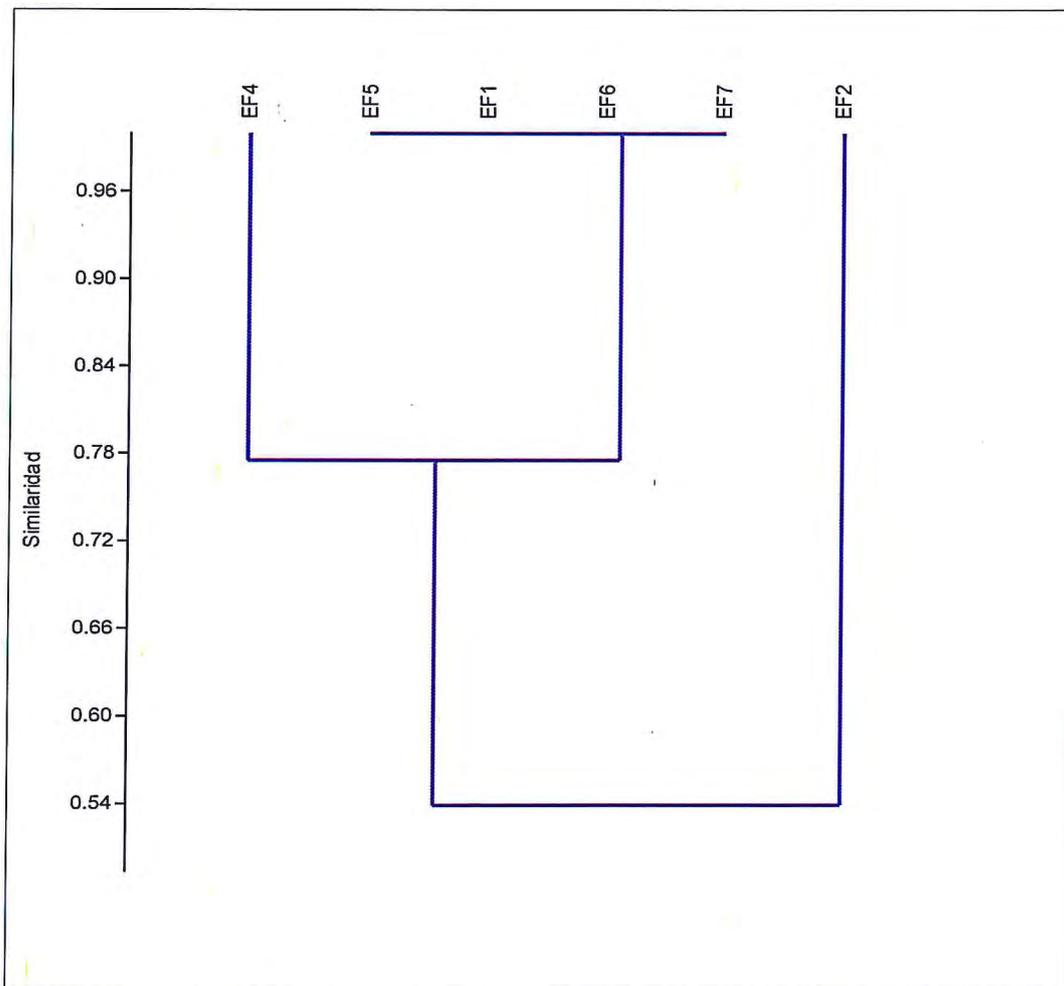


Figura 7-166. Similaridad de Morisita entre las zonas de ecosistemas frágiles en el área de estudio



H. **Especies incluidas en categorías de conservación o endémicas registradas en el área de estudio**

Los resultados muestran que, de las tres especies registradas durante la evaluación, solo *Telmatobius peruvianus* se encuentra bajo alguna categoría de amenaza elevada, siendo considerada en estado Vulnerable (VU) por la IUCN (2018) y el Estado peruano (D.S. N.º 004-2014-MINAGRI). Las especies registradas presentan una distribución geográfica amplia que abarca zonas andinas de Perú, Argentina, Bolivia y Chile. Ninguna de las especies registradas se encontró bajo alguna categoría Cites (2017). Los detalles se muestran en la Tabla 7-47.

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

Familia	Especies	Nombre común	CITES	UICN	D.S. N.º 004-2014-MINAGRI	Especies endémicas
Telmatobiidae	<i>Telmatobius peruvianus</i>	Rana acuática del Perú	-	VU	VU	-

VU: Vulnerable

I. **Usos actuales y potenciales de los anfibios y reptiles**

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

7.3.6.2 Aves

A. **Composición ornitológica**

En el área de estudio se registró un total de 43 especies pertenecientes a 20 familias y 11 órdenes (Tabla 7-48), de las cuales, mediante los transectos lineales se registraron 42 especies y 1 especie mediante búsqueda intensiva: el Suri (*Rhea pennata*). Del total, 31 especies correspondieron a especies de ambientes terrestres y 12 especies a ambientes acuáticos.

Los órdenes que poseen mayor número de especies fueron los Passeriformes (aves cantoras) con 23 especies que representa el 53,48 % del total, incluidas en 6 familias; seguido de los Anseriformes (anatidos) con 5 especies en 1 familia; y Charadriiformes (chorlos, gaviotas) con 5 especies en 4 familias. Los 8 órdenes restantes presentan entre 1 y 2 especies (Tabla 7-48). El detalle de cada una de las especies se presenta en el Anexo 5, obtenidas por la evaluación cuantitativa.

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

Orden	Familia	Nº. especies
Rheiformes	Rheidae	1
Tinamiformes	Tinamidae	1
Anseriformes	Anatidae*	5
Columbiformes	Columbidae	1
Charadriiformes	Charadriidae*	2



D
A
P
@
f
+
e
G
S
M
G
f



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

Orden	Familia	Nº. especies
	Scolopacidae*	1
	Thinocoridae*	1
	Laridae*	1
Pelecaniformes	Ardeidae*	1
	Threskiornithidae*	1
Accipitriformes	Accipitridae	1
Piciformes	Picidae	1
Falconiformes	Falconidae	2
Psittaciformes	Psittacidae	1
Passeriformes	Furnariidae	6
	Tyrannidae	8
	Hirundinidae	1
	Thraupidae	6
	Emberizidae	1
	Fringillidae	1
11	20	43

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

Las familias con mayor número de especies fueron Tyrannidae (insectívoros o atrapamoscas) con ocho especies; Thraupidae (tangaras y semilleros) y Furnariidae (canasteros y bandurita) con seis especies cada una; y, Anatidae (patos) con cinco especies (Figura 6-167). Las demás familias presentan entre una y dos especies. Los géneros con mayor número de especies fueron *Muscisaxicola* con cinco especies y *Phrygilus* con cuatro especies (Anexo 5).

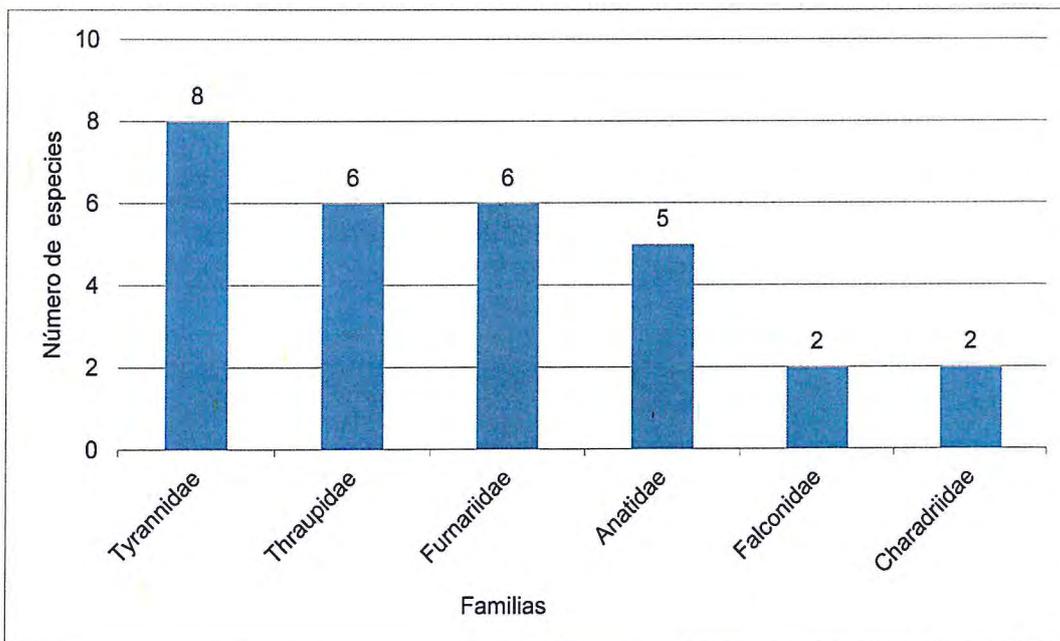


Figura 7-167. Familias con mayor número de especies de aves en el área de estudio



Vertical handwritten text: D, A, y, @, +, @, S, S, A



B. Estimación de riqueza esperada

• Curva de acumulación de especies y estimador Chao 1

La curva de acumulación de especies muestra que, en los primeros transectos evaluados, las especies acumuladas aumentan rápidamente y llega a un punto en que las especies nuevas van apareciendo en menor cantidad, aún teniendo un esfuerzo de muestreo máximo. Esto se contrasta en la Figura 6-168, observando que en 15 transectos se registraron 35 especies, y en los 10 transectos restantes solo se registraron 7 especies nuevas.

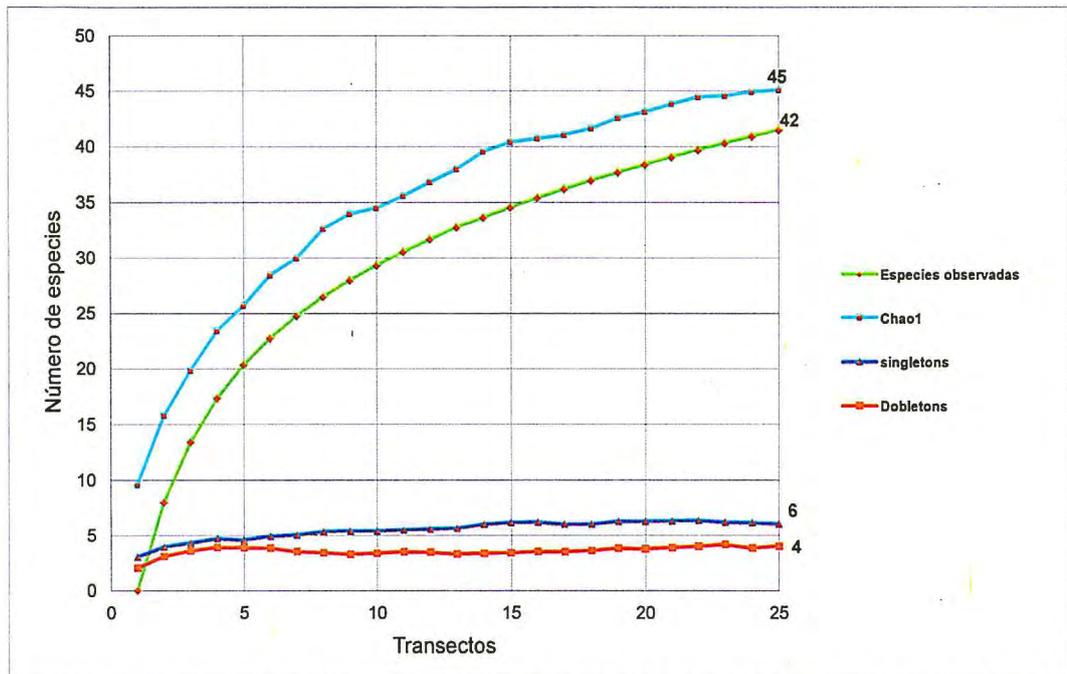


Figura 7-168. Curva de acumulación de especies y estimador Chao 1, presentes en el área de estudio

Según el estimador de Chao 1, la riqueza esperada es de 45 especies (IC 95 %: 42,54-58,81). Las 42 especies registradas en los transectos lineales representan el 93,33 % de la riqueza esperada, siendo un inventario considerado bueno. Pero probablemente puede encontrarse en el área de estudio entre 42 a 58 especies, si tomamos en cuenta la especie registrada mediante la búsqueda intensiva (*R. pennata*) suman 43 especies en el área de estudio, encontrándose este resultado dentro del rango.

Para alcanzar el valor máximo mediante los transectos lineales, no se han reportado 15 especies, estas posibles especies estarían conformadas por algunas especies nocturnas o crepusculares, ocasionales, algunas que tengan migración altitudinal o latitudinal o especies estacionales que se encuentran en alguna época del año.

D
 A
 4
 @
 f
 ↓
 G
 S
 ↓
 ↓



C. **Descripción de la avifauna por hábitat**

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

• **Riqueza de especies y abundancia general por hábitat**

Se evaluaron los 4 hábitats identificados en el área de estudio (bofedal, pajonal, roquedal y tolar), donde se registró mediante transectos lineales 42 especies con 647 individuos. En la Tabla 7-49 se presenta un resumen de los 4 hábitats con la riqueza de especies y abundancia registradas mediante transectos lineales. A continuación, se detalla información de los hábitats evaluados.

La riqueza de especies registrada en los hábitats varió entre 10 y 30 especies, y la abundancia entre 36 y 473 individuos. El hábitat con la mayor riqueza de especies registrada fue el bofedal (30 especies), seguido del pajonal (19 especies) y roquedal (14 especies). La menor riqueza de especies se registró en el hábitat tolar (10 especies). Por otro lado, los hábitats con mayor abundancia fueron el bofedal (473 individuos) y roquedal (86 individuos); en cambio el menos abundante fue el hábitat tolar (36 individuos) (Tabla 7-49).



Tabla 7-49. Resumen de la riqueza y abundancia de aves por hábitat en el área de estudio

Hábitats	Esfuerzo de muestreo	Nº Familias	Nº Especies	Abundancia
Bofedal (Bo)	16 TL	17	30	473
Pajonal (Pa)	4 TL	10	19	52
Roquedal (Ro)	3 TL	6	14	86
Tolar (To)	2 TL	6	10	36
4 hábitats	25 TL	21	42	647

TL: transectos lineales

En la abundancia total de todas las especies registradas, destacaron 5 especies que tuvieron más de 30 individuos registrados en el área de estudio (Figura 7-169). La especie con mayor abundancia en el área de estudio fue el Chirigüe de Lomo Brillante (*Sicalis uropygialis*) con 114 individuos que representa el 17,62 % del total, que es una especie común de ambientes terrestres registrada en los 4 hábitats evaluados (bofedal, pajonal, roquedal y tolar). Además, destacan dos especies de patos, el Pato Barcino (*Anas flavirostris*) que es la segunda especie con mayor abundancia con 53 individuos que representa el 8,19 % del total y el Pato Crestón (*Lophonetta specularioides*) que es la quinta especie con mayor abundancia con 31 individuos que representa el 4,79 % del total (Figura 7-169); ambas especies registradas en el hábitat bofedal.

Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a large 'D' and 'A' and a vertical list of initials.



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

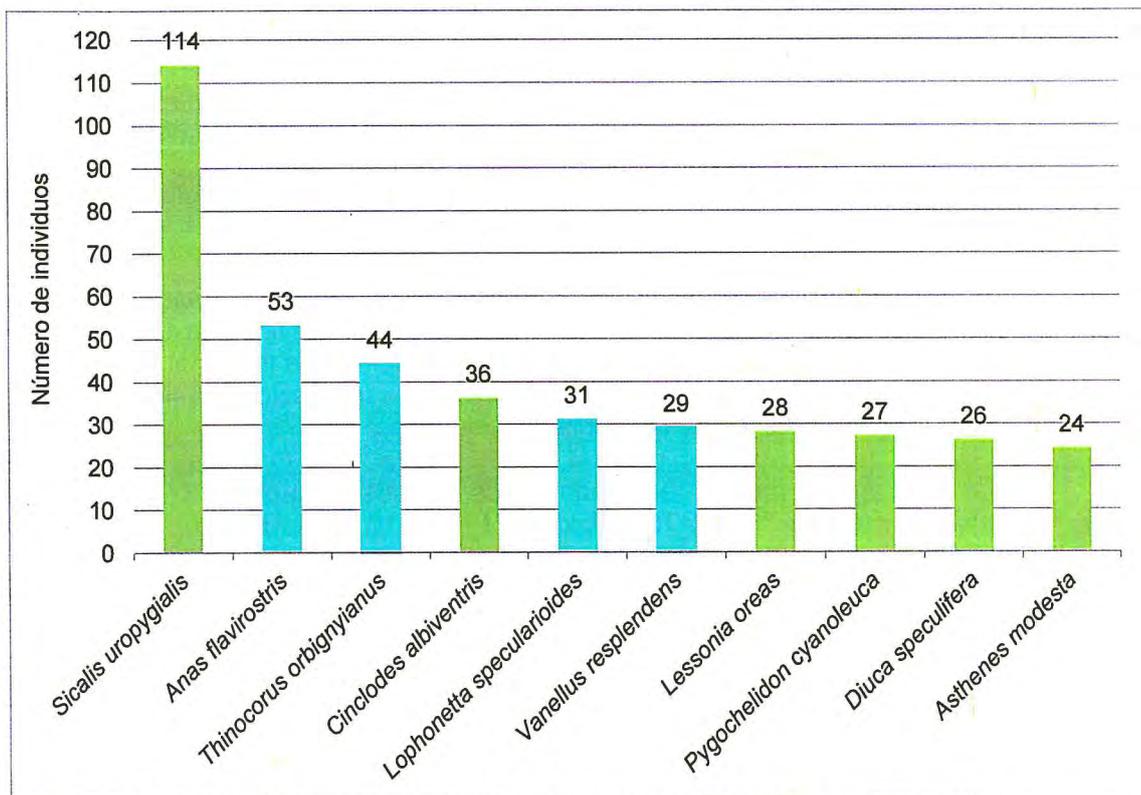


Figura 7-169. Especies con mayor abundancia total registrada en el área de estudio

Nota: las barras rellenas de color verde claro corresponden a aves terrestres y las de color turquesa corresponden a aves acuáticas

A continuación, se analizará la avifauna registrada en los hábitats (bofedales, pajonal, roquedal y tolar). La abundancia es la registrada mediante los métodos cuantitativos (transectos lineales), la misma que se utilizó para los cálculos de los índices de diversidad alfa y beta. En el Anexo 5 se presenta la riqueza de especies y abundancia de aves en cada hábitat en el área de estudio.

Bofedal

Se evaluó los bofedales en cinco zonas de ecosistemas frágiles (EF) denominados como EF1, EF2, EF4, EF5 y EF6. En este hábitat mediante 16 transectos lineales se registraron 30 especies pertenecientes a 17 familias, con una abundancia de 473 individuos. Del total de especies, 19 especies son de ambientes terrestres y 11 especies acuáticas (Tabla 7-50).

El bofedal EF4 registró la mayor riqueza de especies con 21 especies, seguida del bofedal EF6 con 20 especies. La menor riqueza de especies se registró en el bofedal EF5 con 10 especies. Por otro lado, la mayor abundancia se registró en el bofedal EF6 con 158 individuos y la menor abundancia en el bofedal EF2 con 59 individuos

La familia con mayor número de especies fue la Tyrannidae (dormilonas, negrito andino) con cinco especies, seguidos de Anatidae (patos) y Furnariidae (canastero, minero, churretes) con cuatro especies cada una, y Thraupidae con tres especies (Anexo 5).



Handwritten notes in blue ink: an arrow pointing up, the number '2', and a vertical list of symbols: 'A', '4', '@', '1', '+', 'e', 'G', 'S', 'Y', 'S', 'A', 'A'.



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

Entre las especies registradas se observaron 11 especies acuáticas típicas de bofedal que representan el 36,67 % del total de especies registrado en este hábitat (42 especies), siendo estas, *Anas flavirostris*, *Anas puna*, *Lophonetta specularioides*, *Oressochen melanopterus*, *Vanellus resplendens*, *Gallinago andina*, *Phegomis mitchellii*, *Thinocorus orbignyianus*, *Chroicocephalus serranus*, *Nycticorax nycticorax*, *Plegadis ridgwayi*; pero la mayoría de especies registradas fueron especies terrestres típicas de pajonal (Tabla 7-50).

Las especies más abundantes fueron *Anas flavirostris* (53 individuos), *Sicalis uropygialis* (52 individuos), *Thinocorus orbignyianus* (37 individuos), *Lophonetta specularioides* (31 individuos) y *Cinclodes albiventris* (31 individuos). Las especies que registraron la menor abundancia con un individuo fueron *Falco femoralis*, *Zonotrichia capensis*; con tres individuos fueron *Geranoaetus polyosoma*, *Cinclodes atacamensis*, *Gallinago andina* y *Phegomis mitchellii*.

Tabla 7-50. Riqueza de especies y abundancia de aves en los bofedales de las zonas de ecosistemas frágiles en el área de estudio

Familia	Especie	EF1	EF2	EF4	EF5	EF6	Total	AR (%)
Anatidae	<i>Anas flavirostris</i> *	11	---	2	29	11	53	11,21
Anatidae	<i>Anas puna</i> *	---	---	---	---	4	4	0,85
Anatidae	<i>Lophonetta specularioides</i> *	---	4	4	14	9	31	6,55
Anatidae	<i>Oressochen melanopterus</i> *	---	3	2	16	---	21	4,44
Columbidae	<i>Metriopelia aymara</i>	1	2	10	1	4	18	3,81
Charadriidae	<i>Vanellus resplendens</i> *	22	---	4	---	3	29	6,13
Charadriidae	<i>Phegomis mitchellii</i> *	---	---	---	---	3	3	0,63
Scolopacidae	<i>Gallinago andina</i> *	---	---	1	---	2	3	0,63
Thinocoridae	<i>Thinocorus orbignyianus</i> *	2	---	2	---	33	37	7,82
Laridae	<i>Chroicocephalus serranus</i> *	---	---	---	1	3	4	0,85
Ardeidae	<i>Nycticorax nycticorax</i> *	---	---	---	---	5	5	1,06
Threskiornithidae	<i>Plegadis ridgwayi</i> *	---	---	---	4	10	14	2,96
Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	---	1	2	---	---	3	0,63
Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>	1	---	3	---	---	4	0,85
Psittacidae	<i>Psilopsiagon aurifrons</i>	---	8	---	---	---	8	1,69
Falconidae	<i>Falco femoralis</i>	---	---	1	---	---	1	0,21
Furnariidae	<i>Geositta punensis</i>	---	6	8	---	2	16	3,38
Furnariidae	<i>Cinclodes atacamensis</i>	---	---	2	---	1	3	0,63
Furnariidae	<i>Cinclodes albiventris</i>	8	4	16	---	3	31	6,55
Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	---	1	5	---	4	10	2,11
Tyrannidae	<i>Lessonia oreas</i>	2	7	10	6	2	27	5,71
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	1	2	7	1	2	14	2,96
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola cinereus</i> (Ma)	---	1	---	---	2	12	2,54
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola albifrons</i>	---	---	7	---	---	7	1,48
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola flavinucha</i> (Ma)	---	3	10	2	---	15	3,17
Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	4	7	---	6	---	17	3,59
Thraupidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	5	9	7	---	31	52	10,99
Thraupidae	<i>Diuca speculifera</i>	2	---	10	---	14	26	5,50



Handwritten notes and signatures on the left margin, including a large 'A', 'D', 'S', 'y', '@', 'j', '↓', '@', 'G', 'S', 'y', 'S', '↓'.

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

Familia	Especie	EF1	EF2	EF4	EF5	EF6	Total	AR (%)
Thraupidae	<i>Phrygilus plebejus</i>	2	---	2	---	---	4	0,85
Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	---	1	---	---	---	1	0,21
Riqueza de especies		12	15	21	10	20	30	
Abundancia		61	59	115	80	158	473	

EF: ecosistema frágil, AR: abundancia relativa, *: aves acuáticas según Wetlands International, Ma: especie migratoria austral, ---: no registro de especies

Pajonal

Se evaluaron dos pajonales mediante cuatro transectos lineales. Estos se ubicaron en las zonas de ecosistemas frágiles EF1 y EF2. En este hábitat se registraron 19 especies de aves pertenecientes a 10 familias, con una abundancia de 52 individuos. Del total de especies, 18 son especies terrestres y 1 especie acuática, Agachona de Pecho Gris (*Thinocorus orbignyianus*) (Tabla 7-51).

El pajonal EF2 registró la mayor riqueza de especies y abundancia, mientras que el pajonal EF1 registró la menor riqueza de especies y abundancia

La familia con mayor número de especies fue Furnariidae (canastero, minero, churretes) con cinco especies, seguida de Thraupidae (frigilos, chirigüe) con cuatro especies, y Tyrannidae (dormilonas, negrito andino) con tres especies (Anexo 5).

Entre las especies registradas se observaron a especies terrestres típicas de pajonal como especies de las familias Tinamidae, Columbidae, Furnariidae, Tyrannidae y Thraupidae; y otras especies asociadas a zonas intervenidas como *Zonotrichia capensis* (Tabla 7-51).

Las especies más abundantes fueron *Sicalis uropygialis* (10 individuos), *Pygochelidon cyanoleuca* (7 individuos), *Thinocorus orbignyianus* (5 individuos) y *Phrygilus plebejus* (5 individuos).

Tabla 7-51. Riqueza de especies y abundancia de aves en los pajonales de las zonas de ecosistemas frágiles en el área de estudio

Familia	Especie	EF1	EF2	Total	AR (%)
Tinamidae	<i>Tinamotis pentlandii</i>	---	2	2	3,85
Columbidae	<i>Metriopelia aymara</i>	---	1	1	1,92
Thinocoridae	<i>Thinocorus orbignyianus*</i>	5	---	5	9,62
Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	3	4	7,69
Falconidae	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	---	2	2	3,85
Furnariidae	<i>Geositta cunicularia</i>	---	1	1	1,92
Furnariidae	<i>Geositta punensis</i>	---	1	1	1,92
Furnariidae	<i>Cinclodes atacamensis</i>	1	---	1	1,92
Furnariidae	<i>Cinclodes albiventris</i>	1	---	1	1,92
Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	2	1	3	5,77
Tyrannidae	<i>Lessonia oreas</i>	1	---	1	1,92
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	---	1	1	1,92
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	1	---	1	1,92
Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	---	7	7	13,46

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

Familia	Especie	EF1	EF2	Total	AR (%)
Thraupidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	2	8	10	19,23
Thraupidae	<i>Phrygilus punensis</i>	---	3	3	5,77
Thraupidae	<i>Phrygilus erythronotus</i>	---	1	1	1,92
Thraupidae	<i>Phrygilus plebejus</i>	2	3	5	9,62
Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	2	---	2	3,85
Riqueza de especies		10	13	19	
Abundancia		18	34	52	

EF: ecosistema frágil, AR: abundancia relativa, *: aves acuáticas según Wetlands International, ---: no registro de especies

Roquedal

Este hábitat se evaluó en dos zonas mediante tres transectos lineales. Estas se ubicaron en las zonas de ecosistemas frágiles EF1 y EF7. En este hábitat se registraron 14 especies de aves con 86 individuos, pertenecientes a seis familias. Del total de especies, 12 especies son de ambientes terrestres y dos especies son acuáticas. Estas especies acuáticas *Merganetta armata* se observó entre la intersección de los ríos Vizcachas y Chincune y *Oressochen melanopterus* se registró cerca a unas construcciones en el río Vizcachas en la zona EF7. Esta zona presenta roquedal de tipo encañonado entre los ríos (Tabla 7-52).

El roquedal EF7 registró la mayor riqueza de especies y abundancia, mientras que el roquedal EF1 registró la menor riqueza de especies y abundancia

La familia con mayor número de especies fue Thraupidae (frigilos, chirigüe) con cuatro especies, seguida de Furnariidae (canastero, churrete) y Tyrannidae (dormilonas, pitajo, arriero) con tres especies cada una.

Entre las especies registradas se observaron a especies terrestres típicas de presencia de estrato arbustivo, pajonal y áreas rocosas como las especies de las familias Thraupidae, Tyrannidae, Furnariidae e Hirundinidae (Tabla 7-52).

Las especies más abundante fueron *Sicalis uropygialis* (51 individuos), *P. plebejus* (8 individuos), *Phrygilus unicolor* (4 individuos), *Phrygilus punensis* (4 individuos) y *Asthenes modesta* (4 individuos).

Tabla 7-52. Riqueza de especies y abundancia de aves en los roquedales de las zonas de ecosistemas frágiles en el área de estudio

Familia	Especie	EF1	EF7	Total	AR (%)
Anatidae	<i>Merganetta armata*</i>	---	1	1	1,16
Anatidae	<i>Oressochen melanopterus*</i>	---	2	2	2,33
Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	---	1	1	1,16
Furnariidae	<i>Upucerthia validirostris</i>	---	1	1	1,16
Furnariidae	<i>Cinclodes albiventris</i>	1	2	3	3,49
Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	1	3	4	4,65
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	1	---	1	1,16
Tyrannidae	<i>Agriornis montanus</i>	1	---	1	1,16
Tyrannidae	<i>Ochthoeca oenanthoides</i>	---	2	2	2,33
Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	---	3	3	3,49

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

Familia	Especie	EF1	EF7	Total	AR (%)
Thraupidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	20	31	51	59,30
Thraupidae	<i>Phrygilus punensis</i>	---	4	4	4,65
Thraupidae	<i>Phrygilus unicolor</i>	---	4	4	4,65
Thraupidae	<i>Phrygilus plebejus</i>	1	7	8	9,30
Riqueza de especies		25	61	86	
Abundancia		6	12	14	

EF: ecosistema frágil, AR: abundancia relativa, *: aves acuáticas según Wetlands International, ---: no registro de especies

Tolar

Este hábitat se evaluó en una zona mediante dos transectos lineales. Este hábitat se ubicó en la zona EF4. En este hábitat se registraron 10 especies de aves con 36 individuos, pertenecientes a seis familias. Del total de especies, 9 especies son de ambientes terrestres y un ave especie (*Thinocorus orbignyianus*) (Tabla 7-53).

Las familias con mayor número de especies fueron Furnariidae (canastero, minero, churrete) y Thraupidae (frigilos, chirigüe) con tres especies cada una. Las especies más abundante fueron *Spinus atratus* (10 individuos), *P. plebejus* (7 individuos) y *A. modesta* (7 individuos).

Entre las especies registradas se observaron a especies terrestres típicas de presencia de estrato arbustivo, pajonal y áreas rocosas como las especies de las familias Fringillidae, Furnariidae Tyrannidae y Thraupidae.

Tabla 7-53. Riqueza de especies y abundancia de aves en el tolar de las de ecosistemas frágiles en el área de estudio

Familia	Especie	EF4	Total	AR (%)
Columbidae	<i>Metriopelia aymara</i>	4	4	11,11
Thinocoridae	<i>Thinocorus orbignyianus*</i>	2	2	5,56
Furnariidae	<i>Geositta punensis</i>	1	1	2,78
Furnariidae	<i>Cinclodes albiventris</i>	1	1	2,78
Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	7	7	19,44
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	1	1	2,78
Thraupidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	1	1	2,78
Thraupidae	<i>Phrygilus punensis</i>	2	2	5,56
Thraupidae	<i>Phrygilus plebejus</i>	7	7	19,44
Fringillidae	<i>Spinus atratus</i>	10	10	27,78
Riqueza de especies		10	10	
Abundancia		36	36	

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

- Diversidad por hábitat**

De los cuatro hábitats evaluados, se observa que el hábitat con los mayores valores de riqueza y abundancia de especies fue el bofedal con 30 especies y 473 individuos. Dicho hábitat, también, presentó los mayores valores de los índices de diversidad, obteniendo un valor de 3,02 nits/ind para el índice de Shannon Wiener, un valor de



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

0,94 probits/ind para el índice de Simpson y un valor de 0,89 para el índice de equidad de Pielou (Tabla 7-54 y Figura 7-170).

Estos valores nos indican que el bofedal presentó una diversidad alta, donde las especies estuvieron representadas mayormente con abundancias equitativas en la muestra, es decir, no hubo dominancia significativa de especies, esto debido a la extensión del hábitat evaluado en el área de estudio, la cual permite albergar una importante diversidad de especies, tanto aves de ambientes terrestres como acuáticas.

El segundo mayor valor de diversidad lo obtuvo el hábitat pajonal (H: 2,62 nits/ind, 1-D: 0,91 probits/ind, J': 0,89). En ambos casos los valores altos de diversidad corresponden con los valores altos de riqueza de especies y con los mayores esfuerzos de evaluación.

El hábitat roquedal presentó el tercer valor en riqueza de especies y el segundo valor en abundancia, sin embargo, obtuvo los menores valores de los índices de diversidad (H: 1,63 nits/ind, 1-D: 0,63 probits/ind, J': 0,62), debido a la abundancia de *Sicalis uropygialis* con 51 individuos que representa el 59,30 % del total registrado en este hábitat (86 individuos), fue significativa respecto a las demás especies registradas en este hábitat (Tabla 7-54 y Figura 7-170).

Por otro lado, el hábitat tolar presentó la menor riqueza de especies y abundancia, sin embargo, en cuanto a los valores del índice de diversidad de Shannon y Simpson, obtuvo el tercer valor para ambos índices (H: 1,96 nits/ind, 1-D: 0,83 probits/ind).



D
S
T
E
C
O
N
O
M
I
A
S
C
I
E
N
T
Í
F
I
C
A

Tabla 7-54. Abundancia, riqueza e índices de diversidad por hábitat en el área de estudio

Parámetro	Bofedal	Pajonal	Roquedal	Tolar
Abundancia (Total de individuos)	473	52	86	36
Riqueza (Número total de especies)	30	19	14	10
Índice de Shannon (H')	3,02	2,62	1,63	1,96
Índice de Simpson (1-D)	0,94	0,91	0,63	0,83
Índice de Equidad de Pielou (J')	0,89	0,89	0,62	0,85
Esfuerzo de muestreo	16 TL	4 TL	3 TL	2 TL

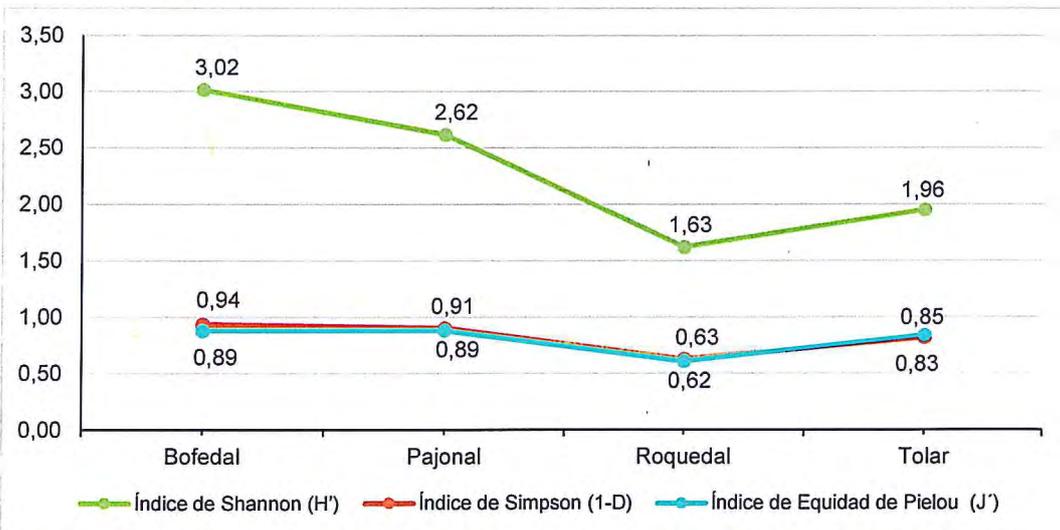


Figura 7-170. Índices de diversidad por hábitat obtenidos en el área de estudio



• **Similitud por hábitat**

En el área de estudio, al comparar los cuatro hábitats se observa que solo cuatro especies son comunes entre estos hábitats, siendo estas, *Sicalis uropygialis*, *Phrygilus plebejus*, *Asthenes modesta* y *Cinclodes albiventris*.

Según el índice cuantitativo de Morisita, se observa un solo agrupamiento con una similitud de 58 % (0,58), conformado por los hábitats pajonal (Pa) y roquedal (Ro), es decir, que estos hábitats comparten ocho especies, más del 50% de las especies que se han registrado, entre ellas destacan *Sicalis uropygialis*, *Phrygilus plebejus*, *Asthenes modesta*, *Phrygilus punensis*, entre otras. Estas especies usan el pajonal y roquedal como zonas de alimentación, refugio y reproducción, no obstante, al desplazarse en búsqueda de alimento recorren extensas áreas, por lo que se les puede observar en otros hábitats como el bofedal (Tabla 7-55 y Figura 7-171).

A este agrupamiento se unió el hábitat bofedal (Bo) con una similitud de 53 % (0,53) con el hábitat pajonal y 33 % (0,33) con el hábitat roquedal. La disimilitud se observa al comparar el hábitat tolar (To) con el resto de los hábitats.

El índice de Morisita muestra que hay especies compartidas entre los hábitats, indicando que las especies terrestres se comparten en los hábitats bofedal, pajonal, roquedal y tolar, y muestra la singularidad de las especies acuáticas encontradas en el bofedal.

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

Hábitats	Bofedal	Pajonal	Roquedal	Tolar
Bofedal	1,00	0,53	0,33	0,17
Pajonal	0,53	1,00	0,58	0,35
Roquedal	0,33	0,58	1,00	0,17
Tolar	0,17	0,35	0,17	1,00



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»

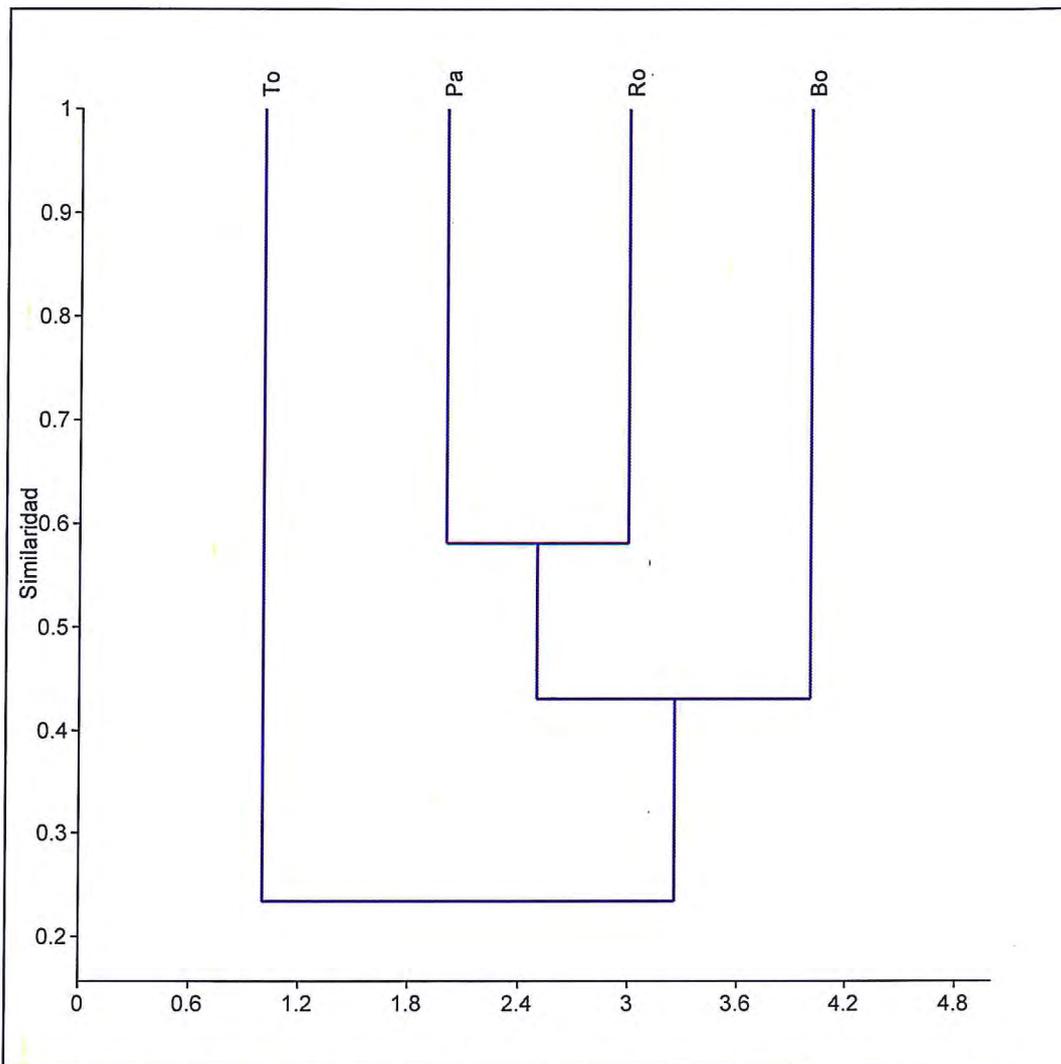


Figura 7-171. Dendrograma de Similitud de Morisita entre hábitats
Bo: bofedal, Pa: pajonal, Ro: roquedal, y To: tolar

D. Descripción de la avifauna por zona de ecosistema frágil

• Riqueza de especies y abundancia por zona de ecosistema frágil

A continuación, se presentan los análisis por zona de ecosistemas frágiles (EF). En el Anexo 5, se presenta la riqueza de especies y abundancia registrada por zona de ecosistema frágil en el área de estudio obtenida de los transectos lineales.

La riqueza de especies por zona de ecosistema frágil varió entre 10 y 24 especies, y la abundancia entre 61 y 158 individuos. La zona EF4 registró la mayor riqueza de especies, seguida de la zona EF6. La zona EF5 registró la menor riqueza de especies. Por otro lado, la zona EF6 registró la mayor abundancia y zona EF7 registró la menor abundancia. A continuación, se presentan los análisis por zonas de ecosistemas frágiles.



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large 'D' and 'f'.

EF1

Esta zona está representada por los hábitats de bofedal, pajonal y roquedal; con un esfuerzo de muestreo de 5 transectos lineales. En esta zona se registraron un total de 17 especies de aves con 104 individuos pertenecientes a 11 familias. La abundancia de las especies varió entre 1 y 27 individuos (Tabla 7-56).

Las especies más abundantes fueron *Sicalis uropygialis* (27 individuos), *Vanellus resplendens* (22 individuos), *Anas flavirostris* (11 individuos) y *Cinclodes albiventris* (10 individuos).

En el hábitat bofedal se registraron 12 especies con una abundancia de 61 individuos, pertenecientes a 9 familias. La especie más abundante fue *Vanellus resplendens* (22 individuos). En este hábitat se registraron 3 especies acuáticas y 9 de ambientes terrestres. La familia con mayor número de especies fue Thraupidae con 3 especies, seguida de Tyrannidae con 2 especies.

Con respecto al hábitat pajonal, se registraron 10 especies con una abundancia de 18 individuos, pertenecientes a 6 familias. La familia con mayor número de especies fue Furnariidae con 3 especies, seguidas de Tyrannidae y Thraupidae con 2 especies cada una. La abundancia varió entre 1 y 5 individuos, siendo la especie *Thinocorus orbignyianus* que registró 5 individuos. De las 10 especies 9 fueron de ambientes terrestres y 1 especie acuática.

En el hábitat roquedal se registraron 6 especies con una abundancia de 25 individuos, pertenecientes a 3 familias Furnariidae, Tyrannidae y Thraupidae, con dos especies cada una. La abundancia varió entre 1 y 20 individuos, siendo la especie *Sicalis uropygialis* que registró 20 individuos.

Tabla 7-56. Riqueza de especies y abundancia de aves en la zona EF1 en el área de estudio

Familia	Especie	EF1				
		Bofedal	Pajonal	Roquedal	Total	AR (%)
Anatidae	<i>Anas flavirostris</i> *	11	---	---	11	10,58
Columbidae	<i>Metriopelia aymara</i>	1	---	---	1	0,96
Charadriidae	<i>Vanellus resplendens</i> *	22	---	---	22	21,15
Thinocoridae	<i>Thinocorus orbignyianus</i> *	2	5	---	7	6,73
Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	---	1	---	1	0,96
Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>	1	---	---	1	0,96
Furnariidae	<i>Cinclodes atacamensis</i>	---	1	---	1	0,96
Furnariidae	<i>Cinclodes albiventris</i>	8	1	1	10	9,62
Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	---	2	1	3	2,88
Tyrannidae	<i>Lessonia oreas</i>	2	1	---	3	2,88
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	1	1	1	3	2,88
Tyrannidae	<i>Agriornis montanus</i>	---	---	1	1	0,96
Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	4	---	---	4	3,85
Thraupidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	5	2	20	27	25,96
Thraupidae	<i>Diuca speculifera</i>	2	---	---	2	1,92
Thraupidae	<i>Phrygilus plebejus</i>	2	2	1	5	4,81

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

Familia	Especie	EF1				
		Bofedal	Pajonal	Roquedal	Total	AR (%)
Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	---	2	---	2	1,92
Riqueza de especies		12	10	6	17	
Abundancia		61	18	25	104	

EF: ecosistema frágil, AR: abundancia relativa, *: aves acuáticas según Wetlands International, ---: no registro de especies

EF2

Esta zona está representada por los hábitats bofedal y pajonal; con un esfuerzo de muestreo de 4 transectos lineales. En esta zona se registraron un total de 22 especies de aves con una abundancia de 93 individuos, pertenecientes a 11 familias. La abundancia de las especies varió entre 1 y 17 individuos (Tabla 7-57).

Las especies más abundante fueron *Sicalis uropygialis* (17 individuos), *Pygochelidon cyanoleuca* (14 individuos) y *Psilopsiagon aurifrons* (8 individuos).

En el hábitat bofedal se registraron 15 especies con una abundancia de 59 individuos, pertenecientes a 9 familias. La especie más abundante fue *Sicalis uropygialis* (9 individuos). En este hábitat se registraron 2 especies acuáticas y 13 especies de ambientes terrestres. La familia con mayor número de especies fue Tyrannidae con 4 especies, seguida de Furnariidae con 3 especies y Anatidae con 2 especies.

En cuanto al hábitat pajonal, se registraron 13 especies con una abundancia de 34 individuos, pertenecientes a 8 familias. La familia con mayor número de especies fue Thraupidae con 4 especies, seguida de Furnariidae con 3 especies. Las 6 familias restantes presentan 1 especie. La abundancia varió entre 1 y 8 individuos, siendo la especie *Sicalis uropygialis* que registró 8 individuos. Todas las especies fueron de ambientes terrestres (Tabla 7-57).

Tabla 7-57. Riqueza de especies y abundancia de aves en la zona EF2 en el área de estudio

Familia	Especie	EF2			
		Bofedal	Pajonal	Total	AR (%)
Tinamidae	<i>Tinamotis pentlandii</i>	---	2	2	2,15
Anatidae	<i>Lophonetta specularioides*</i>	4	---	4	4,30
Anatidae	<i>Oressochen melanopterus*</i>	3	---	3	3,23
Columbidae	<i>Metriopelia aymara</i>	2	1	3	3,23
Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	3	4	4,30
Psittacidae	<i>Psilopsiagon aurifrons</i>	8	---	8	8,60
Falconidae	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	---	2	2	2,15
Furnariidae	<i>Geositta cunicularia</i>	---	1	1	1,08
Furnariidae	<i>Geositta punensis</i>	6	1	7	7,53
Furnariidae	<i>Cinclodes albiventris</i>	4	---	4	4,30
Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	1	1	2	2,15
Tyrannidae	<i>Lessonia oreas</i>	7	---	7	7,53
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	---	1	1	1,08
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	2	---	2	2,15

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

Familia	Especie	EF2			
		Bofedal	Pajonal	Total	AR (%)
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola cinereus</i> (Ma)	1	---	1	1,08
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola flavinucha</i> (Ma)	3	---	3	3,23
Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	7	7	14	15,05
Thraupidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	9	8	17	18,28
Thraupidae	<i>Phrygilus punensis</i>	---	3	3	3,23
Thraupidae	<i>Phrygilus erythronotus</i>	---	1	1	1,08
Thraupidae	<i>Phrygilus plebejus</i>	---	3	3	3,23
Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	1	---	1	1,08
Riqueza de especies		15	13	22	
Abundancia		59	34	93	

EF: ecosistema frágil, AR: abundancia relativa, *: aves acuáticas según Wetlands International, Ma: especie migratoria austral, ---: no registro de especies

EF4

Esta zona esta representada por los hábitats bofedal y tolar; con un esfuerzo de muestreo de 6 transectos lineales. En esta zona se registraron un total de 24 especies de aves con una abundancia de 151 individuos, pertenecientes a 12 familias. La abundancia de las especies varió entre 1 y 17 individuos (Tabla 7-58).

Las especies más abundantes fueron *Cinclodes albiventris* (17 individuos), *Metriopelia aymara* (14 individuos) y *Asthenes modesta* (12 individuos).

En el hábitat bofedal se registraron 21 especies con una abundancia de 115 individuos pertenecientes a 11 familias. La especie más abundante fue *Cinclodes albiventris* (16 individuos). En este hábitat se registraron 6 especies acuáticas y 15 especies de ambientes terrestres. La familia con mayor número de especies fue Furnariidae con 4 especies, seguidas de Anatidae, Tyrannidae y Thraupidae con tres especies cada una. Esta zona presentó la mayor riqueza de especies y el segundo mayor valor en abundancia.

En relación al hábitat tolar se registraron 10 especies de aves con 36 individuos, pertenecientes a 6 familias. Del total de especies, 9 especies fueron de ambientes terrestres y 1 ave acuática (*Thinocorus orbignyianus*). Las familias con mayor número de especies fueron Furnariidae y Thraupidae con 3 especies cada una. La abundancia varió entre 1 y 10 individuos, siendo la especie *Spinus atratus* que registró 10 individuos.

Entre los registros de la zona destacó la Becasina de la Puna (*Gallinago andina*), especie acuática característica de bofedal.



1
 D
 A
 3
 @
 j
 ↓
 @
 H
 F
 S
 S



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

Tabla 7-58. Riqueza de especies y abundancia de aves en la zona EF4 en el área de estudio

Familia	Especie	EF4			
		Bofedal	Tolar	Total	AR (%)
Anatidae	<i>Anas flavirostris</i> *	2	---	2	1,32
Anatidae	<i>Lophonetta specularioides</i> *	4	---	4	2,65
Anatidae	<i>Oressochen melanopterus</i> *	2	---	2	1,32
Columbidae	<i>Metriopelia aymara</i>	10	4	14	9,27
Charadriidae	<i>Vanellus resplendens</i> *	4	---	4	2,65
Scolopacidae	<i>Gallinago andina</i> *	1	---	1	0,66
Thinocoridae	<i>Thinocorus orbignyianus</i> *	2	2	4	2,65
Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	2	---	2	1,32
Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>	3	---	3	1,99
Falconidae	<i>Falco femoralis</i>	1	---	1	0,66
Furnariidae	<i>Geositta punensis</i>	8	1	9	5,96
Furnariidae	<i>Cinclodes atacamensis</i>	2	---	2	1,32
Furnariidae	<i>Cinclodes albiventris</i>	16	1	17	11,26
Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	5	7	12	7,95
Tyrannidae	<i>Lessonia oreas</i>	10	---	10	6,62
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	---	1	1	0,66
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	7	---	7	4,64
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola albifrons</i>	7	---	7	4,64
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola flavinucha</i> (Ma)	10	---	10	6,62
Thraupidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	7	1	8	5,30
Thraupidae	<i>Phrygilus punensis</i>	---	2	2	1,32
Thraupidae	<i>Diuca speculifera</i>	10	---	10	6,62
Thraupidae	<i>Phrygilus plebejus</i>	2	7	9	5,96
Fringillidae	<i>Spinus atratus</i>	---	10	10	6,62
Riqueza de especies		21	10	24	
Abundancia		115	36	151	

EF: ecosistema frágil, AR: abundancia relativa, *: aves acuáticas según Wetlands International, Ma: especie migratoria austral, ---: no registro de especies

EF5

Esta zona está representada por el hábitat bofedal; con un esfuerzo de muestreo de 2 transectos lineales. En esta zona se registraron 10 especies de aves con una abundancia de 80 individuos pertenecientes a 6 familias. Las familias con mayor número de especies fueron Anatidae y Tyrannidae con 3 especies cada una. Del total de especies, 5 especies son acuáticas y 5 de ambientes terrestres (Tabla 7-59).

La abundancia de las especies varió entre 1 y 29 individuos. Las especies más abundantes fueron 3 especies de patos, el *Anas flavirostris* (29 individuos), *Oressochen melanopterus* (16 individuos) y *Lophonetta specularioides* (14 individuos).

**Tabla 7-59.** Riqueza de especies y abundancia de aves en la zona EF5 en el área de estudio

Familia	Especie	EF5	
		Bofedal	AR (%)
Anatidae	<i>Anas flavirostris</i> *	29	36,25
Anatidae	<i>Lophonetta specularioides</i> *	14	17,5
Anatidae	<i>Oressochen melanopterus</i> *	16	20
Columbidae	<i>Metriopelia aymara</i>	1	1,25
Laridae	<i>Chroicocephalus serranus</i> *	1	1,25
Threskiornithidae	<i>Plegadis ridgwayi</i> *	4	5
Tyrannidae	<i>Lessonia oreas</i>	6	7,5
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	1	1,25
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola flavinucha</i> (Ma)	2	2,5
Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	6	7,5
Riqueza de especies		10	
Abundancia		80	

EF: ecosistema frágil, AR: abundancia relativa, *: aves acuáticas según Wetlands International, Ma: especie migratoria austral

EF6

Esta zona esta representada por el hábitat bofedal; con un esfuerzo de muestreo de 6 transectos lineales. En esta zona se registraron 20 especies de aves con una abundancia de 158 individuos, pertenecientes a 11 familias. Las familias con mayor número de especies fueron Furnariidae con 4 especies, seguidas de Anatidae y Tyrannidae con 3 especies cada una. Del total de especies, 10 especies son acuáticas y 10 de ambientes terrestres (Tabla 7-60).

La abundancia de las especies varió entre 1 y 33 individuos. Las especies más abundantes fueron *Thinocorus orbignyianus* (33 individuos), *Sicalis uropygialis* (31 individuos) y *Diuca speculifera* (14 individuos).

Tabla 7-60. Riqueza de especies y abundancia de aves en la zona EF6 en el área de estudio

Familia	Especie	EF6	
		Bofedal	AR (%)
Anatidae	<i>Anas flavirostris</i> *	11	6,96
Anatidae	<i>Anas puna</i> *	4	2,53
Anatidae	<i>Lophonetta specularioides</i> *	9	5,70
Columbidae	<i>Metriopelia aymara</i>	4	2,53
Charadriidae	<i>Vanellus resplendens</i> *	3	1,90
Charadriidae	<i>Phegomis mitchellii</i> *	3	1,90
Scolopacidae	<i>Gallinago andina</i> *	2	1,27
Thinocoridae	<i>Thinocorus orbignyianus</i> *	33	20,89
Laridae	<i>Chroicocephalus serranus</i> *	3	1,90
Ardeidae	<i>Nycticorax nycticorax</i> *	5	3,16
Threskiornithidae	<i>Plegadis ridgwayi</i> *	10	6,33



↑
D
A
7
e
f
6
↓
e
f
5
↓
e
f
4
↓
e
f
3
↓
e
f
2
↓
e
f
1

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

Familia	Especie	EF6	
		Bofedal	AR (%)
Furnariidae	<i>Geositta punensis</i>	2	1,27
Furnariidae	<i>Cinclodes atacamensis</i>	1	0,63
Furnariidae	<i>Cinclodes albiventris</i>	3	1,90
Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	4	2,53
Tyrannidae	<i>Lessonia oreas</i>	2	1,27
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	3	1,90
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola cinereus</i> (Ma)	11	6,96
Thraupidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	31	19,62
Thraupidae	<i>Diuca specularifera</i>	14	8,86
Riqueza de especies		20	
Abundancia		158	

EF: ecosistema frágil, AR: abundancia relativa, *: aves acuáticas según Wetlands International, Ma: especie migratoria austral

EF7

Esta zona esta representada por el hábitat roquedal; con un esfuerzo de muestreo de 2 transectos lineales. En esta zona se registraron 12 especies de aves con una abundancia de 61 individuos, pertenecientes a 6 familias. Las familias con mayor número de especies fueron Thraupidae con 4 especies, seguida de Furnariidae con 3 especies y Anatidae con 2 especies. Del total de especies, 10 especies son terrestres y 2 de ambientes acuáticos (Tabla 7-61).

La abundancia de las especies varió entre 1 y 31 individuos, siendo la especie *Sicalis uropygialis* que registró 31 individuos.

Tabla 7-61. Riqueza de especies y abundancia de aves en la zona EF7 en el área de estudio

Familia	Especie	EF7	
		Roquedal	AR (%)
Anatidae	<i>Merganetta armata</i> *	1	1,64
Anatidae	<i>Oressochen melanopterus</i> *	2	3,28
Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	1,64
Furnariidae	<i>Upucerthia validirostris</i>	1	1,64
Furnariidae	<i>Cinclodes albiventris</i>	2	3,28
Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	3	4,92
Tyrannidae	<i>Ochthoeca oenanthoides</i>	2	3,28
Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	3	4,92
Thraupidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	31	50,82
Thraupidae	<i>Phrygilus punensis</i>	4	6,56
Thraupidae	<i>Phrygilus unicolor</i>	4	6,56
Thraupidae	<i>Phrygilus plebejus</i>	7	11,48
Riqueza de especies		12	
Abundancia		61	

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



• **Diversidad por zona de ecosistema frágil**

En las seis zonas de ecosistemas frágiles evaluadas para aves se observó que, la zona EF4 registró la mayor riqueza de especies y el segundo valor en abundancia. Dicha zona, también, presentó los mayores valores de los índices de diversidad, obteniendo un valor de 2,92 nits/ind para el índice de Shannon Wiener, un valor de 0,94 probits/ind para el índice de Simpson y un valor de 0,92 para el índice de equidad de Pielou (Tabla 7-62 y Figura 7-172).

El segundo mayor valor de diversidad lo obtuvo la zona EF2 (H: 2,73 nits/ind, 1-D: 0,91 probits/ind, J': 0,88). En ambos casos (EF2 y EF4), los valores altos de los índices de diversidad y a la vez presentan los mayores valores de riqueza de especies.

Estos valores nos indican que la zona EF4 y EF2 presentaron una diversidad alta, donde las especies estuvieron representadas mayormente con abundancias equitativas en la muestra, es decir, no hubo dominancia significativa de especies, esto debido que, en estas zonas, se evaluaron hábitats contiguos como bofedal, pajonal y tolar.

Las zonas que obtuvieron los menores valores de diversidad fueron la zona EF7 y EF5. La zona EF7 registró la menor abundancia con 61 individuos pertenecientes a 10 especies. Asimismo, obtuvo los menores valores de los índices de diversidad (H: 1,78 nits/ind, 1-D: 0,71 probits/ind, J': 0,72), debido a la abundancia significativa de *Sicalis uropygialis* con 31 individuos que representa el 50,82 % del total registrado en esta zona (61 individuos), en comparación a las demás especies (Tabla 7-62 y Figura 7-172).



Vertical handwritten notes and symbols on the left margin, including an arrow pointing up, a circled '1', and various symbols like 'A', 'y', '@', 'f', '↓', '©', 'G', 'S', 'M', 'A'.

Tabla 7-62. Abundancia, riqueza e índices de diversidad por zona ecosistemas frágiles

Parámetro	EF1	EF2	EF4	EF5	EF6	EF7
Abundancia (Total de individuos)	104	93	151	80	158	61
Riqueza (Número total de especies)	17	22	24	10	20	12
Índice de Shannon (H')	2,28	2,73	2,92	1,79	2,53	1,78
Índice de Simpson (1-D)	0,86	0,91	0,94	0,78	0,89	0,71
Índice de Equidad de Pielou (J')	0,80	0,88	0,92	0,78	0,85	0,72
Esfuerzo de muestreo	5 TL	4 TL	6 TL	2TL	6 TL	2 TL



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

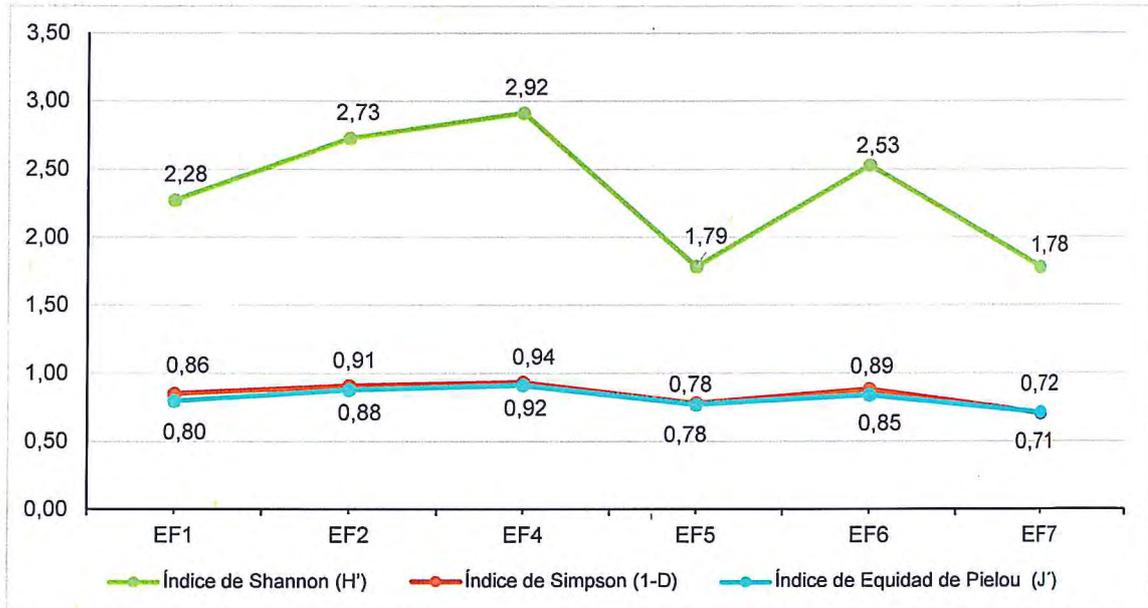


Figura 7-172. Índices de diversidad por zona de ecosistema frágil (EF) obtenidos en el área de estudio

Similaridad entre zonas de ecosistemas frágiles

La similitud de especies en las zonas de ecosistemas frágiles (EF), según el índice cuantitativo de Morisita, se observa un solo agrupamiento con una similitud superior al 60 %, el conformado por las zonas EF1 y EF7, que comparten seis especies, *Sicalis uropygialis*, *Phrygilus plebejus*, *Asthenes modesta*, *Cinclodes albiventris*, *Pygochelidon cyanoleuca* y *Geranoaetus polyosoma*. Estas especies usan los hábitats pajonal, roquedal y bofedal encontrados según el hábitat (Tabla 6-63 y Figura 7-173).

A este agrupamiento se une las zonas de ecosistemas frágiles EF6 y EF2, con una similitud superior al 45 %. Las zonas de ecosistemas frágiles que presentan los menores valores de similitud son los pares EF7-EF5, EF2-EF5, EF1-EF5 y EF4-EF5. Las similitudes en las zonas de ecosistemas frágiles se deben a los hábitats que comparten entre éstos, encontrando especies que son características de pajonal, roquedal y bofedal.

Tabla 7-63. Valores del índice de similitud de morisita entre las zonas ecosistemas frágiles en el área de estudio

Zona EF	EF1	EF2	EF4	EF5	EF6	EF7
EF1	1,00	0,54	0,43	0,24	0,64	0,66
EF2	0,54	1,00	0,48	0,21	0,44	0,59
EF4	0,43	0,48	1,00	0,15	0,39	0,24
EF5	0,24	0,21	0,15	1,00	0,24	0,04
EF6	0,64	0,44	0,39	0,24	1,00	0,51
EF7	0,66	0,59	0,24	0,04	0,51	1,00

EF: ecosistema frágil



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a blue arrow pointing up and a vertical list of symbols: a circled 'D', a triangle, a circle, a plus sign, a minus sign, a circle with a dot, and a checkmark.



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

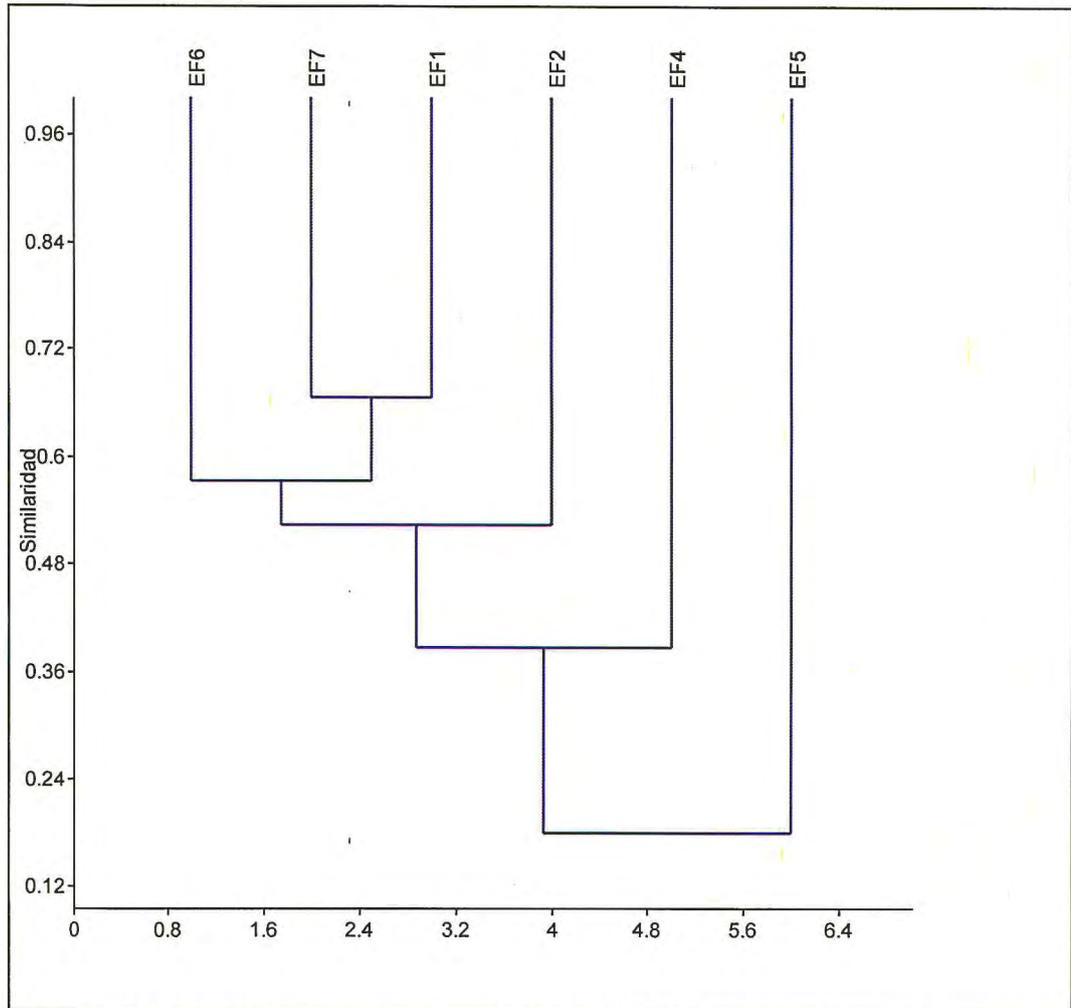


Figura 7-173. Dendrograma de similitud de Morisita entre las zonas de ecosistemas frágiles

E. Búsqueda intensiva de Suri (*Rhea pennata*) en el área de estudio

Entre los días 4 y 5 de mayo de 2018, se registró un total 29 individuos de la especie *Rhea pennata* perteneciente a la familia Rheidae; se les observó en grupos familiares de 3 a 6 individuos, alimentándose de los bofedales. Un grupo de 5 individuos observado el día 5 de mayo a las 10:20 horas, se les encontró descansando posados en la arena cerca de un bofedal. Los registros 1 y 2 pertenecieron a la jurisdicción del anexo Huachunta, y los demás registros pertenecieron a la jurisdicción del anexo Chilota. En la Tabla 7-64 se muestra la ubicación de los registros, y en Figuras 7-174 a 7-178 se muestran las fotografías obtenidas de los registros. El mapa de registros de Suri (*R. pennata*), se puede visualizar en la Figura 7-179.



 D

 P

 M

 C

 S

 S

 S

 S

 S



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Tabla 7-64. Ubicación de los registros de Suri (*Rhea pennata*) en el área de estudio

N° registro	Fecha	Hora	Coordenadas UTM WGS 84-Zona19 K		Nombre en español	N°. individuos
			Este (m)	Norte (m)		
1	4/05/2018	11:25	355781	8156216	Ñandú Petizo (Suri)	5
2	4/05/2018	9:39	355847	8155035	Ñandú Petizo (Suri)	3
3	5/05/2018	10:20	346816	8148993	Ñandú Petizo (Suri)	5 (inmaduro)
4	5/05/2018	10:20	346849	8148986	Ñandú Petizo (Suri)	6
5	5/05/2018	11:01	347516	8145339	Ñandú Petizo (Suri)	5
6	5/05/2018	11:35	349910	8143586	Ñandú Petizo (Suri)	5 (1 inmaduro)



Figura 7-174. Individuo adulto fotografiado el 04 de mayo de 2018

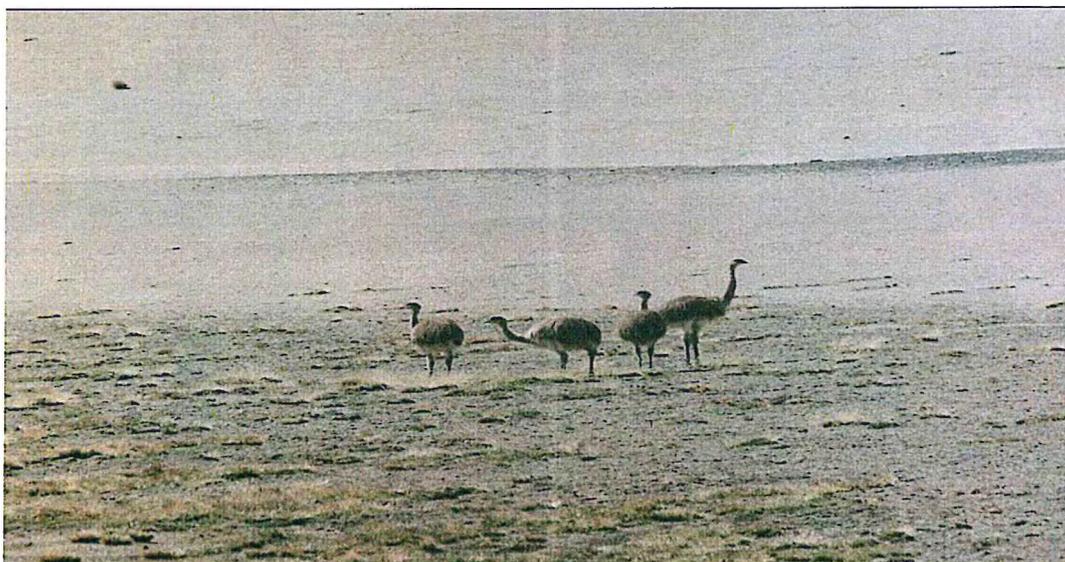


Figura 7-175. Del grupo de 5 individuos, en la fotografía se muestra 4 individuos inmaduros registrados en bofedal el 5 de mayo de 2018, el quinto individuo se encontraba descansando en la arena y se fotografió aparte



Handwritten vertical text: 1) A 7 @ f + @ G s G 4-R-2-5



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»

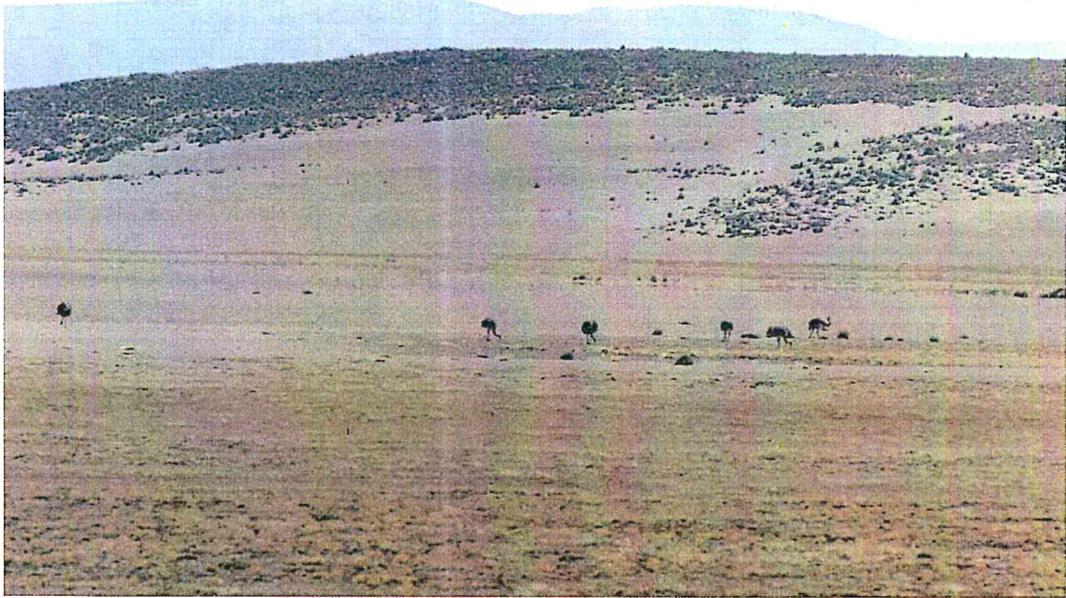


Figura 7-176. Grupo de 6 individuos registrado en bofedal el 5 de mayo de 2018

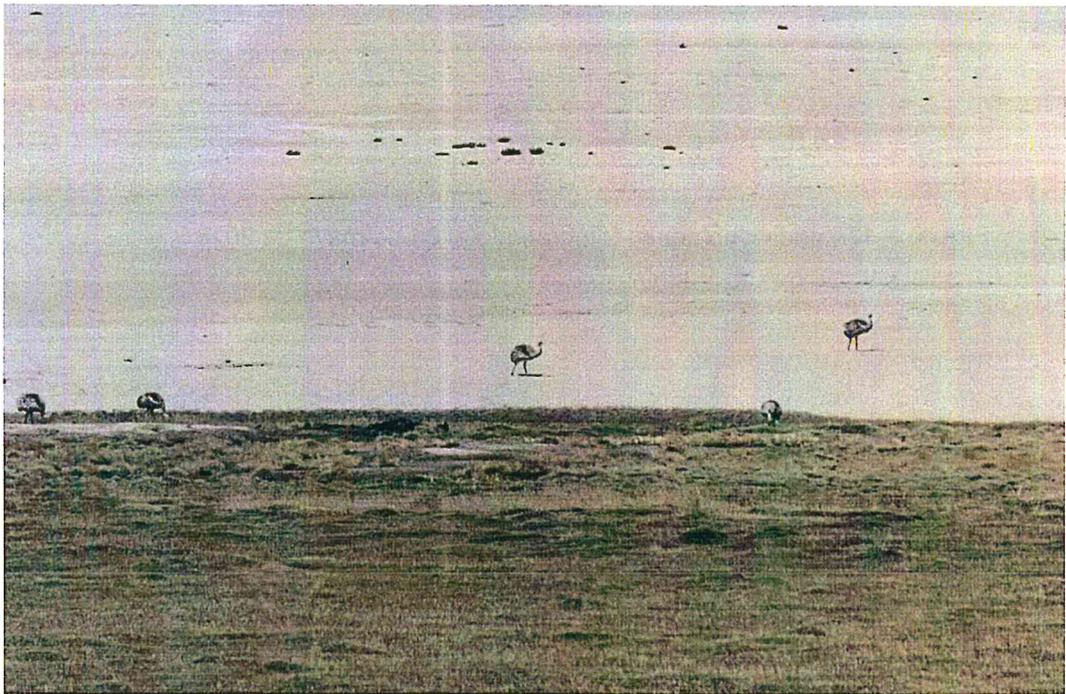


Figura 7-177. Grupo de 5 individuos registrados en bofedal el 5 de mayo de 2018



Handwritten notes in blue ink, including a vertical list of characters: D, D, @, f, +, @, G, S, A.



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»

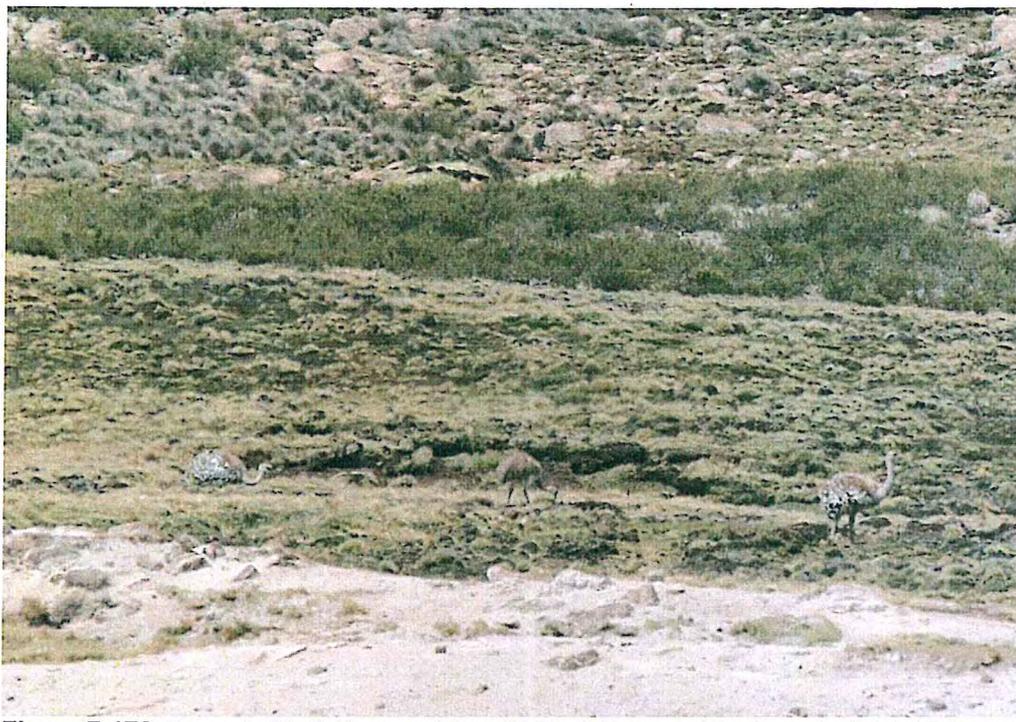


Figura 7-178. Grupo de 5 individuos, se fotografió 3 individuos, registrados en bofedal el 5 de mayo de 2018, este grupo se encontraba ubicado al otro lado del canal asfaltado, y se observó que posiblemente ese canal sea una barrera que impide el paso del Suri a otras zonas



05/05/18



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»

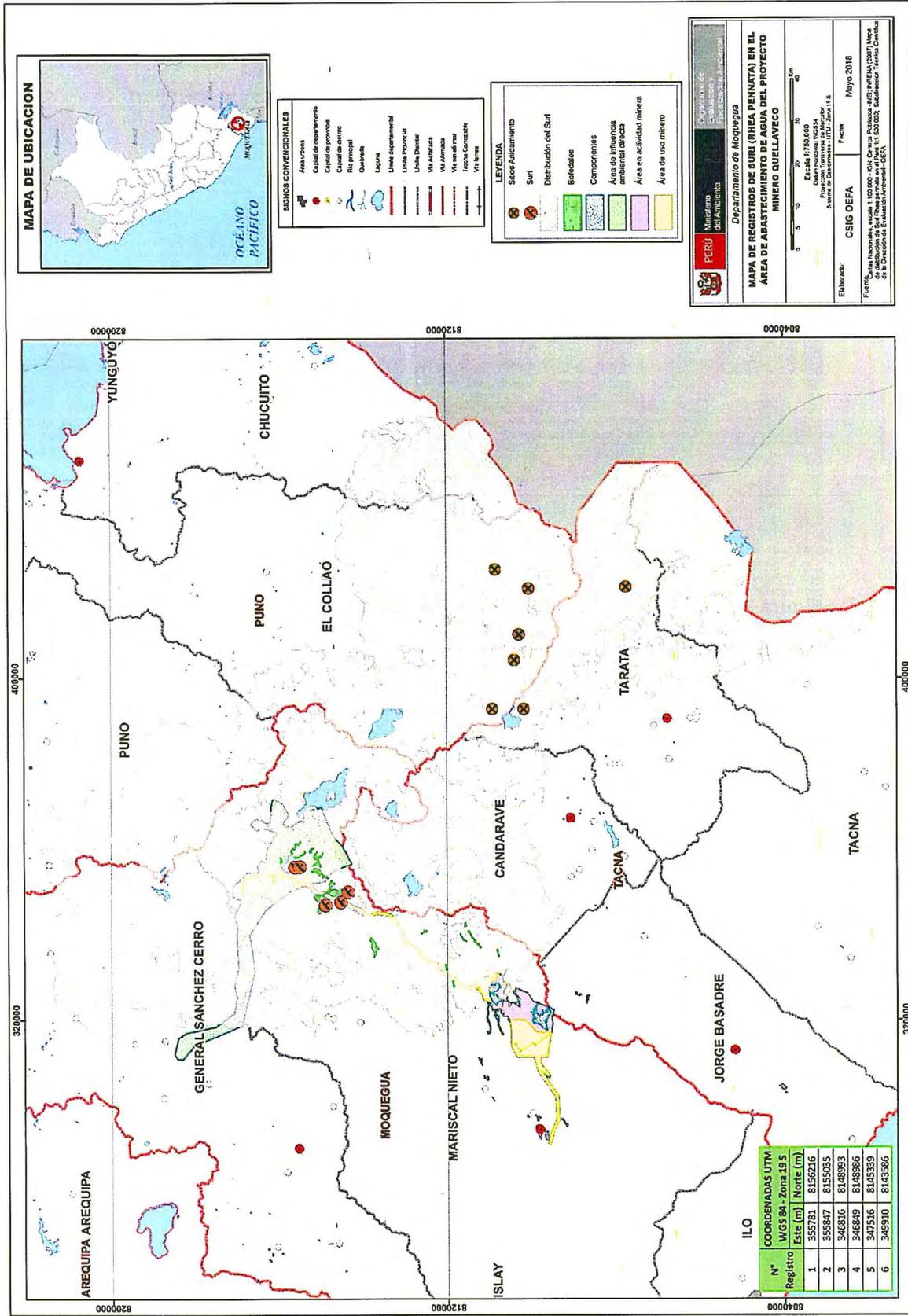


Figura 7-179. Mapa de registros del Suri Rhea pennata en el área de abastecimiento de agua del proyecto minero Quellaveco



Handwritten signature and date: 14/05/2018



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

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

En el área de estudio se registró 43 especies, de estas solo 22 especies se encuentran incluidas en alguna categoría de conservación y nivel de endemismo, y dos especies son migratorias australes (Tabla 6-65). Estas 24 especies representan el 55,81 % de la riqueza de especies total.

Tabla 7-65. Lista de especies incluidas en categorías de conservación, endémicas o migratorias registradas en el área de estudio

Familia	Especie	Categorías de Conservación				Endemismo			Migratoria
		D.S. N.º 004-2014-MINAGRI	IUCN	Cites	CMS	Perú	EBA	Bioma	
Rheidae	<i>Rhea pennata</i>	CR	NT	I	---	---	---	---	---
Tinamidae	<i>Tinamotis pentlandii</i>	NT	LC	---	---	---	---	CAN	---
Anatidae	<i>Anas flavirostris*</i>	---	LC	---	II	---	---	---	---
Anatidae	<i>Anas puna*</i>	---	LC	---	II	---	---	CAN	---
Anatidae	<i>Lophonetta specularioides*</i>	---	LC	---	II	---	---	---	---
Anatidae	<i>Merganetta armata*</i>	---	LC	---	II	---	---	---	---
Anatidae	<i>Oressochen melanopterus*</i>	---	LC	---	II	---	---	---	---
Charadriidae	<i>Phegornis mitchellii*</i>	NT	NT	---	---	---	---	---	---
Threskiornithidae	<i>Plegadis ridgwayi*</i>	---	LC	---	---	---	---	CAN	---
Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	---	LC	II	---	---	---	---	---
Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>	---	LC	---	---	---	---	CAN	---
Psittacidae	<i>Psilopsiagon aurifrons</i>	---	LC	II	---	---	---	---	---
Falconidae	<i>Falco femoralis</i>	---	LC	II	---	---	---	---	---
Falconidae	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	---	LC	II	---	---	---	---	---
Furnariidae	<i>Geositta punensis</i>	---	LC	---	---	---	---	CAN	---
Furnariidae	<i>Upucerthia validirostris</i>	---	LC	---	---	---	---	CAN	---
Tyrannidae	<i>Lessonia oreas</i>	---	LC	---	---	---	---	CAN	---
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola cinereus</i>	---	LC	---	---	---	---	---	Austral
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	---	LC	---	---	---	---	---	Austral
Tyrannidae	<i>Ochthoeca oenanthoides</i>	---	LC	---	---	---	---	CAN	---
Thraupidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	---	LC	---	---	---	---	CAN	---
Thraupidae	<i>Phrygilus punensis</i>	---	LC	---	---	---	---	CAN	---
Thraupidae	<i>Phrygilus erythronotus</i>	---	LC	---	---	---	---	CAN	---
Thraupidae	<i>Diuca speculifera</i>	---	LC	---	---	---	---	CAN	---

EN: En Peligro, NT: Casi Amenazado, LC: Preocupación menor, II: Apéndice II de la CITES o CMS, EBA: Área de endemismo de aves, CAN: Bioma de los Andes Centrales, *: aves acuáticas, ---: no aplica

Según el Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI, se registró una especie en la máxima categoría de conservación En Peligro Crítico, el Suri (*Rhea pennata*) y dos especies Casi Amenazadas, el Chorlo Cordillerano (*Phegornis mitchellii*) y la Perdiz de la Puna (*Tinamotis pentlandii*). Las dos primeras especies antes mencionadas, están consideradas Casi Amenazadas según la IUCN (2018).

Por otro lado, según la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (Cites) se encontraron una especie incluida



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

en el Apéndice I, que contempla aquellas especies que están amenazadas, y cuatro especies incluidas en el Apéndice II, que contempla a las especies que no están necesariamente amenazadas de extinción, pero que podrían llegar a estarlo a menos que se contrale estrictamente su comercio (Cites, 2017). Estas especies pertenecen a las familias taxonómicas Accipitridae (gavilanes), como el Aguilucho Variable (Geranoaetus polyosoma), Psittacidae (loros), como el Perico Cordillerano (Psilopsiagon aurifrons) y Falconidae (halcones) como el Halcón Aplomado (Falco femoralis) y el Caracara Cordillerano (Phalcoboenus megalopterus). Así mismo las especies de la familia Anatidae (Patos) están incluidas en apéndice II de la Convención de Especies Migratorias (CMS, 2015).

Finalmente, respecto al nivel de endemismo, no se registró ninguna especie endémica de Perú, ni dentro de una EBA, sin embargo, se registraron 12 especies restringidas al Bioma Andes Centrales (CAN) (Tabla 6-65).

Según el estatus migratorio, dos especies son consideradas migratorios australes (Muscisaxicola cinereus y Muscisaxicola flavinucha) que permanecen en Perú, pero solo en su periodo no reproductivo.



G. Actividad reproductiva de las aves

Se obtuvo tres registros indirectos de reproducción (juveniles e inmaduros). Se observó un individuo juvenil de Caracara Cordillerano (Phalcoboenus megalopterus), un juvenil de Chorlo Cordillerano (Phegornis mitchellii) y 6 individuos inmaduros de Ñandú Petizo o Suri (Rhea pennata).

H. Usos actuales y potenciales de las aves

Los apoyos locales mencionan que la población local hace uso de las aves ocasionalmente, teniendo cinco especies de aves de las que hacen uso, que en ocasiones son cazadas para consumo de carne o consumo de huevos en este grupo se encuentran las perdices y los patos

Durante la evaluación realizada en el área de estudio, los apoyos locales mencionaron que la población local hace uso de las aves ocasionalmente; luego de entrevistarlos se determinó que solo siete especies del total registrado son de las que hacen uso (Tabla 7-66).

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, empleando especialmente a las que se encuentran las perdices, los patos y el Suri. Además, el Suri sus plumas son usadas de manera ornamental.

Tabla 7-66. Usos de las aves por la población local en el área de estudio

Table with 5 columns: Familia, Especie, Nombre Local, Alimento, Usos (Ornamental). Rows include Rheidae (Rhea pennata), Tinamidae (Tinamotis pentlandii), and Anatidae (Anas flavirostris, Anas puna, Lophonetta specularioides, Merganetta armata, Oressochen melanopterus).

---: se desconoce su uso

Handwritten notes and arrows on the left margin, including 'D', 'A', 'K', 'G', 'S', 'H' and arrows pointing up and down.

**7.3.6.3 Mamíferos****A. Composición mastozoológica**

Producto de las metodologías empleadas para documentar la diversidad de mamíferos, el área de influencia del proyecto minero Quellaveco específicamente en el Área de suministro de agua, se lograron registrar 12 especies, pertenecientes a 4 órdenes y 9 familias (Tabla 7-67).

Sin embargo, especialistas de otras áreas temáticas en sus trabajos de campo lograron avistar una manada de tres individuos de burros silvestres (*Equus asinus*) y una manada de tres individuos de guanaco (*Lama guanicoe*), cerca del Área de producción.

Tabla 7-67. Clase, orden, familia y especies de mamíferos registrados en el área de estudio

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Especie	Tipo de registro
MAMMALIA	Rodentia	Cricetidae	Ratón	<i>Abrothrix</i> sp.	CT
			Ratón de montaña	<i>Auliscomys</i> sp.	CT
		Ctenomyidae	Tuco-tuco	<i>Ctenomys opimus</i>	C
			Tuco-tuco	<i>Ctenomys cf. peruanus</i>	CT
		Chinchillidae	Vizcacha	<i>Lagidium viscacia</i>	CT, C, E
	Cetartiodactyla	Cervidae	Taruca	<i>Hippocamelus antisensis</i>	CT, C
		Camélidae	Vicuña	<i>Vicugna vicugna</i>	CT, C, E
	Carnívora	Felidae	Puma	<i>Puma concolor</i>	E
			Gato de los pajonales	<i>Leopardus colocolo</i>	E
		Mephitidae	Zorrino	<i>Conepatus chinga</i>	CT, C, E
		Canidae	Zorro andino	<i>Lycalopex culpaeus</i>	CT, C, E
	Lagomorpha	Leporidae	Liebre europea	<i>Lepus europaeus</i>	CT

CT: Cámara trampa, C: Censo, E: Entrevista

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

- **Censos de mamíferos**

El esfuerzo total de muestreo fue de nueve días, distribuidos en un día por transecto sumando 11:30 horas-censo y una cobertura de 10040 m (Tabla 7-68).



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

Tabla 7-68. Esfuerzo de muestreo en la evaluación por censos de mamíferos grandes en el área de estudio

Localidad	Transectos	Nº de días invertidos	Nº de censos	Fecha	Horas censadas			Cobertura (m)
					Inicio	Final	Horas censadas	
Anexo Huachunta	1	1	1	28/04/2018	9:31:00	11:09:00	1:38:00	1000
	2	1	1	28/04/2018	11:22:00	13:58:00	2:36:00	1000
	3	1	1	29/04/2018	9:39:00	10:28:00	0:49:00	500
	4	1	1	30/04/2018	12:35:00	13:28:00	0:53:00	1000
	5	1	1	02/05/2018	10:00:00	10:49:00	0:49:00	600
	6	1	1	03/05/2018	15:16:00	15:53:00	0:37:00	800
	7	1	1	03/05/2018	15:53:00	16:05:00	0:12:00	300
	8	1	1	04/05/2018	9:57:00	12:26:00	2:29:00	2360
	9	1	1	04/05/2018	14:00:00	15:27:00	1:27:00	2480
Total		9	9				11:30:00	10040

Producto de este esfuerzo se lograron 35 observaciones (directas e indirectas), pertenecientes a seis familias, seis, géneros y siete especies de mamíferos silvestres (Tabla 7-69 y Figura 7-180).



Handwritten signature and vertical text: D A F @ f + @ G S H +



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 7-69. Registros de mamíferos silvestres en los censos por transectos en el área de estudio

Transectos	Método de registro	Coordenadas UTM WGS 84-Zona 19K		Altitud (m s.n.m.)	Fecha	Hora	Tipo de registro	Orden	Familia	Especie	Observaciones
		Este (m)	Norte (m)								
Transecto 1	Censo	357822	8159550	4383	28/04/2018	08:15	OD	Rodentia	Chinchillidae	<i>Lagidium viscacia</i>	Al menos 50 individuos entre el roquedal y el bofedal
Transecto 1	Censo	358008	8159820	4391	28/04/2018	09:34	OD	Rodentia	Chinchillidae	<i>Lagidium viscacia</i>	Alimentándose al borde del bofedal
Transecto 1	Censo	358208	8160155	4396	28/04/2018	10:10	Heces	Carnivora	Mephitidae	<i>Conepatus chinga</i>	Heces secas al borde del bofedal
Transecto 2	Censo	358341	8160394	4409	28/04/2018	11:22	Heces	Carnivora	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Heces frescas en la ladera del cerro
Transecto 2	Censo	358128	8160287	4463	28/04/2018	12:27	Camino	Cetartiodactyla	Camelidae	<i>Vicugna vicugna</i>	Camino de al menos seis individuos
Transecto 2	Censo	357850	8159858	4440	28/04/2018	12:58	Camino	Cetartiodactyla	Camelidae	<i>Vicugna vicugna</i>	Huellas y camino de vicuñas de al menos seis individuos
Registro casual	Censo	358203	8159678	4397	28/04/2018	14:16	Huella	Cetartiodactyla	Camelidae	<i>Vicugna vicugna</i>	Huellas frescas de vicuñas, registro casual
Registro casual	Censo	357952	8159588	4392	28/04/2018	14:45	Heces	Carnivora	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Heces frescas al borde del bofedal
Transecto 3	Censo	358833	8152033	4517	29/04/2018	10:28	Madriguera	Rodentia	Ctenomyidae	<i>Ctenomys</i> sp.	Se observan al menos 10 madrigueras de alimentación de topo
Registro casual	Censo	340762	8137228	4452	30/04/2018	06:41	OD	Madriguera	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	La observación ocurrió al borde de la carretera, camino a Huachunta
Registro casual	Censo	364406	8152006	4532	30/04/2018	10:23	Huella	Cetartiodactyla	Cervidae	<i>Hippocamelus antisensis</i>	Observación de huellas antiguas de taruca
Registro casual	Censo	360946	8151008	4604	30/04/2018	09:35	Madriguera	Rodentia	Ctenomyidae	<i>Ctenomys</i> sp.	Observación de al menos 12 madrigueras de topo
Transecto 4	Censo	362436	8153154	4566	30/04/2018	12:43	Camino	Cetartiodactyla	Camelidae	<i>Vicugna vicugna</i>	Camino al menos de 5 individuos
Transecto 4	Censo	362203	8153283	4567	30/04/2018	12:59	Letrina	Cetartiodactyla	Camelidae	<i>Vicugna vicugna</i>	Abundantes heces de vicuña
Transecto 4	Censo	362203	8153283	4567	30/04/2018	12:59	Madriguera	Rodentia	Ctenomyidae	<i>Ctenomys</i> sp.	Madriguera dispersas de al menos 8m de radio
Transecto 5	Censo	360594	8157146	4505	02/05/2018	10:17	Huella	Carnivora	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Huellas frescas de zorro
Transecto 5	Censo	360457	8157166	4502	02/05/2018	10:29	Madriguera	Rodentia	Ctenomyidae	<i>Ctenomys</i> sp.	observación de al menos 15 madrigueras de topo
Transecto 5	Censo	360344	8157149	4501	02/05/2018	10:37	Madriguera	Rodentia	Ctenomyidae	<i>Ctenomys</i> sp.	observación de al menos ocho madrigueras de topo
Registro casual	Censo	356376	8157660	4339	03/05/2018	09:44	OD	Cetartiodactyla	Camelidae	<i>Vicugna vicugna</i>	Observación de al menos 45 individuos de vicuñas, alimentándose en el bofedal Parachuro
Transecto 6	Censo	353657	8150459	4524	03/05/2018	15:30	madriguera	Rodentia	Ctenomyidae	<i>Ctenomys</i> sp.	madriguera de al menos 20m de radio
Transecto 6	Censo	353657	8150459	4524	03/05/2018	15:30	OD	Cetartiodactyla	Camelidae	<i>Vicugna vicugna</i>	Observación directa de ocho vicuñas, cuatro adultos y juveniles



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»

Transectos	Método de registro	Coordenadas UTM WGS 84-Zona 19K		Altitud (m s.n.m.)	Fecha	Hora	Tipo de registro	Orden	Familia	Especie	Observaciones
		Este (m)	Norte (m)								
Transecto 6	Censo	353818	8150099	4467	03/05/2018	15:46	Madrigueras	Rodentia	Ctenomyidae	<i>Ctenomys</i> sp.	observación de al menos cinco madrigueras de topo
Transecto 6	Censo	354039	8149724	4447	30/04/2018	16:15	OD	Cetartiodactyla	Cervidae	<i>Hippocamelus antisensis</i>	Observación directa de cinco tarucas alimentándose al borde del bofedal
Transecto 8	Censo	355306	8154977	4473	04/05/2018	09:57	Huellas	Carnivora	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Huellas frescas de zorro
Transecto 8	Censo	355312	8147512	4429	04/05/2018	10:33	Madrigueras	Rodentia	Ctenomyidae	<i>Ctenomys</i> sp.	Se observan al menos 12 madrigueras de Tuco-tuco
Transecto 8	Censo	355345	8155247	4419	04/05/2018	10:43	OD	Rodentia	Ctenomyidae	<i>Ctenomys opimus</i>	Observación directa de cuatro topos/madrigueras de la menos 50m de radio
Transecto 8	Censo	355345	8155247	4419	04/05/2018	10:43	Camino	Cetartiodactyla	Camélidae	<i>Vicugna vicugna</i>	Camino de vicuña, se observan huellas frescas
Transecto 8	Censo	355781	8156216	4387	04/05/2018	11:25	Huella	Cetartiodactyla	Camélidae	<i>Vicugna vicugna</i>	Se observan huellas frescas de vicuña
Transecto 8	Censo	355781	8156216	4387	04/05/2018	11:25	Huella	Carnivora	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Se observan huellas frescas de zorro
Transecto 8	Censo	355871	8156417	4381	04/05/2018	11:46	Heces	Carnivora	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Se observan heces frescas de zorro
Transecto 8	Censo	355944	8156461	4383	04/05/2018	11:55	OD	Cetartiodactyla	Camélidae	<i>Vicugna vicugna</i>	Observación directa de cuatro vicuñas
Transecto 8	Censo	356077	8156937	4378	04/05/2018	12:14	Huella	Carnivora	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Se observan huellas frescas de zorro
Transecto 8	Censo	356077	8156937	4378	04/05/2018	12:14	Huella	Cetartiodactyla	Camélidae	<i>Vicugna vicugna</i>	Se observan huellas frescas de vicuña
Transecto 8	Censo	356077	8156937	4378	04/05/2018	12:26	OD	Rodentia	Chinchillidae	<i>Lagidium viscacia</i>	Al final del transecto el bofedal se angosta y en ambas márgenes se pueden ver al menos 60 individuos
Transecto 9	Censo	350285	8147512	4398	06/05/2018	15:02	Restos de alimentación	Carnivora	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Restos de alimentación de zorro, en el área se observan restos de piel de oveja bebe

OD: observación directa



Handwritten signatures and initials in blue ink.



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

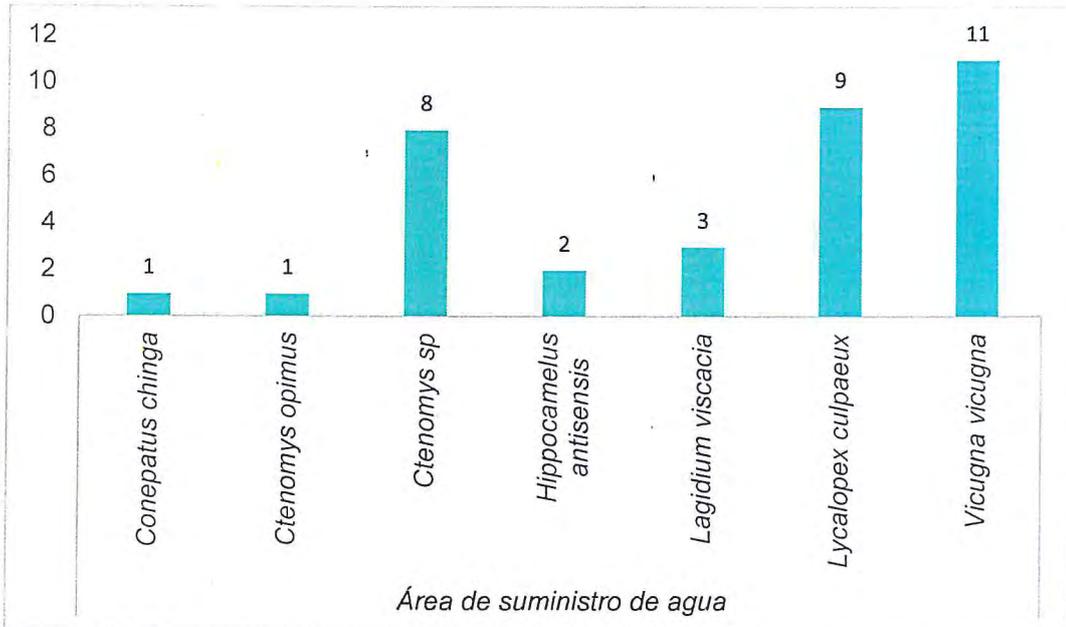


Figura 7-180. Especies de mamíferos silvestres registrados por censos en el área de estudio

Índices de ocurrencia y abundancia

Los índices de ocurrencia (IO) y de abundancia (IA) para cada especie están contenidos en las Tablas 7-70 y 7-71 respectivamente. Es oportuno reiterar que la identificación por los pobladores locales (entrevistas) es una evidencia considerada para el IO más no para el IA. Basados en este criterio para el área de evaluación se confirman nueve especies de mamíferos terrestres, de ellos, dos no fueron confirmadas y entre ellas se encuentran el puma (*Puma concolor*) y el gato de los pajonales (*Leopardus colocolo*), ambas con cinco puntos.

En cuanto al índice de abundancia (IA), los resultados nos indican que para el área de evaluación cuatro especies se presentan como las más abundantes; de ellas, uno corresponde a la vicuña (*Vicugna vicugna*), con 42 puntos; un carnívoro, zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) con 36 puntos; dos roedores, vizcacha (*Lagidium viscacia*) con 30 puntos y el tucu-tucu (*Ctenomys sp.*) con 28 puntos (Tabla 7-71).


 A
 D
 A
 y
 e
 f
 e
 t
 o
 s
 e
 n
 e
 l
 2011



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de 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 7-70. Índices de ocurrencia de las especies registradas en los censos de mamíferos en el área de estudio

Orden	Familia	Especie	Transectos									Índice de Ocurrencia (IO)	
			1	2	3	4	5	6	8	9			
Carnívora	Mephitidae	<i>Conepatus chinga</i>	He, E	---	---	---	---	---	---	---	---	---	9
Rodentia	Ctenomyidae	<i>Ctenomys opimus</i>	---	---	---	---	---	---	---	Od	---	---	10
Rodentia	Ctenomyidae	<i>Ctenomys sp.</i>	---	---	Ma	Ma	Ma, Ma	Ma, Ma	---	Ma	---	---	28
Cetartiodactyla	Cervidae	<i>Hippocamelus antisensis</i>	---	---	---	---	---	---	---	Od	---	---	14
Rodentia	Chinchillidae	<i>Lagidium viscacia</i>	Od, Od, E	---	---	---	---	---	---	Od	---	---	30
Carnívora	Cánidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	E	He	---	Ca, He	Hu	---	---	---	Hu, Hu, Hu, He	Ra	41
Cetartiodactyla	Camélidae	<i>Vicugna vicugna</i>	E	Ca, Ca	---	---	---	---	Od	---	Ca, Hu, Od, Hu	---	45
Carnívora	Felidae	<i>Puma concolor</i>	E	---	---	---	---	---	---	---	---	---	5
Carnívora	Felidae	<i>Leopardus colocolo</i>	E	---	---	---	---	---	---	---	---	---	5

He: heces, Ma: madriguera, Hu: huella, Od: observación directa, Ra: restos alimenticios, E: entrevistas, ---: no hubo registro

Tabla 7-71. Índices de abundancia de las especies registradas en los censos de mamíferos en el área de estudio

Orden	Familia	Especie	Transectos									Índice de Abundancia (IA)	
			1	2	3	4	5	6	8	9			
Carnívora	Mephitidae	<i>Conepatus chinga</i>	He	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4
Rodentia	Ctenomyidae	<i>Ctenomys opimus</i>	---	---	---	---	---	---	---	Od	---	---	10
Rodentia	Ctenomyidae	<i>Ctenomys sp.</i>	---	---	Ma	Ma	Ma	Ma, Ma	Ma, Ma	Ma	---	---	28
Cetartiodactyla	Cervidae	<i>Hippocamelus antisensis</i>	---	---	---	---	Hu	---	Od	---	---	---	14
Rodentia	Chinchillidae	<i>Lagidium viscacia</i>	Od, Od	---	---	---	---	---	---	Od	---	---	30
Carnívora	Cánidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	---	He	---	Ca, He	Hu	---	---	---	Hu, Hu, Hu, He	Ra	36
Cetartiodactyla	Camélidae	<i>Vicugna vicugna</i>	---	Ca, Ca	---	---	---	---	Od	---	Ca, Hu, Od, Hu	---	42

He: heces, Ma: madriguera, Hu: huella, Od: observación directa, Ra: restos alimenticios, ---: no hubo registro



Handwritten signatures and initials in blue ink.



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

• **Evaluación mediante las cámaras-trampa**

El esfuerzo total de muestreo en el área de evaluación fue de 297 días-cámara, producto de este esfuerzo se obtuvieron 252 registros independientes de mamíferos pertenecientes a 8 familias, 9 géneros, y 9 especies (Figura 7-181).

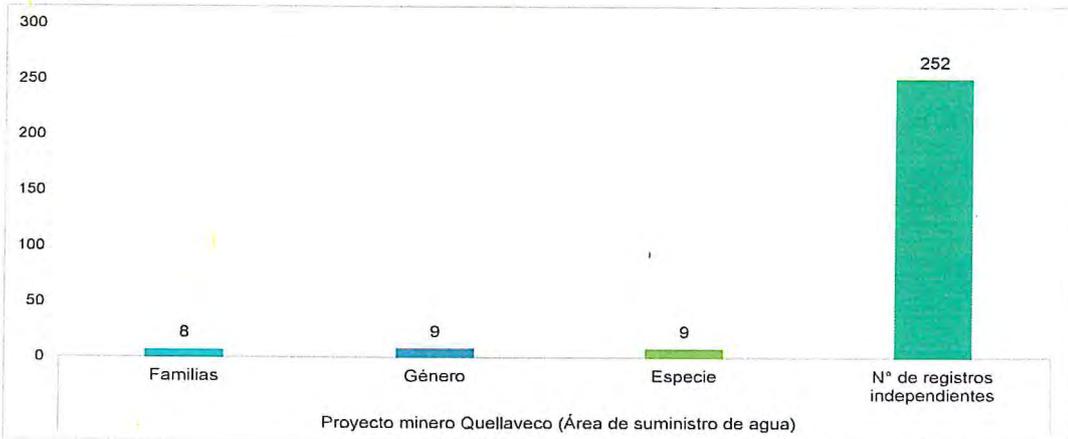


Figura 7-181. Número de registros independientes de mamíferos silvestres registrados por las cámaras trampa en el área de estudio

Los mayores números de registros independientes ocurrieron en las cámaras trampa Quella-05, Quella-01 y Quella-06, en el primero de ellos se registraron 107 registros, seguido del Quella-01, con 41 registros y Quella-06, con 31 registros en todas ellas la especie con mayor número de registros fue la vizcacha (*Lagidium viscacia*).

En contraste a lo ocurrido en las cámaras antes mencionadas, en las cámaras Quella-09 Quella-10 y Quella-11 no se obtuvieron registros independientes de mamíferos (Tabla 7-72 y Figura 7-182).

Tabla 7-72. Especies de mamíferos silvestres registrados por las cámaras trampa en el área de estudio

Cámara trampa	Especie	Nº de registros independientes
Quella-01	<i>Lagidium viscacia</i>	39
	<i>Lycalopex culpaeus</i>	2
Quella-02	<i>Lagidium viscacia</i>	4
	<i>Lycalopex culpaeus</i>	1
Quella-03	<i>Lagidium viscacia</i>	3
Quella-04	<i>Auliscomys</i> sp.	5
	<i>Conepatus chinga</i>	1
	<i>Ctenomys cf peruanus</i>	4
	<i>Lycalopex culpaeus</i>	1
Quella-05	<i>Abrothrix</i> sp.	2
	<i>Auliscomys</i> sp.	7
	<i>Lagidium viscacia</i>	98
Quella-06	<i>Hippocamelus antisensis</i>	1
	<i>Lagidium viscacia</i>	29
Quella-07	<i>Lycalopex culpaeus</i>	2
	<i>Vicugna vicugna</i>	1
Quella-08	<i>Auliscomys</i> sp.	4



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»

Cámara trampa	Especie	N° de registros independientes
	<i>Conepatus chinga</i>	3
	<i>Lagidium viscacia</i>	6
Quella-09	No hubo registro	0
Quella-10		0
Quella-11		0
Quella-12	<i>Ctenomys cf peruanus</i>	1
	<i>Lepus europaeus</i>	6
	<i>Lycalopex culpaeus</i>	1
	<i>Vicugna vicugna</i>	4
Quella-13	<i>Auliscomys sp.</i>	1
	<i>Hippocamelus antisensis</i>	2
	<i>Lagidium viscacia</i>	23
	<i>Lycalopex culpaeus</i>	1



↑
D
S
y
E
J
T
E
G
S
H
T



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»

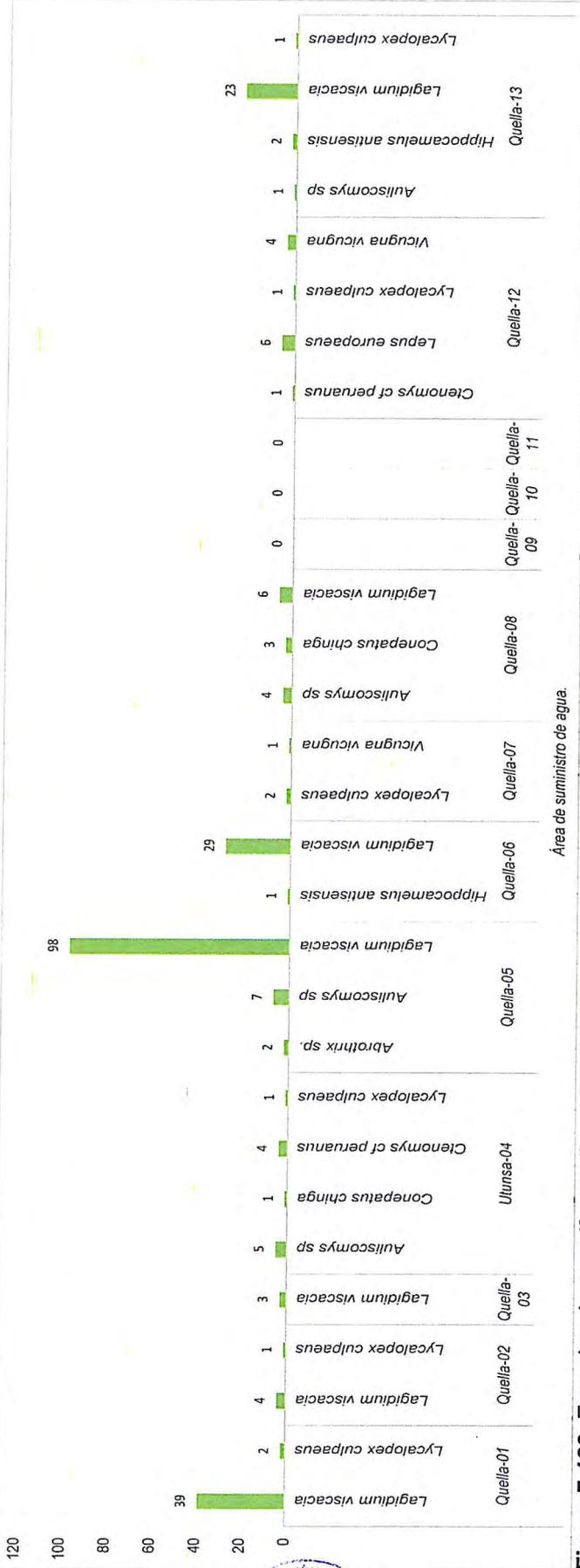


Figura 7-182. Especies de mamíferos silvestres registrados por las cámaras trampa en el área de estudio



Handwritten signatures and initials in blue ink.



B. Estimación de riqueza esperada

• Curva de acumulación de especies

De acuerdo a los resultados de los cálculos para determinar el total de mamíferos silvestres que habitan en el área de estudio, encontramos que las nueve especies reportadas en las cámaras trampa representan el 100 %, de las todas de especies que ocurren en la zona de evaluación (Figura 7-183).

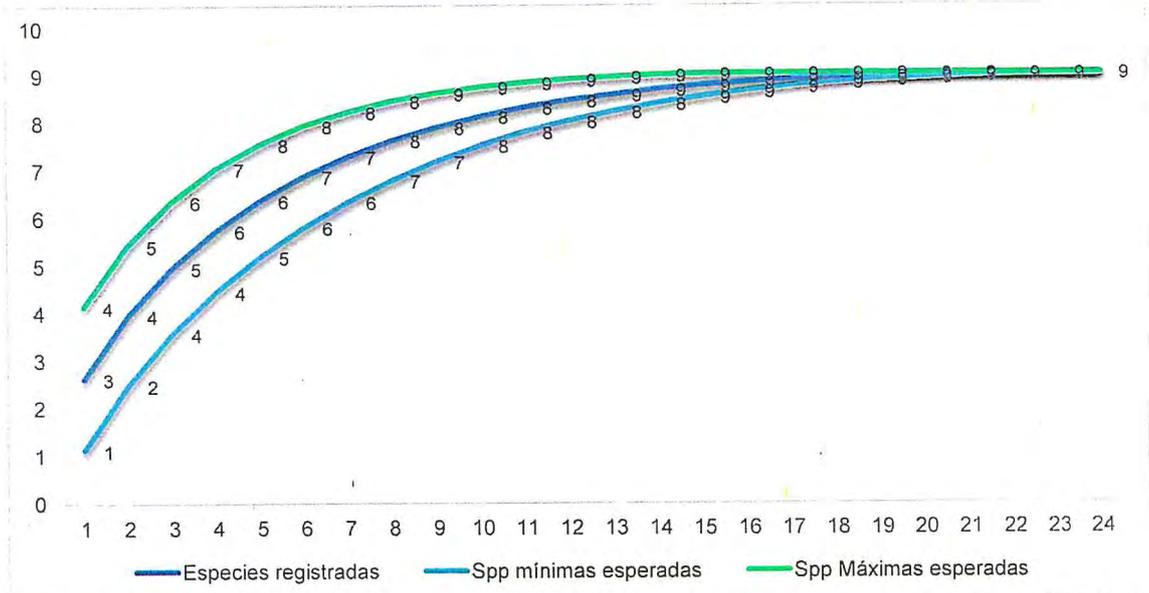


Figura 7-183. Curva de acumulación de especies de mamíferos medianos y grandes en el área de estudio

C. Descripción de los mamíferos por hábitat

• Riqueza de especies or hábitat

Al realizar la comparación de la diversidad de mamíferos silvestres entre los diferentes hábitats muestreados encontramos que los mayores registros independientes ocurrieron en el hábitat tipo roquedal, con 186 registros independientes, donde resalta el registro de la vizcacha (*Lagidium viscacia*), con 164 registros (Tabla 7-73 y Figura 7-184).

Tabla 7-73. Riqueza de especies de mamíferos registrados en las cámaras trampa por tipo de hábitat

Nombre común	Especie	Bofedal	Césped de puna	Pajonal	Roquedal
Ratón	<i>Abrothrix</i> sp.	0	0	0	2
Ratón de montaña	<i>Auliscomys</i> sp.	5	0	0	12
Zorrino	<i>Conepatus chinga</i>	1	0	0	3
Tuco-tuco	<i>Ctenomys cf peruanus</i>	5	0	0	0
Taruca	<i>Hippocamelus antisensis</i>	0	0	0	3
Vizcacha	<i>Lagidium viscacia</i>	0	39	0	164
Liebre europea	<i>Lepus europaeus</i>	6	0	0	0
Zorro andino	<i>Lycalopex culpaeus</i>	2	2	2	2
Vicuña	<i>Vicugna vicugna</i>	3	0	1	0

↑

 D

 A

 4

 @

 F

 @

 S

 S

 F



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»

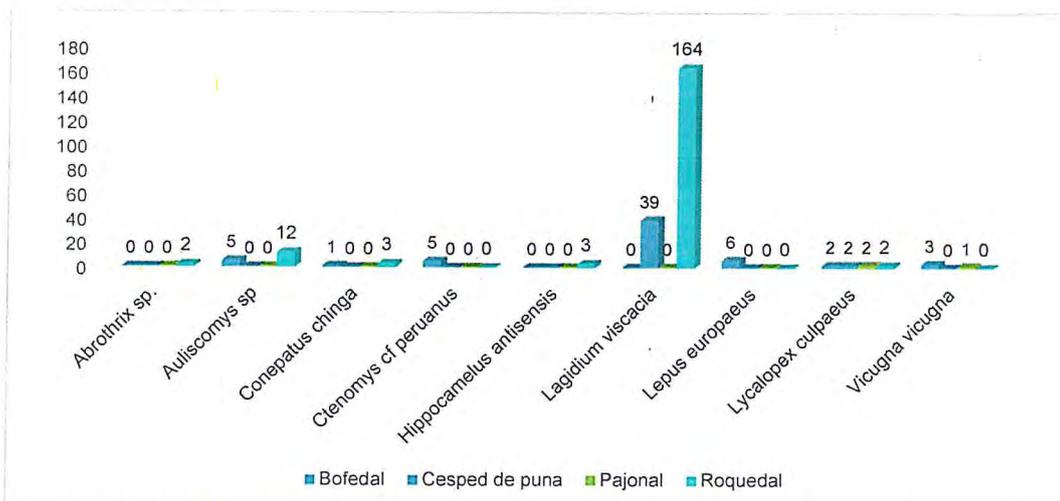


Figura 7-184. Riqueza de especies de mamíferos registrados por las cámaras por tipo de hábitat

Índices de diversidad

Comparación de índices de diversidad entre las cámaras trampa instaladas

Para realizar la comparación de la diversidad registrada por las cámaras trampa se utilizó el Índice de diversidad de Shannon, según el cual los valores más altos corresponden a una mayor riqueza de especies (número de especies) (Figura 7-185).

Los resultados obtenidos producto de la prueba del Índice de diversidad de Shannon, nos muestra que el mayor valor en términos de diversidad ocurrió en la cámara Quella-12, con un valor de 1.314, esta cámara logró registrar 12 registros independientes pertenecientes a cuatro especies, entre ellas el tucu tucu (*Ctenomys cf peruanus*), liebre europea (*Lepus europaeus*), zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*).

La siguiente cámara que registró el segundo mayor valor en términos de diversidad fue Quella-04, con un valor de 1.162, esta cámara estuvo ubicada al borde de un bofedal de más o menos 30 m de ancho, en ella se registraron 11 eventos i pertenecientes a cuatro especies de mamíferos, entre ellos el pequeño roedor *Auliscomys sp*, el zorrino (*Conepatus chinga*), tucu tucu (*Ctenomys cf peruanus*) y el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*).

Finalmente, la tercera cámara en registrar los mayores valores en términos de diversidad fue el Quella-08 con 1.058, donde se registraron 11 eventos independientes pertenecientes a tres especies de mamíferos, entre ellos, vizcacha (*Lagidium viscacia*), el zorrino (*Conepatus chinga*) y el pequeño roedor *Auliscomys sp*. (Figura 7-185).



Vertical handwritten text on the left margin: ↑, D, Δ, y, @, J, ↓, @, G, S, H, T



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»

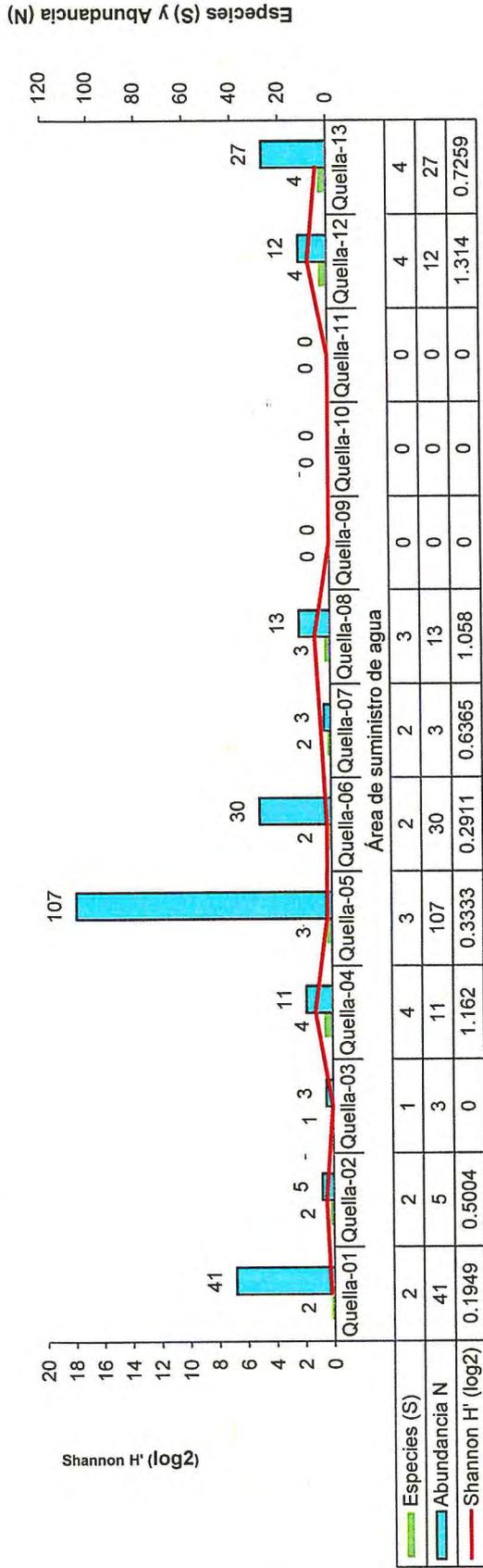


Figura 7-185. Riqueza, abundancia y diversidad de mamíferos medianos y grandes en el área de estudio



Handwritten signature and date: 10/05/2011

**D. Especies incluidas en categorías de conservación o endémicas en el área de estudio**

De acuerdo al Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú y al D.S. N.º 004-2014-MINAGRI, en el Perú existen 124 especies de mamíferos incluidos en las diferentes categorías de conservación de las cuales, nueve se encuentran en Peligro Crítico, 32 se encuentran en Peligro, 50 se encuentran como Vulnerable, 14 como Casi Amenazado y 18 se encuentran como Datos Deficientes (Serfor, 2018a).

Para el análisis de categorización de las especies de mamíferos silvestres en el área evaluada, consideramos a todas las especies registradas con las diferentes metodologías previamente descritas, así tenemos que de las 12 especies registradas seis se encuentran en alguna categoría de conservación.

Bajo esta premisa, la especie con mayor grado de amenaza es el tucu tucu, (*Ctenomys cf. peruanus*), comprendida en la categoría Amenazada (EN), seguido de la vicuña (*Vicugna vicugna*), ubicada en la categoría de Casi amenazado (NT), finalmente en la categoría Vulnerable (VU) se encuentran dos especies, la taruca (*Hippocamelus antisensis*) y el tuco-tuco (*Ctenomys opimus*).

De acuerdo a la lista de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2018), dos especies se encuentran en diferentes estados de conservación, el primero de ellos, el gato de los pajonales (*Leopardus colocolo*) que se encuentra comprendida en la categoría de Casi amenazado (NT) y la taruca (*Hippocamelus antisensis*) en la categoría de Vulnerable (VU).

Finalmente, en la lista de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Silvestres (Cites), cinco especies se encuentran comprendidas en los Apéndices de protección, entre ellos la taruca (*Hippocamelus antisensis*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*), se encuentran en el Apéndice I, seguidos del gato de los pajonales (*Leopardus colocolo*), el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) y el puma (*Puma concolor*) en el Apéndice II (Tabla 7-74).

Con respecto al nivel de endemismo, en el área estudio al menos una especie de mamífero presenta esta característica y nos referimos al tuco-tuco (*Ctenomys cf. peruanus*), sin embargo, este dato está por confirmarse, actualmente nos encontramos en revisión de un cráneo de la especie, que nos ayudara a confirmar este dato.

Tabla 7-74. Especies de fauna silvestre comprendida en alguna categoría de conservación

Familia	Nombre común	Especie	Categorización			
			D.S. N.º 004-2014-MINAGRI	IUCN (2018)	Cites (2018)	Libro rojo (2018)
Cervidae	Taruca	<i>Hippocamelus antisensis</i>	VU	VU	Apendice I	VU
Ctenomyidae	Tuco-tuco	<i>Ctenomys opimus</i>	VU	LC	No aplica	VU
Ctenomyidae	Tuco-tuco	<i>Ctenomys cf. peruanus</i>	EN	LC	No aplica	EN
Camelidae	Vicuña	<i>Vicugna vicugna</i>	NT	LC	Apendice I	NT
Canidae	Zorro andino	<i>Lycalopex culpaeus</i>	No aplica	LC	Apendice II	No aplica



8. DISCUSIÓN

La discusión se realizará teniendo como base la ubicación las dos grandes áreas de intervención presentadas en la sección de metodología: i) área de operaciones y ii) área de abastecimiento de agua del PM Quellaveco de Anglo American Quellaveco S.A. (en adelante, AAQ S.A.). Estas áreas ya han sido definidas en los diferentes IGA aprobados hasta la fecha.

8.1 Área de operaciones

El área de operaciones está conformada por la zona I (cuenca Ilo-Moquegua) y zona II (cuenca Locumba). En las secciones siguientes el criterio de análisis para cada zona tendrá en cuenta los futuros componentes mineros y la red hidrográfica en la cual se encuentran.

El contexto geológico del área de operaciones corresponde a rocas volcánosedimentarias del Grupo Toquepala (premineral) cortado por intrusivos de la Super Unidad Yarabamba (diorita, monzonita, granodiorita y pórfido monzonita); posteriormente, estas unidades son cubiertas discordantemente por las rocas volcánicas de la Formación Huaylillas y Grupo Barroso (posmineral). Las estructuras principales corresponden a las fallas Quellaveco y Micalaco que forman parte del sistema de fallas Incapuquio. En la Figura 8-1 se muestra el contexto geológico de las zonas aledañas a los componentes mineros proyectados, los mismos que son desarrollados posteriormente.

En el río **Asana** afloran rocas intrusivas del pórfido monzonítico emplazado dentro del stock de granodiorita donde se ubicará el tajo. Este sector corresponde a la zona mineralizada compuesto por calcopirita, molibdenita y piritita distribuido en venillas y diseminados (Simmons, 2013). La mineralización en la parte superficial presenta intensa oxidación y remanentes de sulfuros lixiviados, los mismos que migran a la zona de enriquecimiento supergeno, y en la parte profunda (aproximadamente debajo de los 3500 m s.n.m.) se ubica la zona de alteración y mineralización hipógena (Figura 8-2). En el área del depósito de desmonte proyectado afloran rocas volcánicas andesíticas, dacíticas y tobas de la Formación Quellaveco, cubiertos por tobas de líticos de la Formación Huaylillas. Así mismo, cabe precisar que se ha cartografiado fallas *riedel* de dirección NO-SE y *antiriedel* NE, que cortan a los componentes mencionados (Figura 8-1A).



Handwritten signature and symbols on the left margin



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

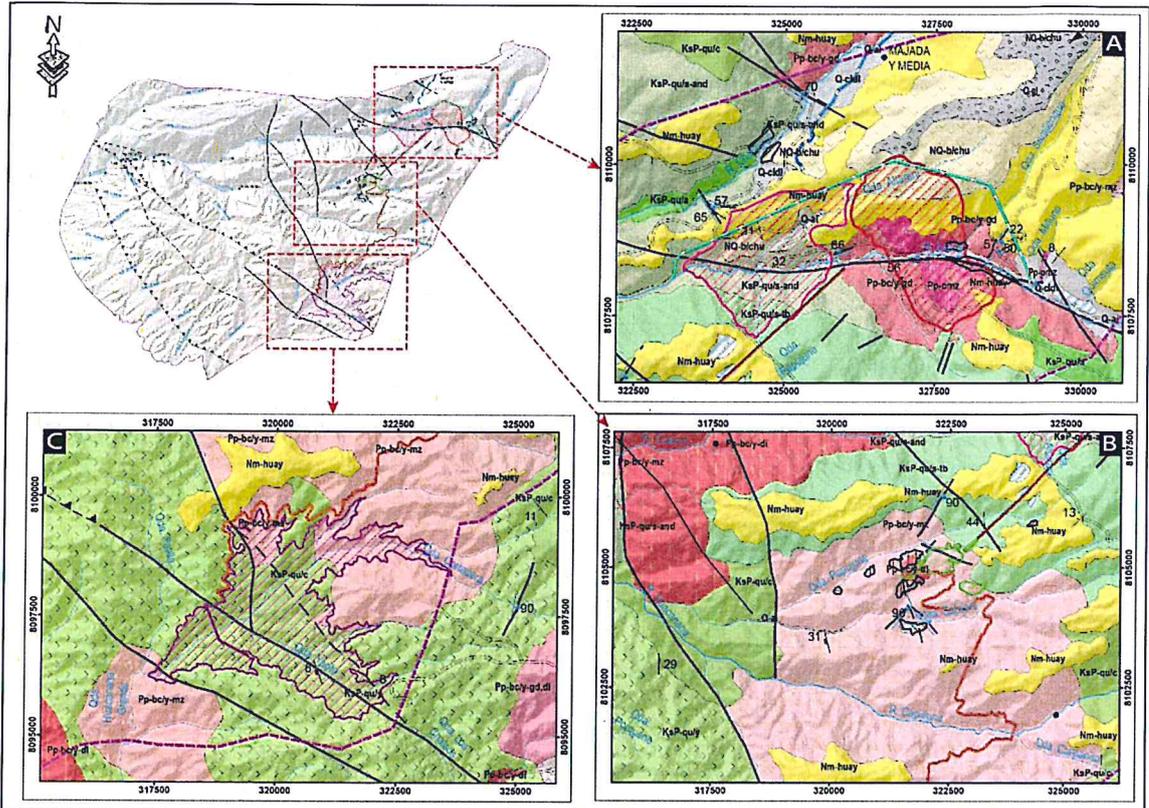


Figura 8-1. Contexto geológico de los componentes mineros proyectados en el área de operaciones por AAQ S.A.

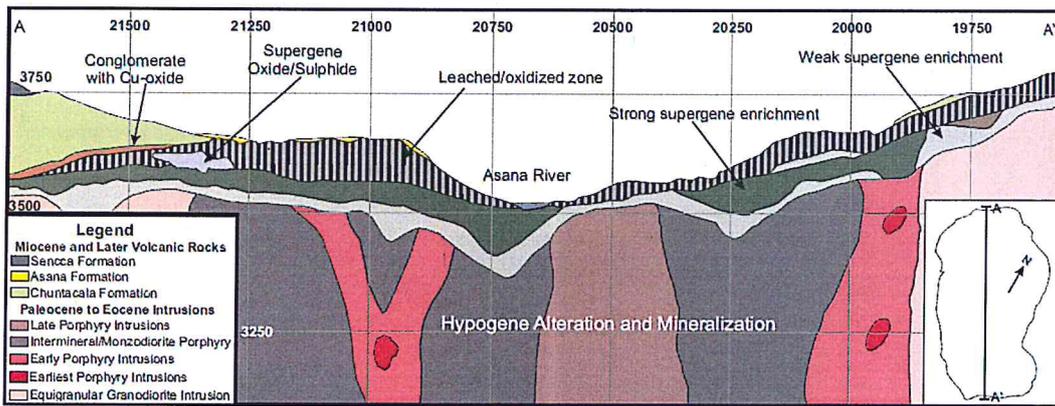


Figura 8-2. Sección geológica y zonas de mineralización del tajo Quellaveco
Fuente: Extraído de Simmons (2013)

En la Figura 8-1B, se muestran la planta concentradora, el campamento Salviani y botaderos ubicados en el sector de Salviani; Estos componentes se establecerán sobre un stock de monzonita y una zona con diorita, ambas cortadas por fallas geológicas rellenas con roca molida alterada, sulfuros (pirita) y presencia de carbonatos en fracturas.

El depósito de relaves se ubicará en las quebradas Yarito y Cortadera, cuyo substrato se caracteriza por las rocas andesíticas y riolíticas de los miembros Carpanito y Yarito de la Formación Quellaveco, que abarcan en mayoría al componente, sin embargo, en la naciente y descarga de la quebrada Cortadera afloran stocks de monzonita que



D
A
M
E
S
E
S
E
S
E
S



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

cortan a las las unidades volcánicas. La falla Micalaco y fallas menores, se alinean a la quebrada Yarito y cortan diagonalmente a las quebradas Cortadera y Patilla, y al componente minero proyectado; adicionalmente estas estructuras están asociadas a zonas de alteración, mineralización de sulfuros (venillas y diseminados) y a presencia de sulfatos (yesos), los cuales influyen en la calidad y el comportamiento de las aguas subterráneas (Figura 8-1C):

La geoquímica de rocas de la base de datos de Ingemmet (2016) y Simmons (2013) fueron comparados con los valores de la corteza continental propuesto por Wedepohl (1994 y 1995). Los elementos trazas fueron agrupados en I) metales tóxicos y disponibles (texto de color rojo en la Tabla 8-1), II) tóxicos insolubles y III) metales no tóxicos (EPA, 2003; Galán y Romero, 2008). Además, cabe precisar que los elementos del grupo I son considerados calcófilos debido a que tienen afinidad con el S (Goldschmidt, 1937). Los elementos con concentraciones superiores a los valores de la corteza continental clasificados por unidades geológicas se detallan en la Tabla 8-1 y en las Figuras 8-3, 8-4 y 8-5.

Tabla 8-1. Elementos que superaron a los valores de la corteza continental propuesto por Wedepohl (1994 y 1995), en el área de operaciones

Unidad geológica		Elementos anómalos
Super Unidad Yarabamba	Pórfido Monzonita	Cd, Cu, Hg, Se, Te, Ag, Bi, W, Mo y Sr
	Granodiorita	Cu, Hg, Zn, Se, Te, Ag, Bi, W y Mo
	Monzonita	Cu, Pb, Zn, Be, Ag, W, Ta, Cs y Rb
	Diorita	Cu, Cr, Be, W, Mo, Rb, U y Th
Formación Quellaveco	Miembro Asana	Pb, Sn, W, Ta y Mo
	Miembro Carpanito	Cd, Cu, Pb, Zn, W, Ta, Ba y V
	Miembro Samanape	Be, W, Ba, Mo y Rb
	Miembro Tinajones	Sn, W, Ta, Cs, Rb y U
Miembro Yarito	Pb, Sn, Zr, W, Ta, Cs, Rb, U	
Formación Huaylillas	W,	
Grupo Barroso	Cu y Sr	

Nota: los elementos Sb, As, Se, Te y Mn no se reportaron en la base de datos de Ingemmet (2016), por lo que no fueron considerados en esta tabla, sin embargo, no se descarta la presencia de estos elementos en las rocas



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»

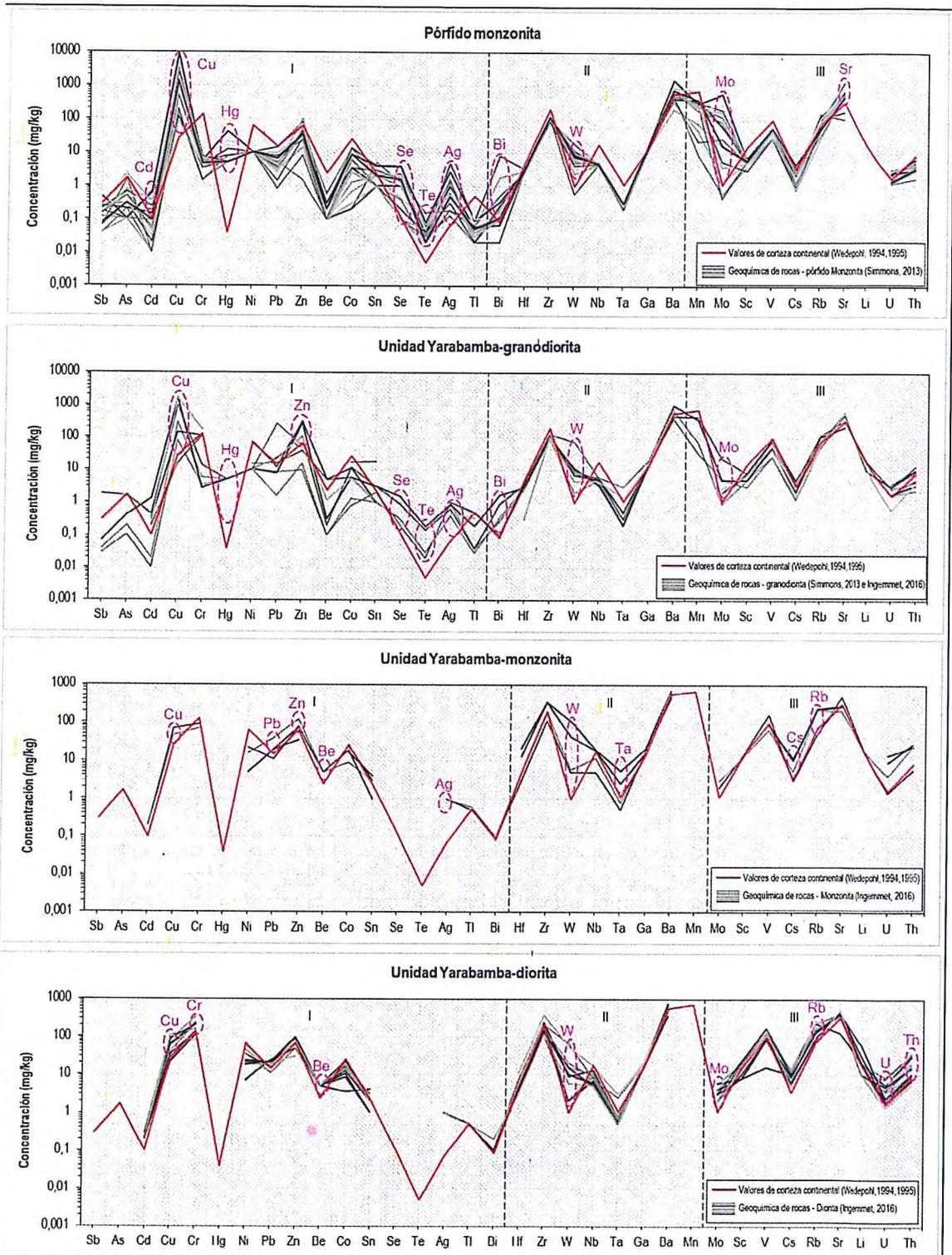


Figura 8-3. Concentración de elementos traza de los intrusivos de la Súper Unidad Yarabamba comparado con los valores de corteza continental propuesto por Wedepohl (1994 y 1995)



D
P
2
0
7
@
+
@
G
S
E
T



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»

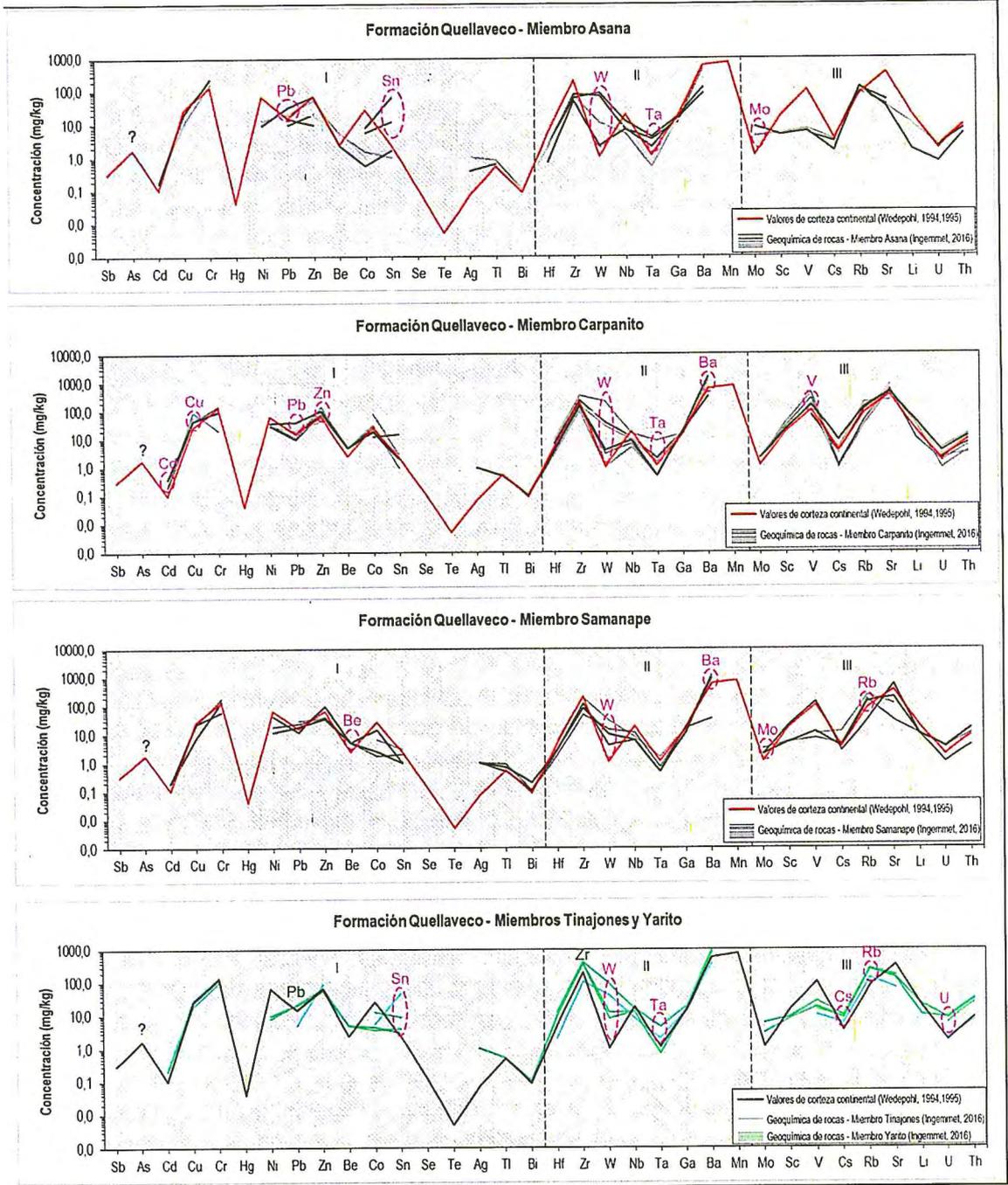


Figura 8-4. Concentración de elementos traza de la Formación Quellaveco comparado con los valores de corteza continental propuesto por Wedepohl (1994 y 1995)



Handwritten vertical text: 'D. Y. T. @ T. S. S. T. F. F. S. S. T.' with an arrow pointing upwards.



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

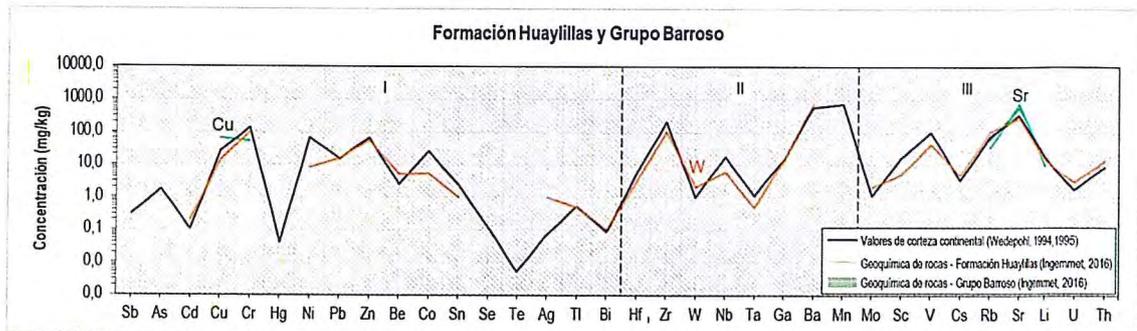


Figura 8-5. Concentración de elementos traza de la Formación Huaylillas y el Grupo Barroso comparado con los valores de corteza continental propuesto por Wedepohl (1994 y 1995)

El pórfido monzonita ubicado en el río Asana (futuro Tajo) presenta anomalías de Cd, Cu, Hg, Se, Te, Ag, Bi, W, Mo y Sr, correspondiente a la mineralización de tipo pórfido en este sector, asimismo, la granodiorita, considerado roca caja u hospedante presento los mismos elementos anómalos en menor concentración y Zn como añadido. Los intrusivos monzonita y diorita que afloran en el secto Salviani, Capillune, Coscori, Tumilaca y Cortadera, en general presentan anomalías de Cu, Be, Pb, Zn, Ag, W, Rb y otros no tóxicos; Esta diferencia de elementos presentes en el río Asana y las zonas aledañas se debe a que en la parte central del pórfido se tienen minerales asociados al Cu-Mo y periféricamente incrementa en otros elementos de la asociación Pb-Zn.

Los miembros de la Formación Quellaveco presentan concentraciones variadas (Tabla 8-1), de la cual destaca el Miembro Carpanito compuesto por anomalías de Cd, Cu, Pb y Zn y elementos no tóxicos, que aflora principalmente en la quebrada Cortadera y Capillune; asimismo, las riolitas del miembro Yarito ubicado en la Zona II destacan por las anomalías de Pb, Sn, Zr, W, Ta, Cs, Rb y U. Sin bien es cierto que esta Formación es Premineral, el emplazamiento de los intrusivos de la Unidad Yarabamba influenciaron en la concentración de metales, sobre todo en las zonas de contacto y de falla.

Finalmente, en las rocas posminerales de la Formación Huaylillas y Barroso, solo se registraron W, Cu y Sr como elementos anómalos, sin embargo, cabe precisar que la cantidad de muestras evaluadas fue mínima.

El área de operaciones del PM Quellaveco y zonas aledañas presentan 6 sectores con anomalías espectrales que indican zonas de alteración con contenido de óxidos de hierro (Fe³⁺) y arcillas, obtenidos a partir de imágenes del sensor ETM+ del satélite LAndsat-7 y OLI de Landsat-8 (Ingemmet, 2018). Estos sectores indican la presencia de minerales secundarios por procesos supérgenos y alteración argílica asociado a ambientes epitermales o a depósitos de material hipógeno expuesto de forma antrópica (Figura 8-6).



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»

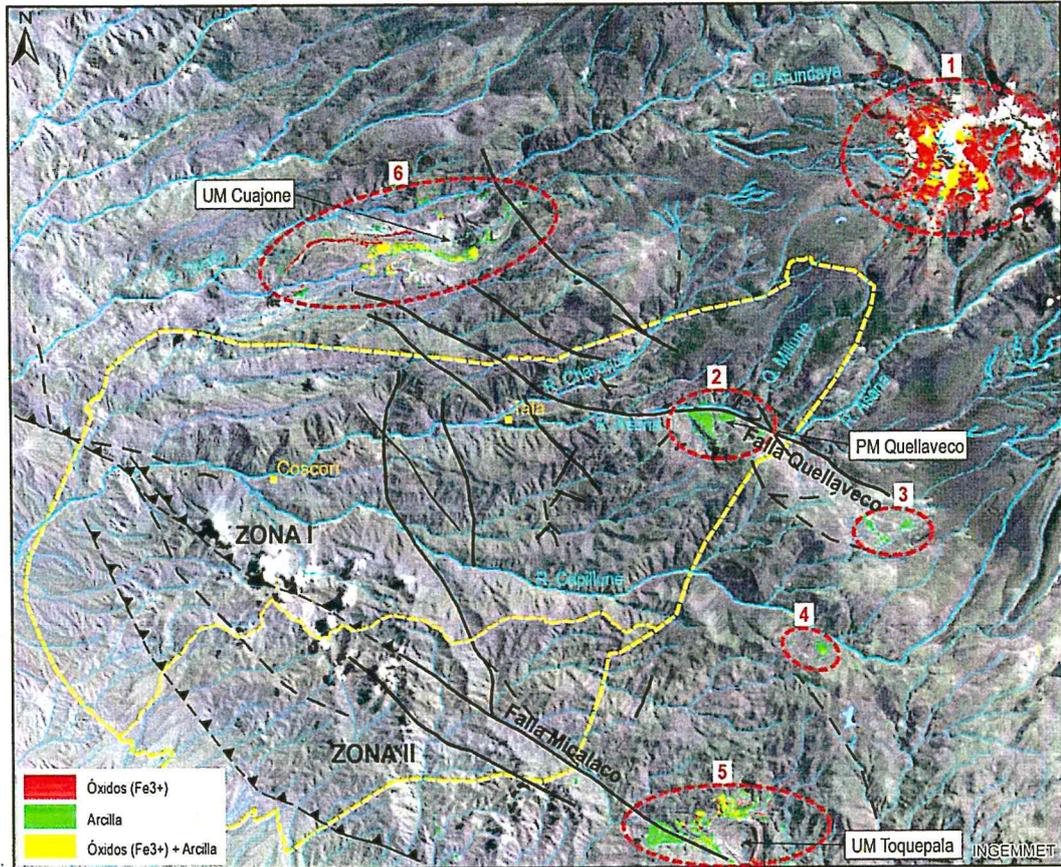


Figura 8-6. Anomalías espectrales de óxidos de hierro y arcillas a partir de imágenes Ladsat-7 y Landsat-8 en el área de operaciones del PM Quellaveco.

El sector 1 se ubica en el nevado Arundaya, asociado al centro volcánico Chuquiananta (Grupo Barroso). En la parte central predominan óxidos+arcillas (amarillo) y periféricamente presenta abundante oxidación (rojo); estas características corresponden a una zona de alteración epitermal con intensa oxidación de los minerales primarios, lo cual genera soluciones ácidas, precipitación de sulfatos y alto contenido de Fe, Mn, Al, entre otros. Además, esta zona de alteración corresponde a la naciente de las quebradas Arundaya, Millune y Panturañe.

El sector 2 se ubica en el tajío proyectado del PM Quellaveco (ambos márgenes del río Asana), presenta alto contenido de arcillas (verde), asociado a la zona mineralizada (pórfido monzonita) y al stock de granodiorita, adicionalmente, este sector presenta alteración potásica (Biotita-feldespato K) y filica (cuarzo-sericita), bordeado de alteración propilítica (epidota-clorita) (Simmons, 2013).

Los sectores 3 y 4 presentan arcillas y óxidos en menor proporción, asociado a zonas de falla NO-SE. Finalmente, los sectores 5 y 6 ubicadas en las unidades mineras Cuajone y Toquepala presentan similares proporciones de arcillas y óxidos de hierro que corresponden al material en los depósitos de desmonte expuestos por la actividad minera.



Handwritten notes in blue ink, including an upward arrow and the word 'FAS' written vertically.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

8.1.1 Calidad de agua y sedimento, y comunidades hidrobiológicas

8.1.1.1 Zona I

La zona I fue dividida en dos subzonas de interés teniendo como base la distribución espacial, red de drenaje y densidad de puntos (Figura 8-7). Estas subzonas ya han sido definidas en la sección de resultados.

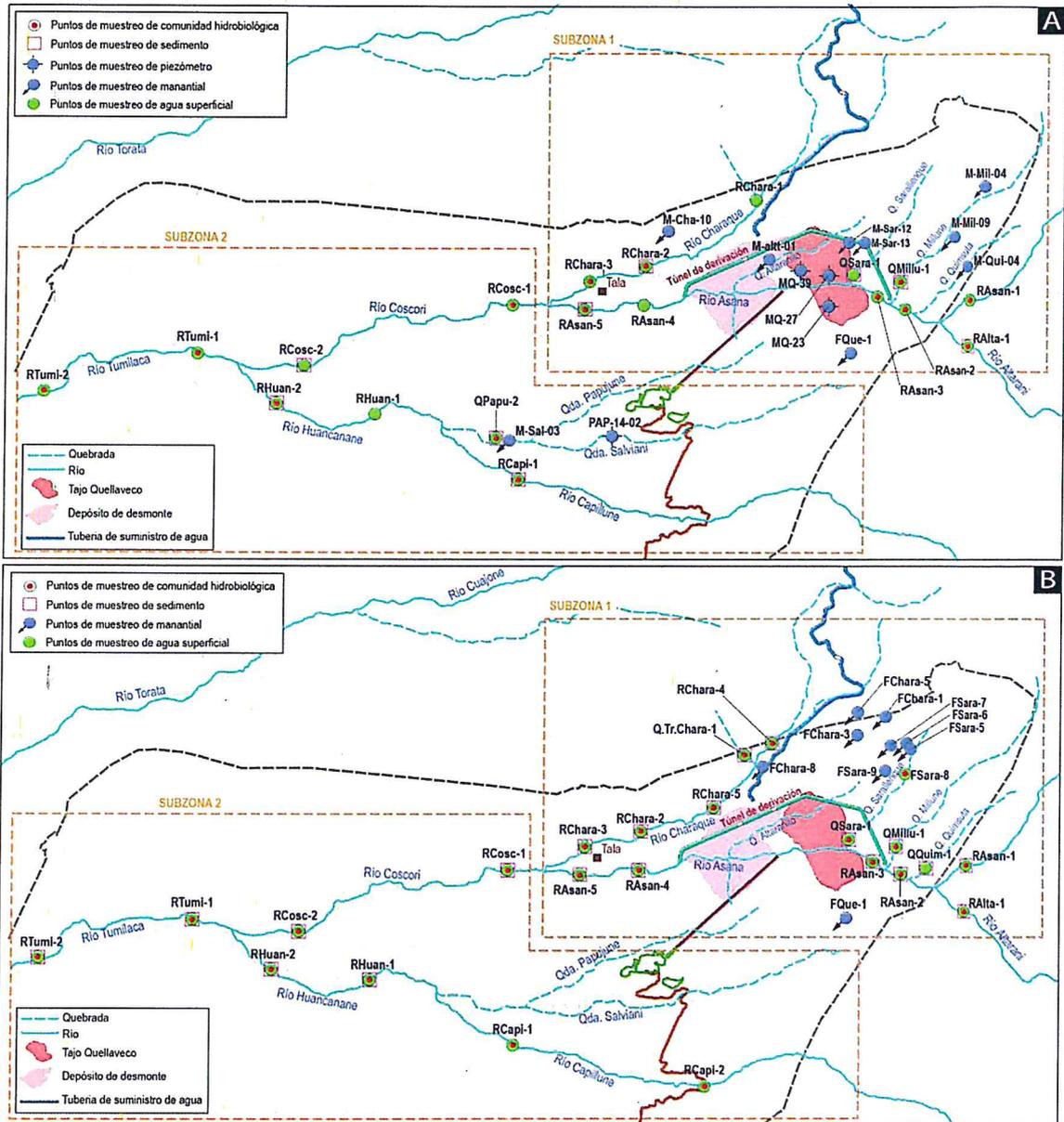


Figura 8-7. Ubicación de puntos y matrices evaluadas en épocas a) seca y b) húmeda, en la zona I

Los resultados de la evaluación del OEFA fueron comparados con los datos históricos de los monitoreos realizados de 1996-2017 (setiembre-época seca) y de 2011-2018 (marzo-época húmeda) por AAQ S.A. y la ONG Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza (en adelante, Pronaturaleza).



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

A. Subzona 1: Asana y Charaque

En esta subzona fueron evaluadas las matrices agua superficial, agua subterránea (piezómetros y manantiales), sedimento, comunidades hidrobiológicas, aire y suelo, además de realizarse la caracterización geológica.

Para agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas, fueron evaluados 16 puntos de muestreo, de los cuales 5 se encontraron en el río Asana y 5 en sus tributarios (río Altarani y quebradas Quimsuta, Millune y Sarallenque y su tributario), y 5 en el río Charaque y 1 en su tributario sin nombre.

Para agua subterránea, fueron evaluados 3 piezómetros y 16 manantiales. De los piezómetros, los tres se ubicaron próximos al río Asana. De los manantiales, cuatro se ubicaron próximos a la quebrada Sarallenque, cinco a la quebrada Charaque, uno a la quebrada Quellaveco, uno a la quebrada Quimsuta, dos a la quebrada Millune, uno a la quebrada Altarani y dos a la quebrada Sarallenque.

La importancia de la evaluación de esta subzona se debe a la futura ubicación de los componentes mineros del PM Quellaveco, tales como el tajo, depósito de desmonte, túnel de desvío del río Asana, que se ubican en la parte baja de la microcuenca Asana. También se incluyó el río Charaque por ser aledaño a los futuros componentes (Figura 8-8).



Handwritten vertical text: A, D, Δ, 7, @, J, ↓, @, Asana



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»

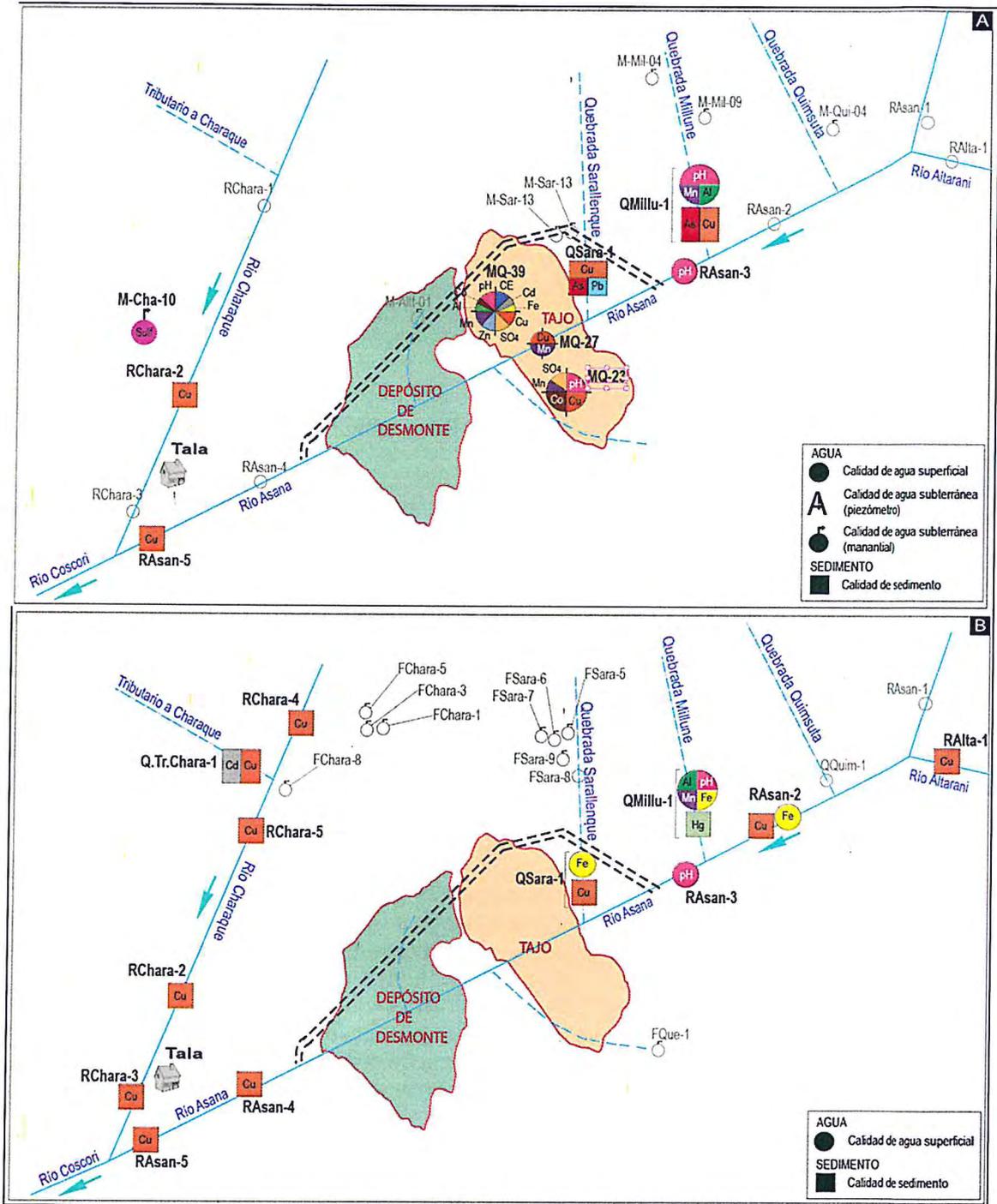


Figura 8-8. Parámetros que incumplieron algún estándar de comparación en épocas a) seca y b) húmeda, para los puntos de la subzona 1 de la zona I

Teniendo en cuenta el número de cuerpos de agua de esta subzona (ríos y quebradas), se detalla el análisis para cada cuerpo de agua, empezando con los afluentes y culminando con los ríos principales.

• **Río Altarani**

Los parámetros evaluados en el río Altarani (RALta-1) cumplieron con los ECA para agua Cat.3 (2008), cuyas aguas fueron clasificadas como bicarbonatadas cálcicas-



Handwritten notes and arrows on the left side of the page, including a large blue arrow pointing up and some illegible scribbles.



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

sódicas en época seca y bicarbonatadas sódicas en época húmeda, según los diagramas de Piper y Stiff; además, según el diagrama de Ficklin, estas aguas son casi neutras con bajo contenido de metales disueltos. Cabe resaltar, que este río presentó valores de conductividad eléctrica menores a 60 µS/cm en ambas épocas.

Durante la época húmeda, el cobre en sedimento excedió los valores ISQG de la CEQG con un registro de 42,15 mg/kg, lo cual se debería a las características geológicas relacionadas a la presencia de granodiorita de la unidad Yarabamba, asociada a la falla Quellaveco, que se alinea con el cauce del río. Este intrusivo presenta alteración moderada y óxidos de cobre en fracturas, los mismos que son meteorizados y transportados por gravedad desde las laderas hacia el fondo del valle (conos aluviales y coluvios) los mismos que actualmente son erosionados por el cauce principal.

En relación a las comunidades hidrobiológicas, se observó la dominancia en riqueza y abundancia de grupos indicadores como diatomeas y organismos del grupo EPT⁵², considerados buenos indicadores de calidad de agua. Las diatomeas son consideradas indicadoras de estrés ambiental en ríos y lagos (Stoermer y Smol, 1999) y son empleadas en programas de monitoreo para estimar el estado ecológico de diversos ambientes acuáticos (Council of the European Communities, 2000).

Los macroinvertebrados bentónicos presentaron una importante proporción de organismos EPT en ambas épocas, que fue mayor al 50 % en época húmeda. Cuando estos organismos representan más del 50 % de la abundancia total, se considera que el ambiente acuático tiene buena calidad de agua (Carrera y Fierro, 2001). En el caso del río Altarani esta condición pudo ser corroborada con la estimación de calidad ecológica, que otorgó una calidad buena a este punto en época húmeda. Esta condición estuvo sustentada en las buenas condiciones del hábitat ribereño y la presencia organismos sensibles como *Meridialaris* sp. (Ephemeroptera)⁵³, de acuerdo con la escala de puntuaciones del índice ABI (Ríos-Touma *et al.*, 2014).

Finalmente, en este punto se capturaron truchas (*Oncorhynchus mykiss*) con signos aparentes de buena salud, al no presentar lesiones visibles ni parásitos externos; adicionalmente, los individuos colectados para análisis de metales en tejido muscular, no presentaron concentraciones de metales que excedieran los estándares nacionales e internacionales. Resultados similares fueron reportados por AAQ S.A. entre 2013 y 2014 en el mismo punto⁵⁴, donde las truchas capturadas presentaron concentraciones de metales en niveles no detectables por los métodos de ensayo. Los resultados obtenidos evidenciarían que la presencia de cobre en sedimento en una concentración que excedió el valor ISQG de la CEQG no estaría afectando el desarrollo de especies acuáticas.

• **Quebrada Millune**

En la quebrada Millune predominan rocas volcánicas de la Formación Huaylillas y centro volcánico Chuquiananta (Grupo Barroso), que consisten en tobas riolíticas y riodacíticas de colores claros y flujos andesíticos grises; en la parte baja, el basamento

⁵² EPT: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.

⁵³ En la escala del índice ABI, el valor 1 representa a las especies menos sensibles y 10 a las más sensibles. En este estudio se consideran especies sensibles a las que tienen un valor indicador entre 1 y 3; facultativas a las que tienen un valor indicador entre 4 y 7; y sensibles a las que tienen un valor indicador entre 8 y 10.

⁵⁴ Informe Técnico Sustentatorio para la Optimización de componentes auxiliares del área de mina del proyecto Quellaveco, aprobado mediante Resolución Directoral N.º 087-2017-SENACE/DCA, con fecha 31 de marzo de 2017.



Vertical handwritten notes in blue ink: an upward arrow, 'D', 'A', 'y', 'e', 'L', 'e', 'Ch', 'S', 'M', 'S', and another upward arrow.



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

corresponde a rocas intrusivas (monzonita y pórfido monzonita), compuestas por diseminados de sulfuros (pirita y calcopirita) y óxidos de cobre (malaquita) (Anexo 4). Además, en la naciente de la quebrada Millune se observó una zona de alteración hidrotermal constituida por alteración argílica con intensa oxidación⁵⁵; de igual modo, Ng (2015) registró valores de pH menores a 5.

La quebrada Millune (QMillu), al estar influenciado por la zona de alteración hidrotermal en su naciente (Figura 8-7), presentó valores de pH ácido (<4,5) y concentraciones de aluminio y manganeso en ambas épocas y de hierro en época húmeda, los cuales incumplieron los ECA para agua Cat.3 (2008); sin embargo, en ambas épocas, la conductividad eléctrica (500 µS/cm) y los demás parámetros evaluados cumplieron con lo establecido en la norma antes mencionada. Las características hidrogeoquímicas corresponden a aguas sulfatadas cálcicas, en ambas épocas, con concentraciones de 6 meq/L como valor máximo (diagramas de Piper y Stiff), y según el diagrama de Ficklin, estas aguas son ácidas con bajo contenido de metales disueltos.

Con respecto a los valores de pH registrados por OEFA, en comparación con los reportados por AAQ S.A. y Pronaturaleza, se observó que estos valores entre 1996 y 2018 se mantuvieron similares en el tiempo con características ácidas en el punto QMillu-1, al presentar valores de pH entre 4,2 (mínimo) y 4,83 (máximo) (Figura 8-9).



Vertical handwritten notes and arrows on the left margin.

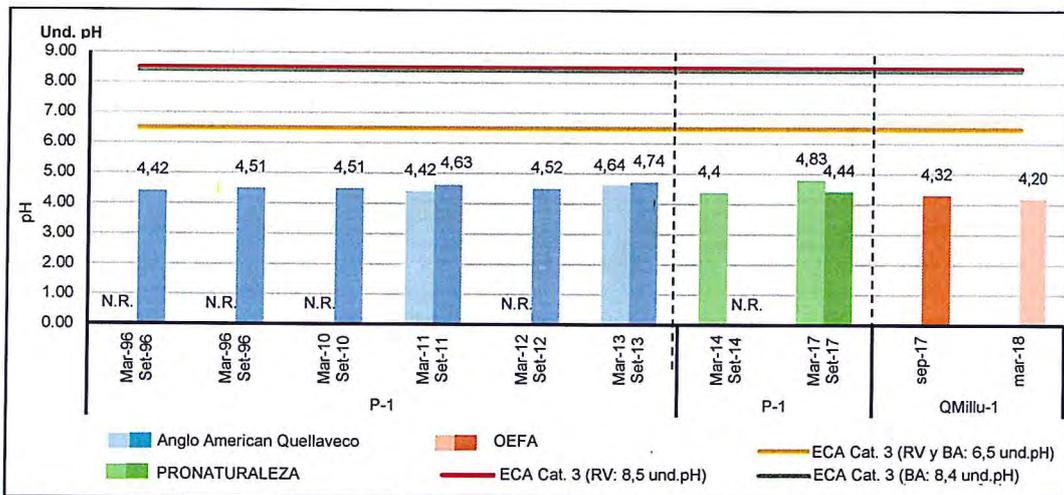


Figura 8-9. Valores de pH registrados en la quebrada Millune entre 1996 y 2018
Nota: las barras rellenas de colores claros corresponden a la evaluación en época húmeda y los oscuros a la época seca

De igual modo, las concentraciones de aluminio del punto QMillu-1 se incrementaron, en época seca, pasando de 5,8 mg/L en 1996 a 19,84 mg/L en 2017; mientras que, en época húmeda, se observa un ligero incremento pasando de 8,205 mg/L en el 2011 a 11,03 mg/L en el 2018 (Figura 8-10). En ambos casos, se identificó un aumento de sus concentraciones, que se hizo más notorio desde el 2013. Asimismo, similar comportamiento se observó para el caso de las concentraciones de manganeso registradas, pasando de 0,35 mg/L en 1996 a 0,502 mg/L el 2017 en época seca, y de 0,3297 mg/L el 2011 a 0,36618 el 2018 en época húmeda (Figura 8-11).



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

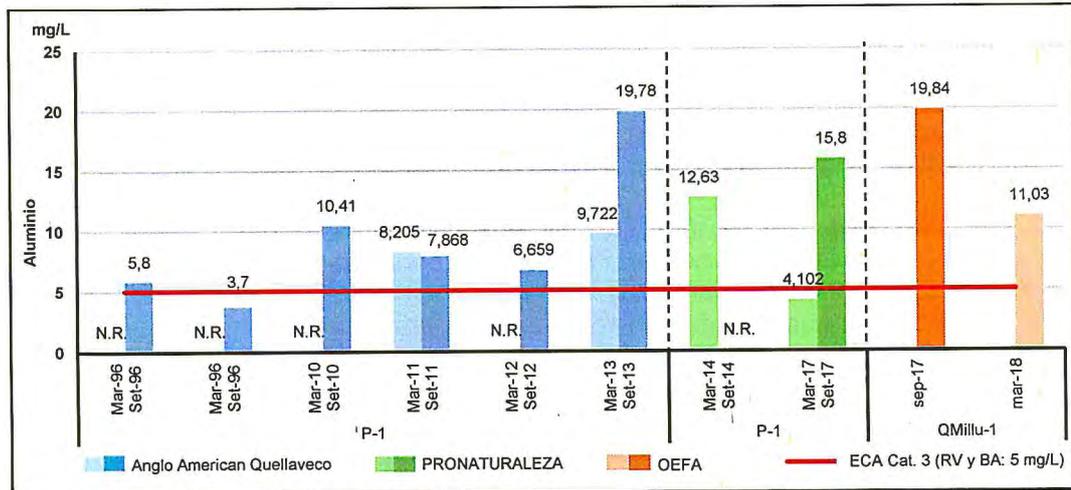


Figura 8-10. Concentraciones de aluminio registradas en la quebrada Millune entre 1996 y 2018

Nota: las barras rellenas de colores claros corresponden a la evaluación en época húmeda y los oscuros a la época seca



A
D
A
y
@
J
-
a
s
y
-
A

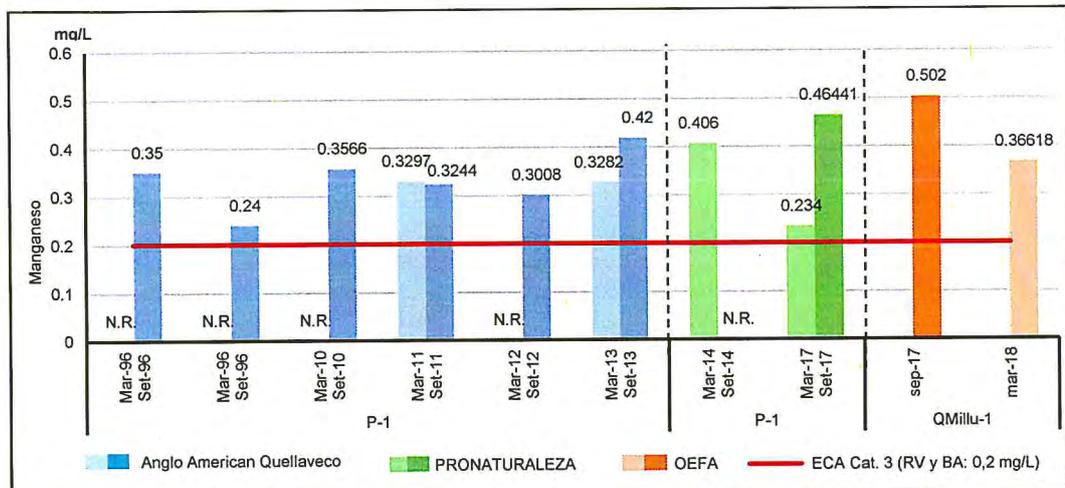


Figura 8-11. Concentraciones de manganeso registradas en la quebrada Millune entre 1996 y 2018

Nota: las barras rellenas de colores claros corresponden a la evaluación en época húmeda y los oscuros a la época seca

En sedimento, las concentraciones de arsénico y cobre (época seca) y mercurio (época húmeda) excedieron los valores ISQG de la CEQG. Además, se registró un valor de pH ácido en la época húmeda, de forma similar a lo reportado en agua superficial. La presencia de los metales mencionados y el pH ácido se deberían a la influencia de la zona de alteración hidrotermal, la misma que genera drenaje ácido y movilidad de metales como aluminio, arsénico, hierro y manganeso (Jacobs *et al.*, 2014); además del arrastre de material proveniente de las partes altas y erosión de la ribera de la quebrada Millune. Esto se corrobora con los resultados de sólidos suspendidos totales en el agua (36 mg/L).

Los manantiales M-Mil-04 y M-Mil-09 ubicados en las laderas de la parte media de la quebrada Millune no excedieron referencialmente los ECA para agua Cat.3 (2008). Las características hidrogeoquímicas son aguas bicarbonatadas cálcicas con concentraciones menores a 2 meq/L; y según el diagrama de Ficklin, corresponden a aguas casi neutras con bajo contenido de metales disueltos, debido a que son flujos



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

locales⁵⁶. Cabe precisar, que los manantiales de flujos locales ubicados en las laderas, no aportan metales a la quebrada Millune (Figura 8-12).

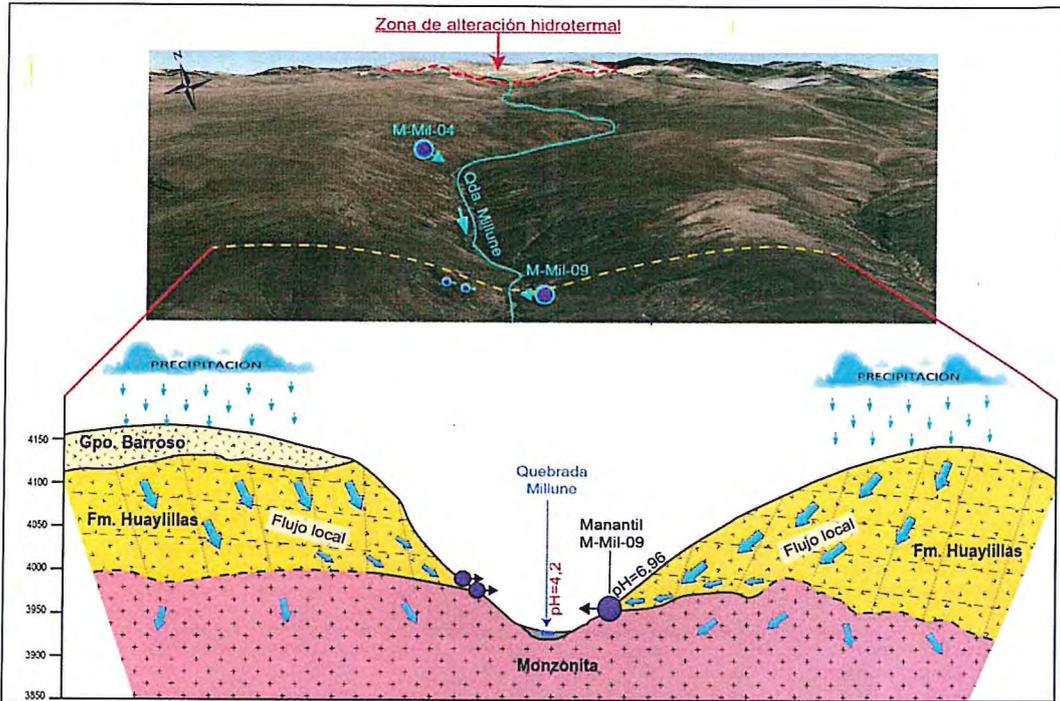


Figura 8-12. Sección geológica y contexto hidrogeológico de los manantiales de la parte media de la quebrada Millune

En relación a las comunidades hidrobiológicas, en este punto se observaron menores valores de riqueza y abundancia de microalgas y macroinvertebrados bentónicos, con respecto a los puntos de los ríos Altarani (HID-RAIta-1) y Asana (HID-RASan-1 e HID-RASan-2), los cuales también están ubicados aguas arriba del tajo y depósito de desmonte proyectados. Estos bajos valores de riqueza y abundancia se deberían a las condiciones de acidez en el agua y sedimento, además de las altas concentraciones de algunos metales como aluminio, manganeso, hierro, entre otros. Estos resultados fueron respaldados por los análisis multivariados desarrollados para ambas comunidades (diversidad beta y ACC) que muestran una condición atípica para este punto.

Estudios que abordan la afectación del desarrollo de microalgas por aguas ácidas fueron descritos por Greenwood (2006) y Smucker y Vis (2011). En sentido similar, Bray *et al.* (2008) han encontrado una relación negativa entre la acidez y óxidos con la riqueza taxonómica en ambientes lóticos, e identificó a la microalga del género *Stigeoclonium* como asociada a drenajes ácidos, la cual fue encontrada en época seca.

En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos, hay muchos estudios que han demostrado una fuerte relación entre acidez del agua y cambios en su composición, como lo explican Tripole *et al.* (2008). Así también, Hickey y Clements (1998) evaluaron los efectos de las altas concentraciones de metales pesados sobre los macroinvertebrados bentónicos, encontrando que las métricas de composición son mejores indicadores que los índices bióticos en estos casos. En relación a este último punto, en ambas épocas, la composición de macroinvertebrados estuvo dominada por

56

Custodio y Llamas (1996). Tomo 1. Circulación del agua en terrenos permeables de recorrido relativamente corto.



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



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

especies tolerantes como Podonomus sp., Cricotopus sp., Orthoclaadiinae sp. y Limnophora sp., los cuales representaron más del 60% de la abundancia total y serían las que favorecieron una calidad pésima en época seca y mala en época húmeda.

Quebrada Sarallenque

La quebrada Sarallenque (QSara-1) presentó valores de pH de 6,97 (época seca) y 7,79 (época húmeda) y conductividad eléctrica menor a 100 µS/cm en ambas épocas; sin embargo, solo la concentración de hierro en época húmeda excedió los ECA para agua Cat.3 (2008).

Con respecto a los valores de pH registrados por OEFA, en comparación con los reportados por AAQ S.A., se observó que estos valores entre 1996 y 2018 se mantuvieron similares en el tiempo en el punto QSara-1, siendo estos valores menores al valor puntual registrado por Pronaturaleza en época húmeda (marzo 2014) (Figura 8-13).



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

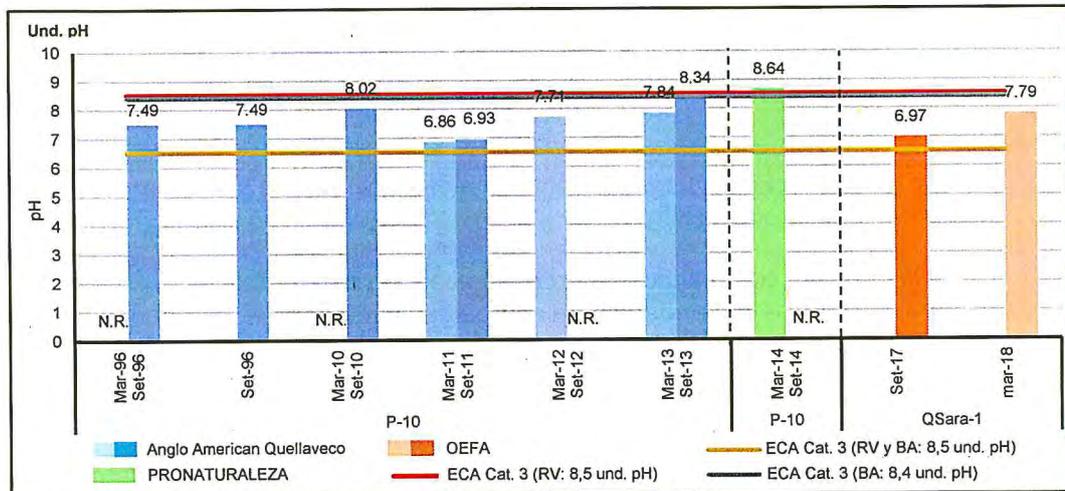


Figura 8-13. Valores de pH registrados entre 1996 y 2018 en la quebrada Sarallenque

El sedimento presentó concentraciones de arsénico y plomo (época seca) que excedieron los valores ISQG y cobre (ambas épocas) que excedieron los valores PEL de la CEQG. Estas condiciones se deberían a la influencia de la granodiorita de la unidad Yarabamba, próxima al pórfido monzonítico mineralizado, la misma que contiene sulfuros (pirita, calcopirita, pirrotita, calcocita y covelita) asociadas a alteraciones potásica y filica.

Adicionalmente, según la litogeoquímica del Ingemmet (2016), este intrusivo presentó concentraciones de arsénico, cobre, plomo, zinc, molibdeno y hierro que excedieron los valores establecidos para la corteza continental (Wedepohl, 1994 y 1995), los mismos que aportan localmente metales hacia el agua y sedimento. De igual modo, la caracterización de materiales (granodiorita y monzonita) realizada por el administrado mediante métodos estáticos, mostraron altas concentraciones de cobre, molibdeno, cadmio, plomo y plata, y en menor proporción, arsénico, cromo y zinc57.

57 Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Quellaveco - Volumen II, Sección 3, aprobado mediante Resolución Directoral N.º 266-2000-EM/DGAA, con fecha 19 de diciembre de 2000.



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

Los manantiales ubicados en la parte media de la quebrada Sarallénque (F-Sara-5, F-Sara-6, F-Sara-7, F-Sara-8⁵⁸, F-Sara-9, M-Sar-12 y M-Sar-13) registraron valores de pH neutros y conductividad eléctrica menores a 100 µS/cm. Las características hidrogeoquímicas corresponden a aguas bicarbonatadas sódicas para seis manantiales y aguas bicarbonatadas sódicas-cálcicas solo para el manantial F-Sara-8, con concentraciones menores a 2 meq/L (diagramas de Piper y Stiff), con aguas casi neutras y bajo contenido de metales disueltos para todos los manantiales, según el diagrama de Ficklin. Cabe resaltar que, los parámetros evaluados en estos manantiales cumplieron referencialmente con los ECA para agua Cat.3 (2008).

En este punto las comunidades hidrobiológicas solo fueron evaluadas en época húmeda. En relación a las microalgas, las diatomeas fueron el grupo dominante, tanto en riqueza como en abundancia. Este grupo de organismos representan un importante componente en los ecosistemas acuáticos dulceacuícolas y se caracterizan por responder rápidamente a los cambios (Tan *et al.*, 2017), sin embargo, en este caso, no estarían siendo afectadas por las concentraciones de hierro en agua y cobre en sedimentos, puesto que sus niveles de abundancia fueron superiores, inclusive, a los puntos ubicados en el río Asana, aguas arriba del tajo y depósito de desmote proyectados (HID-RAsan-1 e HID-RAsan-2). Las especies más abundantes de este punto fueron las diatomeas *Psammothidium* sp.1, *Achnanthydium cf. rivulare* y *Achnanthydium cf. atomus*, las que juntas representaron más del 50% de la abundancia total.

En el caso de macroinvertebrados bentónicos, más del 80% de la abundancia estuvo conformada por *Andesiops* sp. (Baetidae), especie que podría ser considerada facultativa por tener un valor de sensibilidad de 4 en una escala de 1-10 del índice ABI (Ríos-Touma *et al.*, 2014). Esta condición le permitiría adaptarse a la alta concentración de cobre encontrada en sedimento, que fue la mayor reportada en el área de operaciones (1307 mg/kg). Caso contrario se observó, por ejemplo, con *Cailloma* sp. (Hydrobiosidae) que presentó una abundancia muy reducida (<2% de la abundancia total), siendo esta especie considerada sensible con un valor indicador de 8 en la escala del ABI.

Estudios que relacionan al cobre con cambios en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en ríos, fueron desarrollados por Gower *et al.* (1994), Nimmo *et al.* (1996) y Beghelli *et al.* (2016). El reducido número de especies sensibles y la abundancia de especies facultativas serían una respuesta a la concentración de cobre reportada en sedimento, la cual se reflejó en una calidad ecológica moderada en este punto.

• **Río Asana**

En el río Asana, el basamento corresponde a riolitas y lavas andesíticas de la Formación Quellaveco, donde se emplazó el stock de granodiorita, el mismo que almacena al pórfido monzonítico mineralizado. La parte alta del río Asana (aguas arriba del punto RAsan-1) presenta rocas volcánicas posminerales⁵⁹ (Formación Huaylillas y Grupo Barroso) que cubren en discordancia a las unidades antes mencionadas. La parte media (aguas abajo del punto RAsan-1) presenta la falla Quellaveco, paralela a la dirección del curso de agua, acompañada de fallas menores Riedel y tensionales, asociadas a la mineralización de cobre. La parte baja (aguas

⁵⁸ Se resalta que el OEFA ha considerado a dicho punto como agua superficial, ya que, al momento de la evaluación en campo en época húmeda, se verificó que dicho cuerpo de agua tributó a la quebrada Sarallénque.

⁵⁹ Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Quellaveco - Volumen II, Sección 3, aprobado mediante Resolución Directoral N.° 266-2000-EM/DGAA, con fecha 19 de diciembre de 2000.



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a blue arrow pointing up and a vertical list of symbols and characters.



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

abajo del futuro tajo) presenta rocas volcánicas Cretácicas preminerales con influencia de la mineralización de la parte media.

En ambas épocas, el río Asana presentó valores de pH neutro en la mayoría de puntos, excepto en RAsan-3, donde se registraron valores de pH ácido (<4,5); además, los valores de conductividad eléctrica fueron menores a 200 µS/cm en todos los puntos. Las características hidrogeoquímicas corresponden a aguas sulfatadas cálcicas (diagramas de Piper y Stiff), en ambas épocas, con concentraciones menores a 2 meq/L; y según el diagrama de Ficklin, se clasifican como aguas casi neutras con bajo contenido de metales disueltos, excepto en el punto RAsan-3 en época húmeda, cuando fueron caracterizadas como ácidas con bajo contenido de metales disueltos.

Los valores de pH ácido en RAsan-3 en ambas épocas y la concentración de hierro en RAsan-2 en época húmeda, incumplieron los ECA para agua Cat.3 (2008). La condición ácida del punto RAsan-3 se debe al aporte de aguas de pH ácido de la quebrada Millune, las cuales también aportan aluminio y manganeso al río Asana, sin embargo, las concentraciones de estos metales no excedieron los ECA para agua Cat.3 (2008).

El sedimento, en la parte alta del río Asana (aguas arriba del punto RAsan-1), no excedió los valores ISQG o PEL de la CEQG, debido a que está asociado a rocas estériles; sin embargo, aguas abajo de la confluencia de los ríos Altarani y Asana, la concentración de cobre en el punto SED-RAsan-2 excedió el valor ISQG y al pasar por la zona mineralizada (pórfido monzonita) este metal se incrementó en los puntos SED-RAsan-4 y SED-RAsan-5 hasta superar el valor PEL de la CEQG. La presencia de dicho metal en este sector se debería al aporte de carbonatos y sulfuros provenientes de los intrusivos y a la erosión de minerales dispersos y alterados en las laderas hacia el curso principal del río Asana (Figura 8-15). Por otro lado, el pH del sedimento en el punto SED-RAsan-3 fue ácido (época húmeda), mientras que en los demás puntos fueron cercanos a la neutralidad.

En la Figura 8-14, se muestra la sección geológica y la ubicación de los piezómetros (MQ-23, MQ-27 y MQ-39) y manantiales (FQue-1 y M-Alt-01), en la cual se observa la interacción y el comportamiento de los flujos subterráneos.

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

↑
D
A
M
@
J
T
@
S
A
S
A



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

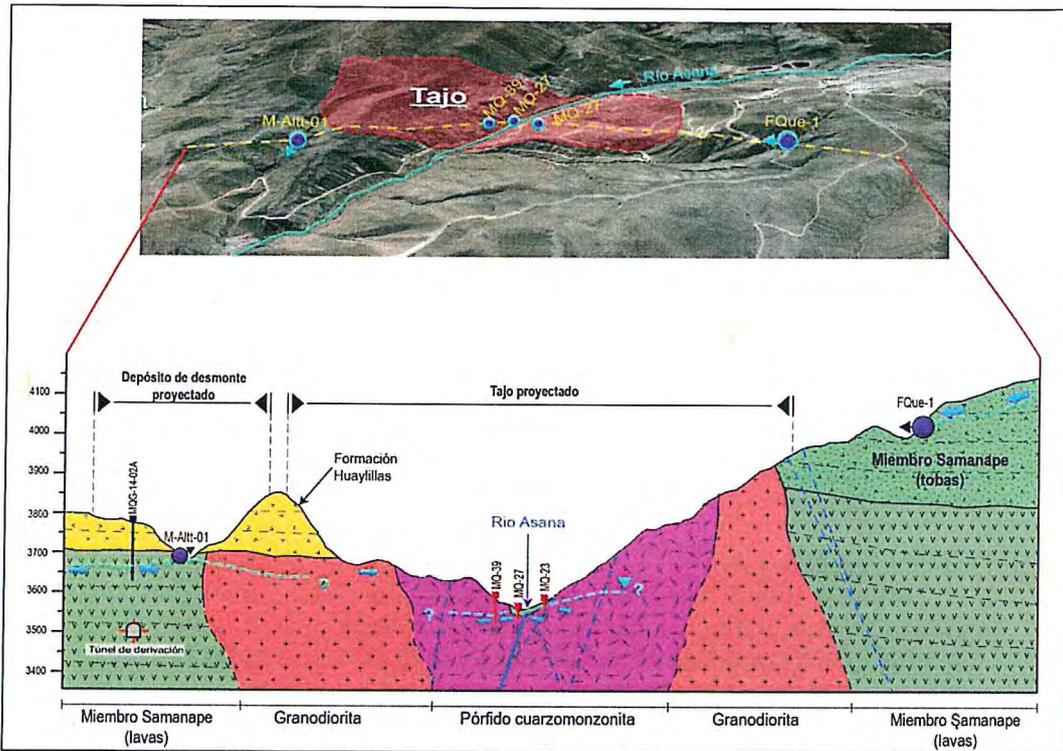


Figura 8-14. Sección geológica transversal del río Asana con respecto a la ubicación de los piezómetros MQ-23, MQ-27 y MQ-39 y de los manantiales FQue-1 y M-Alt-01

Los parámetros evaluados en los manantiales Altaranito (M-Alt-01) y Quellaveco (FQue-1) cumplieron referencialmente con los ECA para agua Cat.3 (2008); además, sus aguas fueron clasificadas como bicarbonatadas cálcicas y sulfatadas cálcicas (diagramas de Piper y Stiff) respectivamente; según el diagrama de Ficklin, estas aguas son casi neutras con bajo contenido de metales disueltos, debido a que corresponden a flujos locales asociados a rocas volcánicas del miembro Samanape.

El piezómetro MQ-27 presenta aguas de pH cercano a la neutralidad y conductividad eléctrica baja (258 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sin embargo, sus concentraciones de cobre y manganeso excedieron referencialmente los ECA para agua Cat.3 (2008); además, sus aguas fueron clasificadas como bicarbonatadas cálcicas (diagramas de Piper y Stiff), y según el diagrama de Ficklin, estas aguas son casi neutras con bajo contenido de metales disueltos.

Los piezómetros MQ-23 y MQ-39 presentaron valores de pH ácido ($<4,2$) y valores de conductividad superiores a 1400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, debido a la interacción de los flujos subterráneos con la zona mineralizada (pórfido monzonita). Adicionalmente, se precisa que las concentraciones de sulfatos, manganeso, cobre y cobalto en ambos puntos excedieron los ECA para agua Cat.3 (2008), mientras que las concentraciones de aluminio, cadmio, hierro y zinc solo lo excedieron en el punto MQ-39. Las aguas de ambos piezómetros se clasifican como sulfatadas cálcicas (diagramas de Piper y Stiff), y según el diagrama de Ficklin, como aguas casi neutras con bajo contenido de metales disueltos (MQ-23) y aguas ácidas con alto contenido de metales disueltos (MQ-39).

En época húmeda, la disminución de riqueza y abundancia de perifiton en el río Asana desde el punto HID-RAsan-2 al HID-RAsan-3, se debería al aporte de aguas ácidas y con altas concentraciones de metales de la quebrada Millune (HID-QMillu-1). El punto





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

HID-RAsan-3, al encontrarse en la zona de mezcla, presentó características fisicoquímicas muy similares a las de la quebrada Millune, condición que ya ha sido discutida para esta quebrada. En los puntos ubicados aguas abajo del futuro tajo y depósito de desmonte (HID-RAsan-4 e HID-RAsan-5) dominaron las cianobacterias; las cuales conformaron más del 50 % de abundancia y estuvieron representados por los géneros *Dichothrix*, *Tapinothrix* y *Pseudanabaena*.

Con respecto a los macroinvertebrados bentónicos, la respuesta al aporte de las aguas ácidas de la quebrada Millune se evidenció en una reducción de la riqueza y abundancia desde el punto HID-RAsan-2 al HID-RAsan-3 en ambas épocas, además de una reducción de la calidad ecológica (de moderada a mala en época seca y de buena a moderada en época húmeda). En la época seca, se observó que la especie tolerante *Pentaneura* sp. (Chironomidae) representó más del 70 % de la abundancia, mientras que en la época húmeda la especie facultativa *Andesiops* sp. representó más del 60 %. Aguas abajo del punto HID-RAsan-3 se encuentra el área más activa de construcción.

En el mismo curso del río Asana, aguas abajo del futuro tajo y depósito de desmonte (HID-RAsan-4 e HID-RAsan-5), se encontró una calidad ecológica mala en ambas épocas, la que estaría relacionada a las actuales actividades de construcción, sumadas a las características hidromorfológicas observadas en este sector. Las actividades de construcción cercanas a cuerpos de agua están relacionadas a la generación de importantes cargas de sedimentos, los cuales como elementos suspendidos sedimentan río abajo. Altos niveles de sedimento fino pueden alterar significativamente el desarrollo de macroinvertebrados bentónicos (Harrison *et al.*, 2007), favoreciendo el desarrollo de algunos grupos (p. ej. especies tolerantes) a expensas de otros (Hynes, 1970; Waters, 1995; Wood y Armitage, 1997), respuesta que en mayor o menor grado fue observada en el río Asana, aguas abajo de la actual zona de construcción.

De acuerdo con Wood y Armitage (1997) los sedimentos finos pueden afectar a los macroinvertebrados de cuatro formas diferentes: (1) alterando la composición del sustrato y cambiando su idoneidad para el establecimiento de ciertos grupos, (2) aumentando la deriva como resultado de la deposición de sedimentos o la inestabilidad del sustrato, (3) afectando las estructuras respiratorias que dificultan la captación de oxígeno; y (4) afectando las actividades de alimentación reduciendo el valor alimenticio del perifiton y la densidad de los elementos de presa.

En relación a los peces, se realizó esfuerzo de pesca tanto aguas arriba (HID-RAsan-1) como aguas abajo (HID-RAsan-4 e HID-RAsan-5) del futuro tajo y depósito de desmonte; sin embargo, solo se capturaron truchas en los puntos HID-RAsan-1 e HID-RAsan-5, coincidentemente los puntos que presentaron una calidad ecológica buena. Estos peces presentaron signos de buena salud, pues no tuvieron lesiones visibles ni parásitos externos; adicionalmente, los individuos colectados para análisis de metales en tejido muscular, no presentaron concentraciones de metales que excedieran los estándares nacionales e internacionales. De forma similar, AAQ S.A. realizó capturas de truchas a lo largo del río Asana (AS-1, P-11 y P-12) en las cuales no se encontraron concentraciones detectables de arsénico, cadmio, mercurio y plomo⁶⁰.



Handwritten notes and symbols: an upward arrow, the letter 'D', a triangle with '2' inside, a circle with 'E', a downward arrow, a circle with '2', the letter 'C', the number '5', and a downward arrow.

⁶⁰ Informe Técnico Sustentatorio para la optimización de componentes auxiliares del área de mina del proyecto Quellaveco, aprobado mediante Resolución Directoral N.º 087-2017-SENACE/DCA, con fecha 31 de marzo de 2017.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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



Figura 8-15. Evolución histórica de las actividades que se vienen desarrollando en el área de operaciones – río Asana (2009-2018)

• **Río Charaque**

El río Charaque (RChara-4, RChara-1, RChara-5, RChara-2 y RChara-3) presentó valores de pH cercanos a la neutralidad y conductividad eléctrica menor a 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en ambas épocas; además, todos los parámetros evaluados cumplieron con los ECA para agua Cat.3 (2008).

En época húmeda, sus aguas, luego de recibir el aporte del tributario sin nombre (Q.Tr.Chara-1) cambiaron de bicarbonatadas cálcicas-sódicas a bicarbonatadas sódicas-cálcicas, recuperando su condición hidroquímica inicial en la parte baja de este río, antes de su confluencia con el río Asana (diagramas de Piper y Stiff); mientras que, en la época seca, todos los puntos evaluados en el río, mantuvieron su condición de bicarbonatada cálcica (<2 meq/L en todos los puntos). Además, según el diagrama de Ficklin, las aguas de este río son clasificadas como casi neutras con bajo contenido de metales disueltos.



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

Los parámetros evaluados en el tributario del río Charaque (Q.Tr.Chara-1), en época húmeda, cumplieron con los ECA para agua Cat.3 (2008), presentando 7,36 de pH y conductividad eléctrica de 228 µS/cm. Es necesario precisar que las concentraciones de cobre en este tributario fueron mayores con respecto a otros puntos ubicados en este sector (Figura 8-16). Las características hidrogeoquímicas corresponden a aguas sulfatadas cálcicas (<2 meq/L) (diagramas de Piper y Stiff) y según el diagrama de Ficklin, clasifica sus aguas como casi neutras con baja carga de metales disueltos.



A
D
D
M
@
J
↓
@
ca
s
M
Y
↓

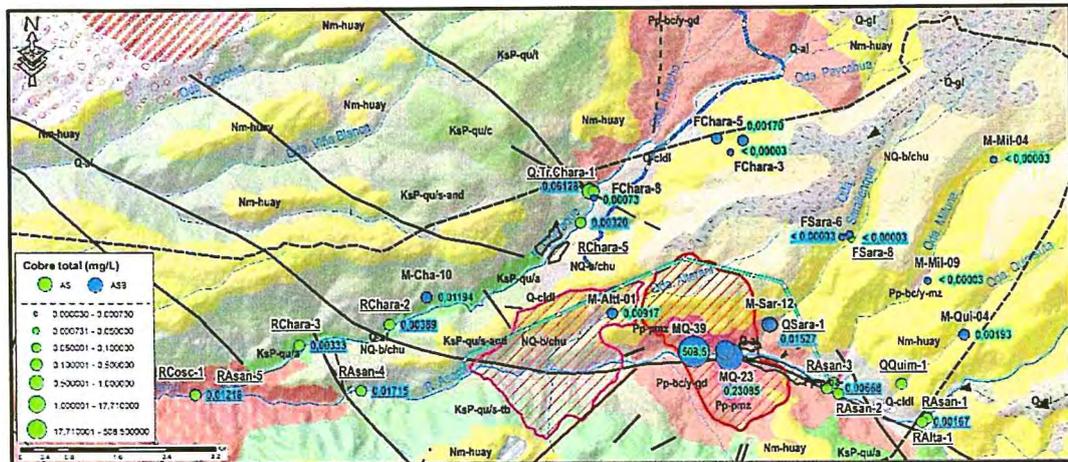


Figura 8-16. Concentraciones de cobre en agua superficial y subterránea de la subzona 1 de la zona I

En sedimento, todos los puntos del río Charaque presentaron valores de pH entre 6,94 y 7,29 y concentraciones de cobre que excedieron los valores ISQG del CEQG en época húmeda, mientras que, en época seca, las concentraciones de este metal en todos los puntos fueron inferiores al límite de cuantificación del método de análisis. Adicionalmente, en el tributario sin nombre del río Charaque (SED-Q.Tr.Chara-1) se registraron concentraciones de cobre y cadmio que excedieron los valores ISQG.

La mayor concentración de cobre en el tributario sin nombre del río Charaque (Q.Tr.Chara-1) se debería a la presencia de la granodiorita de la unidad Yarabamba que aflora desde la quebrada Huacho hasta el puente Cuajone-Quellaveco. Este intrusivo presenta abundantes venillas stockwork relleno con piritita y óxidos de hierro, asociados a fallas locales (*riedel*) que forman parte de la falla Quellaveco. Adicionalmente, en el tributario del río Charaque (Q.Tr.Chara-1) se han identificado estructuras y zonas de alteración con precipitados de sulfatos producto de la presencia de sulfuros (Figura 8-17), que se evidencia en la concentración alta de sulfatos en agua superficial (74,54 mg/L).



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»

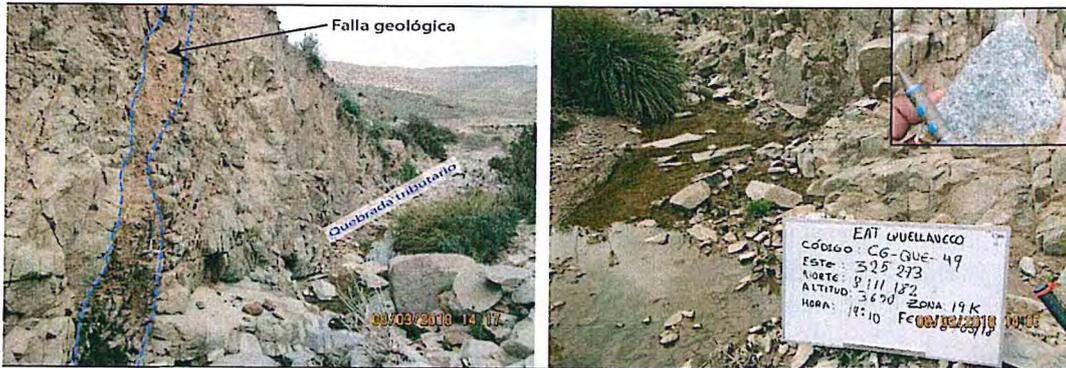


Figura 8-17. Afloramiento de granodiorita asociada a estructuras y precipitados de sulfatos en la quebrada tributario del río Charaque



D
S
4
@
J
↓
@
Ca
S
M
↓

Los manantiales ubicados en la margen izquierda del río Charaque (FChara-1, FChara-3, FChara-5 y FChara-8) cumplieron con los ECA para agua Cat.3 (2008), presentando valores de pH entre 7,58 y 7,97 y de conductividad eléctrica menores a 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Las características hidrogeoquímicas corresponden a aguas bicarbonatadas sódicas con concentraciones menores a 2 meq/L (diagramas de Piper y Stiff). Adicionalmente, el manantial M-Cha-10 presentó las mismas características de pH y conductividad eléctrica, sin embargo, la concentración de sulfuros excedió los ECA para agua Cat.3 (2008). Asimismo, sus características hidrogeoquímicas difieren del resto de manantiales al corresponder a aguas bicarbonatadas cálcicas con concentraciones menores a 2 meq/L (diagramas de Piper y Stiff). Según el diagrama de Ficklin, las aguas de todos los manantiales clasifican como casi neutras con bajo contenido de metales disueltos.

Los manantiales ubicados en la margen derecha de la parte media del río Charaque (FChara-1, FChara-3, FChara-5 y FChara-8) corresponden a flujos de circulación local, asociadas a tobas de líticos de la Formación Huaylillas y lavas del Grupo Barroso, además, estas secuencias volcánicas cubren a la granodiorita Yarabamba y a secuencias volcánicas del Miembro Samanape. En la parte baja del río Charaque se ubica el manantial M-Cha-10 asociado al contacto litológico de las secuencias masivas de riolitas del Miembro Asana, cubierto por andesitas y latianandesitas del Miembro Samanape. Asimismo, presenta fallas y lineamientos de dirección NO-SE que cortan casi perpendicularmente al curso del río, los mismos que provocaron moderado fracturamiento y alteración en las rocas.

Con relación a las comunidades hidrobiológicas, los cambios fueron mejor observados en época húmeda, en la cual se evaluó un mayor número de puntos. En esta época, las microalgas presentaron un incremento progresivo de la riqueza y abundancia desde la parte alta hacia la parte baja de río Charaque; por otra parte, los macroinvertebrados bentónicos también tuvieron un incremento similar, aunque solo a nivel de riqueza, pues la abundancia decayó ligeramente en la parte baja.

Los registros de perifiton a lo largo del río mostraron una mayor similitud en lo que a composición de especies se refiere, resultados que se reflejaron en el análisis de agrupamiento, donde las diatomeas *Planothidium* sp., *Nitzschia gracilis*, *Encyonema* cf. *minutiforme*, *Halumphora* cf. *coffeaeformis* y *Surirella minuta* fueron comunes a los cuatro puntos evaluados. El dominio de las diatomeas es común en los ensamblajes perifíticos (Montoya y Aguirre, 2013). Estos resultados son similares a los reportados



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

por AAQ S.A. durante los años 2013 y 2014⁶¹, donde las diatomeas dominaron en ambas épocas en un punto de muestreo próximo a HID-RChar-2 (CH-3).

En época húmeda, la calidad ecológica del río Charaque fue moderada en todos los puntos, sustentada en niveles de riqueza similares para todos los puntos y la presencia de especies sensibles como *Meridialaris* sp. (Leptophlebiidae) y *Cailloma* sp. (Hydrobiosidae). Este nivel de calidad ecológica sería consecuencia de una aparente uniformidad de las condiciones hidromorfológicas a lo largo del río Charaque, pues a diferencia del río Asana, no se observaron cambios significativos en el entorno, a excepción de una carretera y áreas de cultivo.

En relación a la estimación del estado ecológico por parte AAQ S.A., ellos reportaron una calidad ecológica buena según el índice IMEERA en monitoreos desarrollados el 2013 y 2014⁶¹. Teniendo en cuenta que los resultados de calidad de agua y sedimento tampoco registraron importantes variaciones a lo largo del río, las concentraciones de cobre en sedimento tendrían una influencia mínima sobre el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.

En este cuerpo de agua se realizó esfuerzo de colecta para peces mediante pesca eléctrica en época húmeda, sin embargo, solo se registraron algunas ranas acuáticas (*Telmatobius* sp.). Estos ejemplares fueron registrados en la parte alta (HID-RChara-4) y en las proximidades del anexo de Tala (HID-RChara-2 e HID-RChara-3). Las características de estos ambientes que estarían favoreciendo el desarrollo de estos anfibios serían aguas transparentes, flujo lento, bajo caudal y abundancia de pozas. Las ranas, una vez caracterizadas, fueron devueltas al río (Figura 8-18).

Las ranas encontradas no pudieron ser identificadas a nivel de especie, sin embargo, está documentado que el género *Telmatobius* está restringido a los andes centrales y registra su mayor diversidad en Perú y Bolivia (Catenazzi *et al.*, 2013). Estudios realizados con la rana gigante (*Telmatobius macrostomus*) han mostrado ocurrencia de esta especie en zonas con métricas de macroinvertebrados bentónicos de buena calidad de agua, pH ligeramente básico y conductividad eléctrica (CE) relativamente elevada (Watson *et al.*, 2017).



Figura 8-18. Ejemplares de rana acuática (*Telmatobius* sp.) como a) renacuajos y b) adulto, registrados en el río Charaque (HID-RChara-4)



A
D
D
y
e
f
↓
@
cu
s
M
A
T

⁶¹ Cuarta modificación del Estudio de Impacto Ambiental «Ampliación de la capacidad de la planta concentradora de 85 000 a 127 500 TPD» del Proyecto Quellaveco de Anglo American Quellaveco S.A., aprobado mediante Resolución Directoral N.º 339-2015-MEM/DGAAM, con fecha 28 de agosto de 2015.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

B. Subzona 2: Coscori-Tumilaca

En esta subzona fueron evaluados los componentes agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas, además de realizarse la caracterización geológica. La importancia de la evaluación de esta subzona se debe a que se encuentra aguas abajo de los ríos Asana y Charaque, asimismo, la planta concentradora se ubicará en la parte alta de la quebrada Papujune (Figura 8-19).

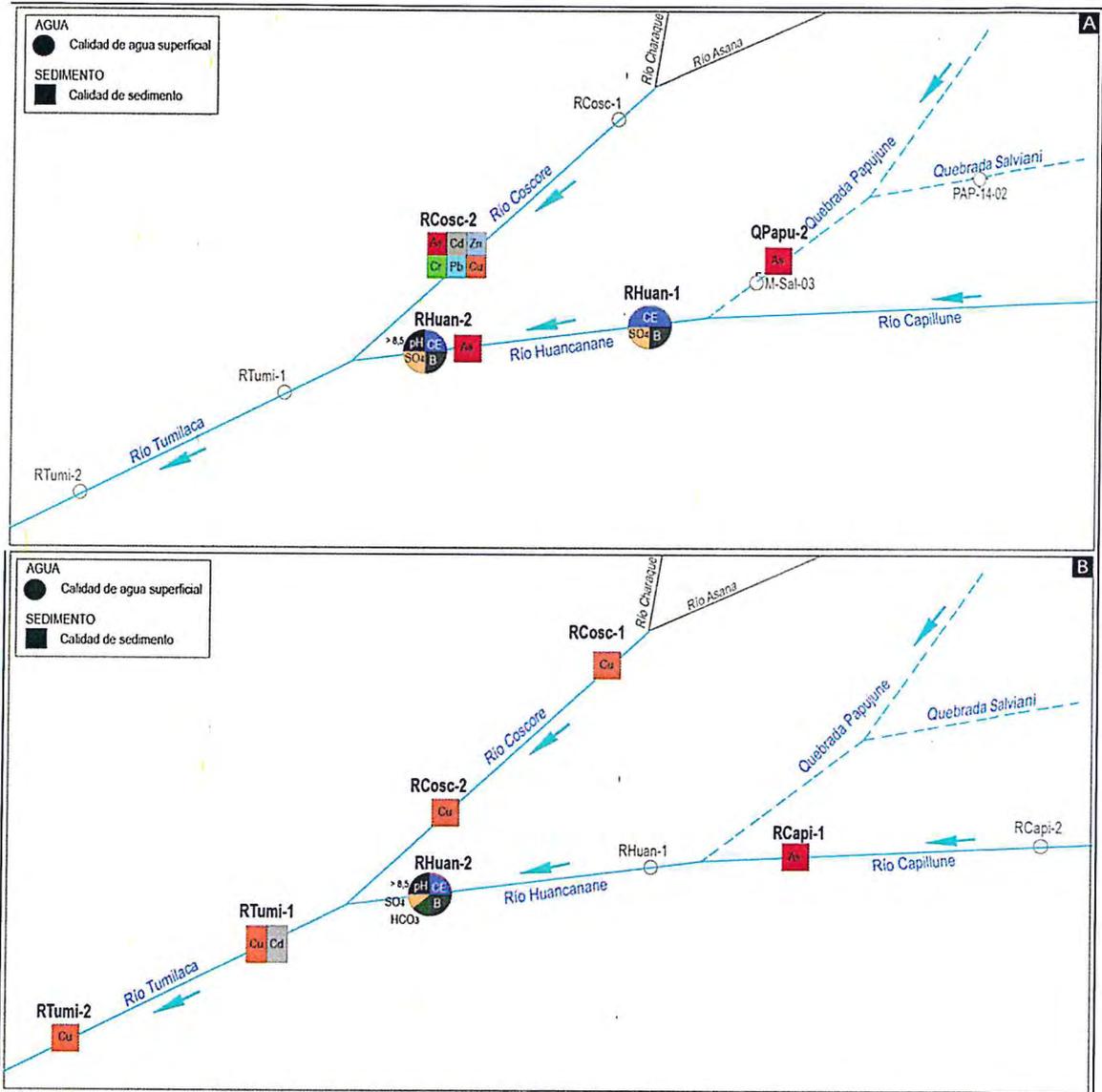


Figura 8-19. Parámetros que incumplieron algún estándar de comparación en épocas a) seca y b) húmeda para los puntos de la subzona 2 de la zona I

• Ríos Capillune y Huancanane

El contexto geológico de este sector corresponde principalmente a rocas intrusivas y volcánicas (Figura L-L). En el río Capillune y la quebrada Salviani afloran monzonitas de la Unidad Yarabamba (Pp-bc/y-mz), constituido por feldespatos potásico, xenolitos de diorita y cúmulos de hornblenda, además presenta abundantes costras de carbonatos en las fracturas. La parte media de esta subzona presenta rocas volcánicas de la Formación Quellaveco-miembros Carpanito (KsP-qu/c) y Yarito



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

(KsP-qu/y), constituidos por lavas andesíticas y riolitas respectivamente, asimismo en este sector se observan fallas de dirección N-S asociados al emplazamiento de las rocas intrusivas. Finalmente, en el curso del río Huancanane afloran dioritas (Pp-bc/y-di) - pequeños pulsos de monzonita-, los mismos que continúan hasta el río Tumilaca.

El río Capillune presentó un incremento en sus valores de pH (de 7,95 a 8,09) y de conductividad eléctrica (de 102,3 a 292 $\mu\text{S/cm}$), además de otros parámetros como sulfatos, cloruros, bicarbonatos, sólidos totales disueltos y algunos metales como boro, litio, entre otros, desde su parte alta (RCapi-2) hacia su parte baja (RCapi-1); estos parámetros no excedieron los ECA para agua Cat.3 (2008) en época húmeda. Este río recibe el aporte de la quebrada Papujune y cambia su denominación a río Huancanane, el cual presentó incrementos en sus valores de pH (de 8,3 a 8,45), conductividad eléctrica (de 1031 a 2050 $\mu\text{S/cm}$), sulfatos, boro y carbonatos, hasta incumplir con los ECA para agua Cat.3 (2008) en su parte más baja (RHuan-2) en la época húmeda.

En época seca, el río Huancanane tuvo un comportamiento similar en lo referente a los incrementos de los valores de sus parámetros evaluados desde la parte alta (RHuan-1) hacia la parte baja (RHuan-2); mostrando valores de pH, conductividad eléctrica, sulfatos y boro que incumplieron los ECA para agua Cat.3 (2008) en su parte baja. A diferencia de la época húmeda, en esta época se encontraron valores de conductividad eléctrica, sulfatos y boro que incumplieron los ECA para agua Cat.3 (2008) en su parte alta.

Las características hidrogeoquímicas en el punto RCapi-1 del río Capillune cambió de bicarbonatadas cálcicas-sódicas a cloruradas-sulfatadas sódicas, en relación al punto RCapi-2, en época húmeda; además, solo el punto RCapi-1 presentó la misma facie en época seca. Asimismo, el río Huancanane, en ambas épocas, también presentó aguas cloruradas-sulfatadas sódicas, condición que se mantiene desde la parte baja del río Capillune (RCapi-1), mostrando concentraciones de elementos disueltos entre 5 y 20 meq/L. Finalmente, todos los puntos antes mencionados, según el diagrama de Ficklin, corresponden a aguas casi neutras con bajo contenido de metales disueltos. Estos cambios se deberían a aguas de origen magmático y volcánico y de circulación regional (Custodio y Llamas, 1996), asociadas al control estructural de fallas y rocas ígneas de carácter félsica. Adicionalmente, puede observarse la variación del arsénico disuelto en la microcuenca, el cual presenta una tendencia similar al boro y litio, metales que presentaron concentraciones elevadas (Figura 8-20).



Handwritten notes and symbols in blue ink, including an upward arrow, a circle with a dot, a circle with a slash, a circle with a plus, a circle with a cross, a circle with a star, and a circle with a triangle.



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

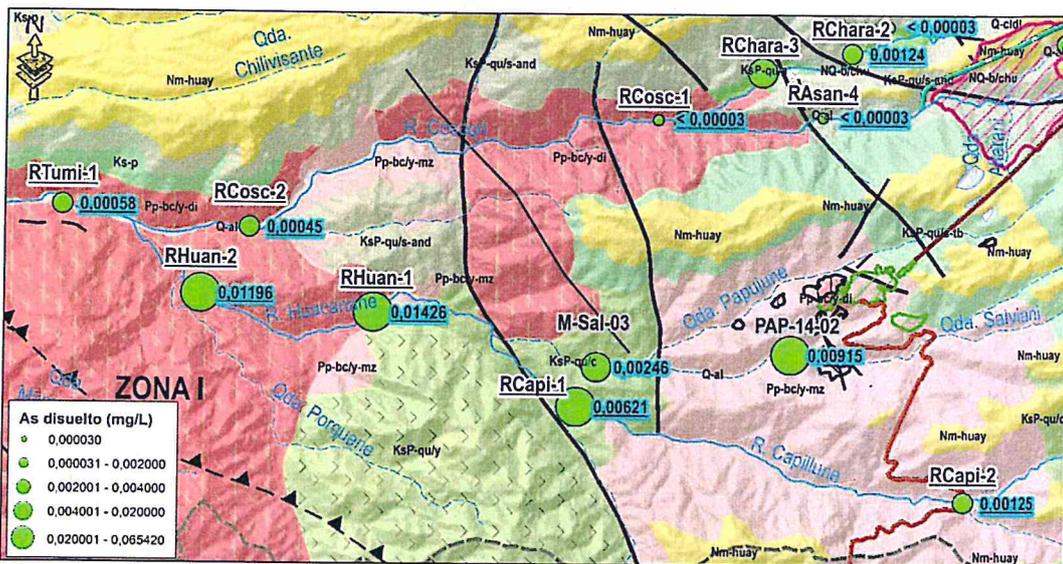


Figura 8-20. Variación de las concentraciones de arsénico disuelto en agua superficial y subterránea del río Capillune y Huancane

Con respecto a los valores de pH registrados por OEFA, en comparación con los reportados por AAQ S.A. y Pronaturaleza, se observó que estos, entre 2010 y 2018, se mantuvieron similares en el tiempo con características básicas en el punto RHuan-2, a excepción del valor de pH reportado por AAQ S.A. en el monitoreo de 1999, el cual fue menor (Figura 8-21).

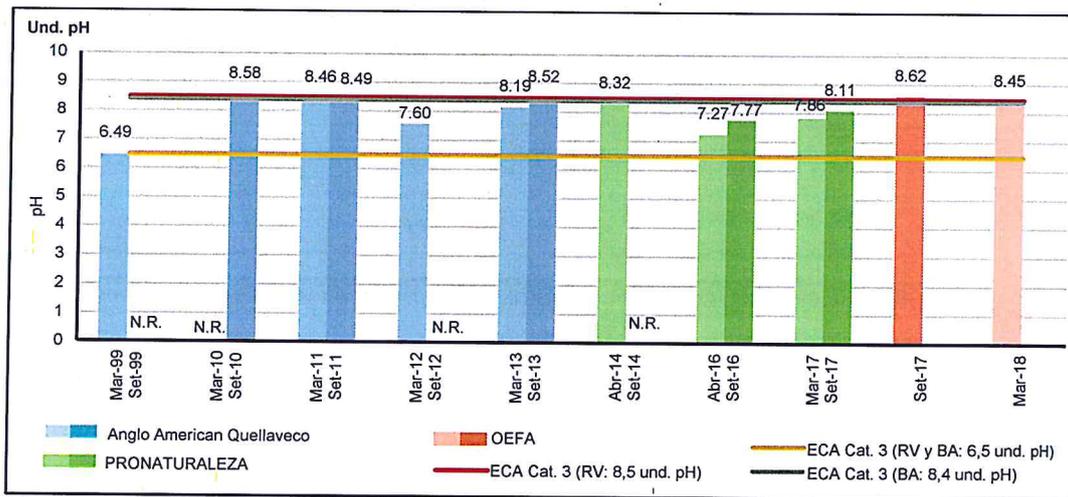


Figura 8-21. Valores de pH registrados en el río Huancane entre 1999 y 2018

Nota: las barras rellenas de colores claros corresponden a la evaluación en época húmeda y los oscuros a la época seca

De igual modo, los valores de conductividad eléctrica y sulfatos se mantuvieron similares entre 2010 y 2017, en época seca; sin embargo, en lo que respecta a época húmeda, los resultados fueron variables (Figuras 8-22 y 8-23).



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a large arrow pointing up and various symbols.



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

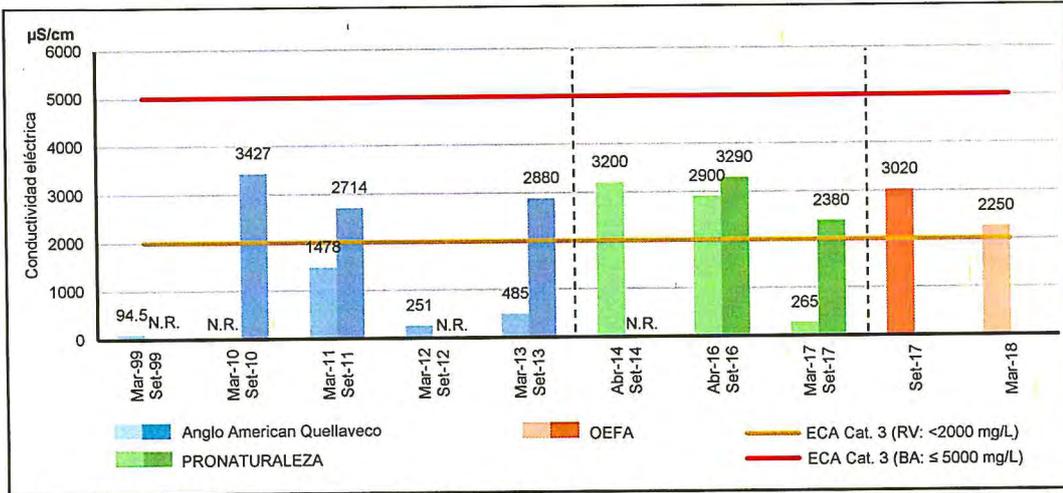


Figura 8-22. Valores de conductividad eléctrica registrados en el río Huancané entre 1999 y 2018

Nota: las barras rellenas de colores claros corresponden a la evaluación en época húmeda y los oscuros a la época seca

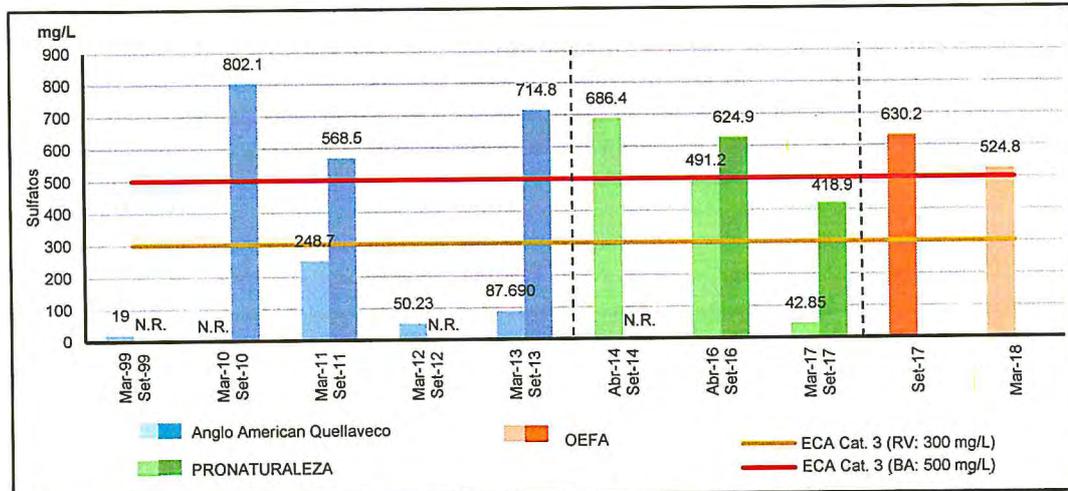


Figura 8-23. Concentraciones de sulfatos registradas en el río Huancané entre 1999 y 2018

Así también, las concentraciones de boro se mantuvieron similares entre 2011 y 2017, en época seca; sin embargo, en lo que respecta a época húmeda, los resultados fueron variables (Figura 8-24).



Handwritten signature and vertical text: A M S @



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

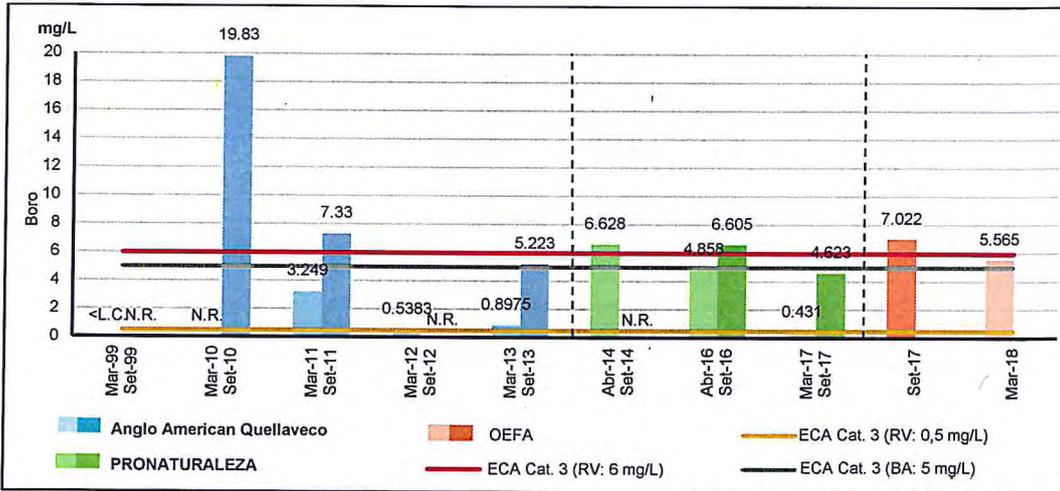


Figura 8-24. Concentraciones de boro registradas entre 1999 y 2018 en el río Huancané

En el sedimento, durante la época seca, las concentraciones de arsénico disminuyen en la parte baja del río Huancané con respecto a sus aportantes (quebrada Capillune y río Papujune), las mismas que excedieron el valor ISQG de la CEQG; mientras que en época húmeda este río mantuvo concentraciones similares de este metal sin exceder el valor estándar mencionado. Las concentraciones encontradas de este metal estarían relacionadas a a la desorción en condiciones alcalinas del agua.

En el piezómetro PAP-14-02 se registraron valores de 7,66 de pH y 332 µS/cm de conductividad eléctrica, todos los parámetros evaluados en este punto no excedieron los ECA para agua Cat.3 (2008). Sus características hidrogeoquímicas fueron aguas bicarbonatadas cálcicas (diagramas de Piper y Stiff) y, según el diagrama Ficklin sus aguas se clasifican como casi neutras con bajo contenido de metales disueltos.

En el manantial M-Sal-03⁶² se registraron valores de 6,71 de pH y 1994 µS/cm de conductividad eléctrica; valores que junto con los otros parámetros evaluados no excedieron los ECA para agua Cat.3 (2008). Las características hidrogeoquímicas de este manantial corresponden a aguas cloruradas sódicas, y según el diagrama Ficklin sus aguas son casi neutras con bajo contenido de metales disueltos. Cabe precisar, que este manantial presentó similares características hidroquímicas y fisicoquímicas en la época seca de ambos años.

En relación a las comunidades hidrobiológicas, los valores de pH básico, conductividad eléctrica, carbonatos, sulfatos y boro en agua y arsénico en sedimento en el río Capillune-Huancané, no parecen haber restringido el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas. Es así que, tanto las microalgas como los macroinvertebrados bentónicos presentaron importantes niveles de desarrollo en este río donde se observó un incremento notable de riqueza de microalgas y macroinvertebrados desde la parte alta (HID-RCapi-2) hasta la parte baja (HID-RHuan-2) en época húmeda, llegándose inclusive a encontrar ranas acuáticas (HID-RCapi-2, HID-RHuan-1 e HID-RHuan-2).

En el caso de las microalgas se observó dominancia de las diatomeas, grupo considerado buen indicador de calidad de agua y que además representa un importante componente de los ecosistemas dulceacuícolas (Tan *et al.*, 2017). De las



Vertical handwritten text: D, A, y, @, L, @, a, M, A



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

diatomeas encontradas, los géneros *Achnantheidium*, *Planothidium*, *Navicula* y *Nupela* fueron los más abundantes en la parte baja (HID-RHuan-1 e HID-RHuan-2), donde mostraron tolerancia a condiciones de pH básico (8,3-8,45) y altos valores de conductividad eléctrica (1030-2250 μ S/cm), carbonatos (<14,2 mg/L), sulfatos (166,8-524,8 mg/L) y boro (2,657-5,565 mg/L). La dominancia de diatomeas también ha sido observada en monitoreos desarrollados por el administrado en los años 2013 y 2014⁶³.

Los macroinvertebrados bentónicos mostraron una mayor riqueza en la parte baja del río Capillune-Huancanane (HID-RHuan-1 e HID-RHuan-2), encontrándose en él un importante número de especies facultativas de las familias Aeshnidae, Baetidae, Hydroptilidae, Elmidae, Simuliidae y Tipulidae que representaron al menos el 50% de la riqueza total. La presencia de estos organismos propició el establecimiento de una calidad ecológica moderada (HID-RHuan-1) a buena (HID-RHuan-2) en la parte baja del río. En el punto CAP-3, ubicado en las cercanías de HID-RHuan-2, el administrado también reportó un estado ecológico bueno en el 2013, aunque con la base metodológica del índice multimétrico IMEERA⁶³.

En este río se registraron ranas acuáticas (*Telmatobius* sp.) en los puntos HID-RCapi-2, HID-RHuan-1 e HID-RHuan-2, mediante equipo de pesca eléctrica; y sapos (*Rhinella spinulosa*) en el punto HID-RHuan-2, mediante colecta manual (Figura 8-25). Los cuerpos de agua donde fueron encontrados estos anfibios presentaron un flujo lento, bajo caudal y gran número de pozas. De forma similar como ocurrió con los ejemplares de rana acuática del río Charaque, estas ranas tampoco se identificaron a nivel de especie.

Otro aspecto resaltante tiene que ver con el amplio rango de condiciones de calidad de agua en las cuales fueron reportadas estas ranas (temperatura: 15,1-22,1 °C; pH: 7,95-8,45; CE: 102,3-2250 μ S/cm, entre otros), condiciones que no serían determinantes, pues ranas de este mismo género también han sido encontradas en manantiales salinos de los andes chilenos, cuyas aguas presentaron valores de conductividad eléctrica entre 2800 y 9040 μ S/cm (Lobos *et al.*, 2018). El otro anfibio encontrado, el sapo verrugoso, tiene como hábitat lugares cercanos a cuerpos de agua (Vargas, 2015), es decir, no es una especie que desarrolla su vida en el agua, tal como se pudo observar *in situ*.



Handwritten notes in blue ink: an arrow pointing up, the letter 'D', a checkmark, the number '4', a circled 'e', a checkmark, a checkmark, a checkmark, and the letters 'ch', 's', 'u', 'a'.

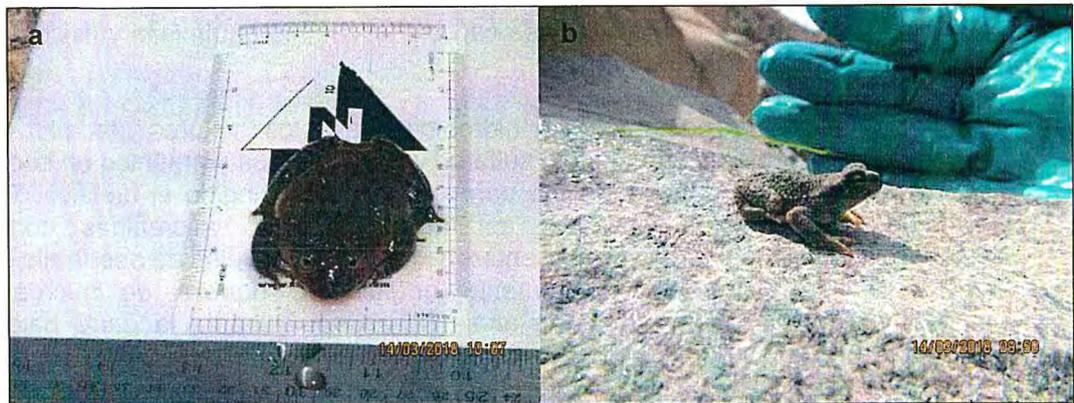


Figura 8-25. Ejemplares de a) rana acuática (*Telmatobius* sp.) adulto, y b) sapo verrugoso (*Rhinella spinulosa*) juvenil, registrados en el río Capillune y Huancanane

⁶³ Cuarta modificatoria del Estudio de Impacto Ambiental – Ampliación de la Planta Concentradora de 85 000 a 127 500 tpd. Aprobado mediante la Resolución Directoral N° 339-2015-MEM/DGAAM el 28 de agosto de 2015.



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

• **Río Coscori-Tumilaca**

Las características geológicas del río Coscori-Tumilaca corresponden principalmente a rocas intrusivas, y en menor proporción, en la parte baja, se presentan afloramientos de rocas volcánicas de la Formación Paralauque (Ks-p) y rocas sedimentarias de la Formación Moquegua. La diorita aflora entre los anexos de Tala y Pocata, el mismo, que alrededor del anexo de Coscori, fue intruida por un stock de monzonita, además, en el sector de Palomar se observaron afloramientos de diorita y estructuras asociadas a la falla Micalaco. Por último, la parte baja presenta tobas de cristales y niveles de lutitas con costras de carbonatos en las fracturas.

El río Coscori (RCosc-1 y RCosc-2) luego de recibir el aporte del río Huancanane, cambia su nombre a Tumilaca (RTumi-1 y RTumi-2); todos los parámetros evaluados en estos puntos cumplieron con los ECA para agua Cat.3 (2008). Las características hidrogeoquímicas son sulfatadas cálcicas con concentraciones de elementos disueltos menores a 2 meq/L (diagramas de Piper y Stiff) y, según el diagrama de Ficklin, se clasifican como aguas casi neutras con bajo contenido de metales disueltos.

En sedimento, durante la época húmeda, se registraron concentraciones de cobre en todos los puntos del río Coscori-Tumilaca (SED-RCosc-1, SED-RCosc-2, SED-RTumi-1 y SED-RTumi-2) y de cadmio solo en SED-RTumi-1, que excedieron los valores ISQG de la CEQG. Durante la época seca, solo en el punto SED-RCosc-2 se registró concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc que excedieron los valores ISQG de la CEQG y de cromo que excedió el valor PEL de la misma norma.

En relación a las comunidades hidrobiológicas, la riqueza y abundancia de microalgas y macroinvertebrados bentónicos mantuvieron niveles similares a lo largo del río. En el caso de las microalgas fue notable la dominancia de diatomeas en ambas épocas, tal como se ha visto en todos los puntos ubicados en la zona I; resultados similares han sido reportados por AAQ S.A. en sus puntos de muestreo (COS-1, COS-2, TUM-1 y TUM-2) en los años 2013 y 2014⁶⁴.

Los macroinvertebrados bentónicos, por su parte, mostraron una abundancia superior al 75% de especies facultativas como *Andesiops* sp. (HID-RCosc-1, HID-RCosc-2 e HID-RTumi-1) y *Simulium* sp. (HID-RTumi-2), además, de una mayor diversidad especies sensibles (*Claudioperla* sp., *Meridialaris* sp. y *Cailloma* sp.) en la parte alta del río Coscori-Tumilaca (HID-RCosc-1 e HID-RCosc-2) en época húmeda. La dominancia de especies facultativas reflejaría una calidad ecológica moderada en gran parte del curso del río (HID-RCosc-1, HID-RTumi-1 e HID-RTumi-2), encontrándose sólo calidad buena en el punto ubicado aguas arriba de la confluencia con el río Huancanane (HID-RCosc-2), donde se encontró un mayor número de especies sensibles. En los monitoreos desarrollados por AAQ S.A. a lo largo del río Coscori-Tumilaca (COS-1, COS-2, TUM-1 y TUM-2) el 2013 y 2014, se reportó un estado ecológico bueno a muy bueno según el índice multimétrico IMEERA, encontrándose una mejor calidad en la parte baja (TUM-2) en ambas épocas⁶⁴.

En el punto ubicado en la parte alta del río Coscori (HID-RCosc-1), formado por la confluencia de los ríos Asana y Charaque, se capturó una trucha, no pudiéndose emplear para el análisis de metales en tejido muscular en peces por no llegar al peso mínimo requerido por el laboratorio. Pese a que las condiciones fisicoquímicas en este punto fueron similares a las del río Asana (HID-RASan-5), lugar donde se capturaron



Handwritten notes and arrows on the left margin, including an upward arrow, a checkmark, and the letters 'A', 'M', 'S', 'M', 'L'.

64

Cuarta modificación del Estudio de Impacto Ambiental «Ampliación de la capacidad de la planta concentradora de 85 000 a 127 500 TPD» del Proyecto Quellaveco de Anglo American Quellaveco S.A., aprobado mediante Resolución Directoral N.º 339-2015-MEM/DGAAM, con fecha 28 de agosto de 2015.



más peces, la colecta de un solo pez se debería a un mayor caudal, que limitó el esfuerzo de pesca solo a las pozas de la orilla derecha del río Coscori. En la parte baja de este río (HID-RCosc-2) no se capturó ningún pez, debido a las mismas razones explicadas para la parte alta de este río.

En el punto ubicado en la parte baja del río Coscori-Tumilaca (HID-RTumi-2), la cual representa el sector más extenso del valle agrícola, se capturaron hasta tres especies de bagre (*Trichomycterus* aff. *punctulatus*, *Trichomycterus rivulatus* y *Trichomycterus* sp.) y una de pejerrey (*Basilichthys semotilus*). Estos peces presentaron signos de buena salud, pues no tuvieron lesiones visibles ni parásitos externos, sin embargo, no pudieron emplearse para el análisis de metales en tejido muscular por tener un peso inferior a los 50 g. En esta misma zona, en 2013 y 2014, el administrado consiguió capturar solo dos especies: pejerrey (*Basilichthys cf. semotilus*) y bagre (*Trichomycterus punctulatus*)⁶⁵; luego en posteriores monitoreos, confirmó los mismos registros de pejerrey (*Basilichthys semotilus*) y bagre (*Trichomycterus punctulatus*) para la zona baja del área de operaciones del PM Quellaveco⁶⁵.

El género *Trichomycterus* tiene hasta aproximadamente 130 especies y un número importante de nuevas especies descritas anualmente (Castellanos-Morales y Galvis, 2012); en el Perú se tienen registradas hasta 12 especies, de las cuales cuatro están registradas para altitudes superiores a 1000 m (Ortega *et al.*, 2011). En el río Coscori-Tumilaca destacó el registro de *Trichomycterus* aff. *punctulatus*, que no se pudo confirmar como *Trichomycterus punctulatus*, puesto que esta última es una especie que normalmente se encuentra debajo de los 1000 m de altitud en los ríos costeros y cuyo registro más al sur corresponde al río Acari (Espino, 2017).

También se resalta el registro de *Trichomycterus* sp., que se trataría de una especie que está actualmente en descripción, puesto que presentó características morfológicas diferentes a las otras dos especies de bagres que se registraron en este punto. Por otro lado, *Trichomycterus rivulatus* se distribuye en los altos andes desde el lago Junín (Perú) hasta Tarapacá (Chile)⁶⁶, sin embargo, no se tiene registros de ella a un nivel altitudinal tan bajo, por lo que su registro correspondería a una ampliación de su distribución altitudinal.

El pejerrey (*Basilichthys semotilus*) se encuentra en la zona andina de los ríos de la vertiente del Pacífico, entre los ríos Reque (Lambayeque) y Sama (Tacna), a altitudes sobre los 2000⁶⁷. El registro más alto que se tiene de esta especie corresponde a 3240 m de altitud (Sifuentes, 2017). Los ejemplares colectados en esta evaluación corresponden a una altitud de 1912 m, próxima al límite inferior de su distribución altitudinal.

En la figura 8-26 se muestra la sección geológica de los ríos Asana-Coscori-Tumilaca, sobre la cual se representa la variación de la calidad del agua superficial (pH, conductividad eléctrica y cobre), sedimento (cobre) y calidad ecológica en los puntos monitoreados por OEFA en ambas épocas. Adicionalmente, se han incluido los mismos parámetros antes mencionados para el caso de los afluentes (río Altarani, quebrada Millune, río Charaque y río Huancanane) para ver su influencia sobre el curso de agua principal (Asana-Coscori-Tumilaca).

⁶⁵ Segundo Informe Técnico Sustentatorio del Proyecto Quellaveco, aprobado mediante Resolución Directoral N.º 055-2018-SENACE-JEF/DEAR, con fecha 20 de abril de 2018.
⁶⁶ Fishbase (2018). Disponible en <https://www.fishbase.de/summary/Trichomycterus-rivulatus> y consultado el 18 de octubre de 2018.
⁶⁷ Fishbase (2018). Disponible en <https://www.fishbase.de/summary/Basilichthys-semotilus.html> y consultado el 18 de octubre de 2018.



Handwritten notes and symbols: an upward arrow, the letter 'D', a triangle, the letter 'y', a circle with a dot, a plus sign, a downward arrow, a circle with a dot, the letter 'a', the letter 's', the letter 'M', and another downward arrow.

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

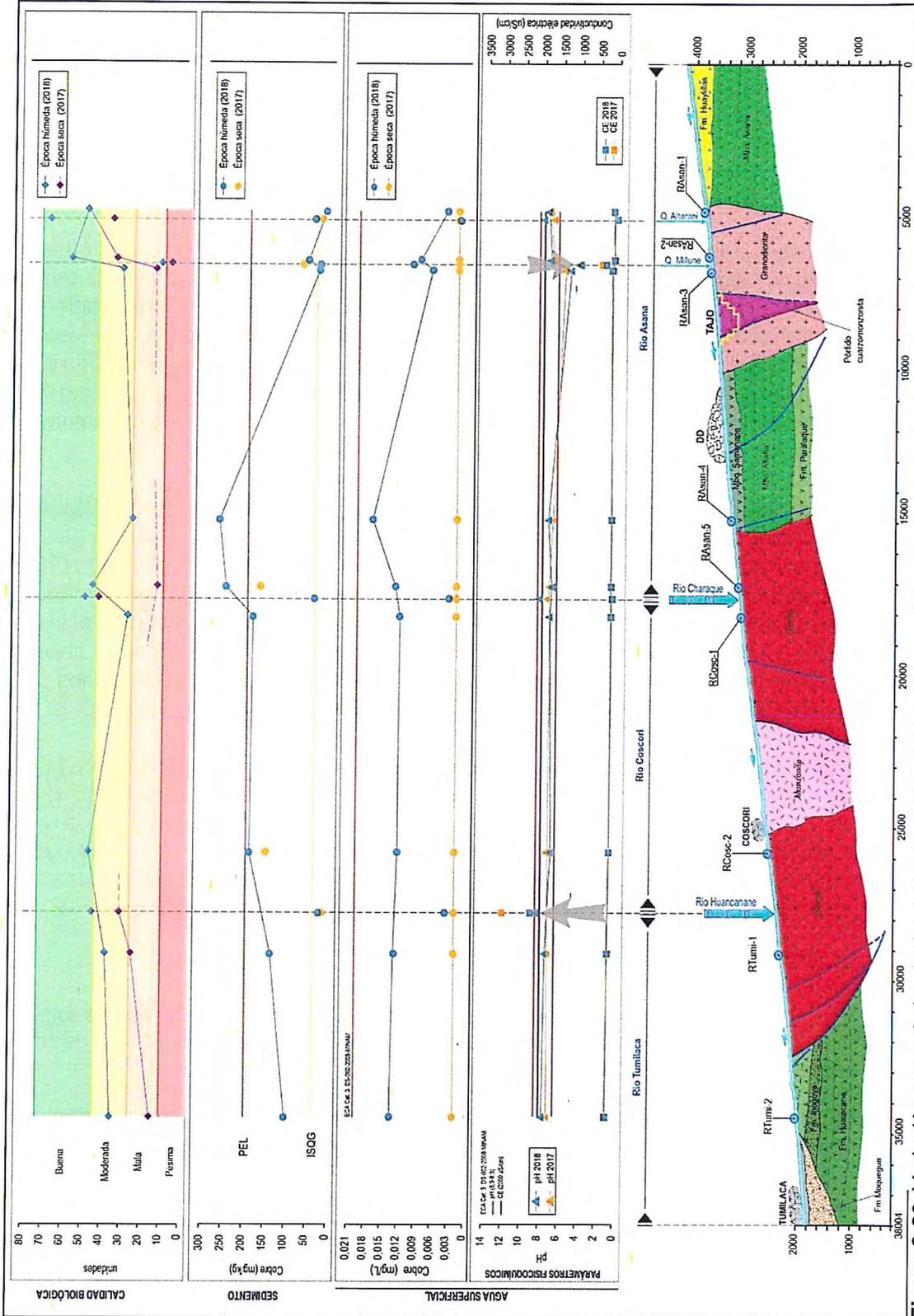


Figura 8-26. Variación geoquímica (cobre), fisicoquímica (pH y CE) y calidad biológica a lo largo del río Asana-Coscori-Tumilaca



Handwritten signature and date: 2018/05/17



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

Las características geológicas de este tramo (Tumilaca-Coscori-Asana) corresponden a rocas intrusivas de la Unidad Yarabamba y a rocas volcánicas-sedimentarias del Grupo Toquepala, ambas cubiertas discordantemente por las rocas volcánicas de la Formación Huaylillas (aguas arriba de RAsan-1). Asimismo, se tiene la presencia de fallas inversas, normales y alineamientos que cortan al drenaje principal y que están asociadas a las fallas Quellaveco (río Asana) y Micalaco (aguas abajo de RTumi-1). La principal zona de mineralización (pórfido monzonita) se encuentra aguas abajo del punto RAsan-3, de igual modo, durante este monitoreo se evidenció que en este sector se construye el túnel de derivación de agua y el dique de la presa Asana.

En ambas épocas, los valores de pH en agua superficial fueron cercanos a neutro, a excepción del punto RAsan-3 (carácter ácido), debido a la influencia de la quebrada Millune (QMillu-1). Mientras que, el río Huancanane (RHuan-2) presentó aguas básicas que se diluyeron en el curso de agua principal (río Tumilaca). La conductividad eléctrica registró valores menores a 500 µS/cm, sin embargo, incrementa ligeramente aguas abajo de la descarga de la quebrada Millune sobre el río Asana (RAsan-3) y del río Huancanane sobre el río Tumilaca (RTumi-1), este último con valores que incumplieron los ECA para agua Cat.3 del 2008, en época seca;

Las concentraciones de cobre en agua superficial no excedieron los ECA para agua Cat.3 del 2008, en ambas épocas; sin embargo, durante la época húmeda (2018), las concentraciones de este metal incrementaron con respecto a la época seca (2017), a excepción de los afluentes del río principal (ríos Charaque y Huancanane) que presentaron concentraciones similares. En época húmeda, las concentraciones de cobre en sedimento presentaron la misma tendencia observada en agua superficial, encontrándose que se excedieron los valores ISQG de la CEQG en todos los puntos, excepto RAsan-3 y los valores PEL solo en los puntos RAsan-4 y RAsan-5.

La calidad biológica, durante la época seca fue pésima a buena y durante la época húmeda fue de mala a buena. En ambas épocas se puede observar como el aporte de aguas ácidas de la quebrada Millune, genera una reducción de la calidad biológica, cuyos efectos se prolongan hasta el punto del río Asana, ubicado inmediatamente aguas abajo de dicha quebrada. Con el resto de aportantes no se apreciaron cambios tan notables sobre la calidad biológica.

8.1.1.2 Zona II

En esta zona fueron evaluadas las matrices agua superficial, agua subterránea (piezómetros y manantiales), sedimento y comunidades hidrobiológicas, además de realizarse la caracterización geológica.

Para agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas, fueron evaluados 2 puntos de muestreo, ambos en la quebrada Cortadera. Para agua subterránea, fueron evaluados 6 piezómetros (cuatro en la quebrada Cortadera y dos próximos a las quebradas Yarito y Patilla) y 2 manantiales (quebrada Cortadera) (Figura 8-27).



Handwritten notes and symbols on the left margin, including an upward arrow, a 'D', a triangle, a 'y', a circle with 'B', a 'f', a downward arrow, a circle with 'Cu', a 's', and a 'y'.



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

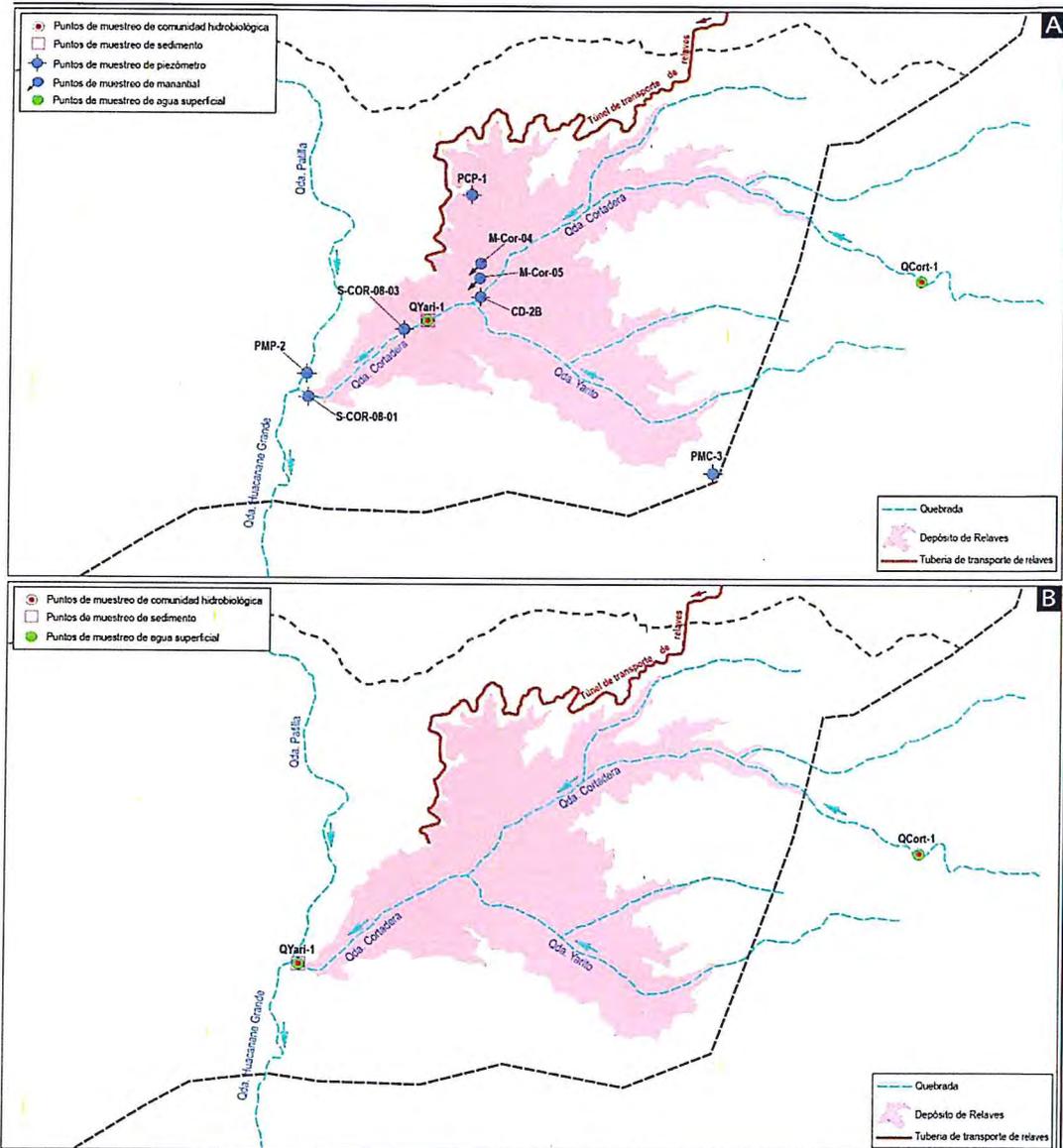


Figura 8-27. Ubicación de puntos y matrices evaluadas en épocas a) seca y b) húmeda, en la zona II

La importancia de la evaluación de esta zona se debe a la futura ubicación de depósito de relaves. Comprende la quebrada Yarito, principal aportante de la quebrada Cortadera, hasta la confluencia de esta última con la quebrada Patilla. Los parámetros que incumplieron algún estándar de comparación se presentan en la Figura 8-28.

Además, los resultados de la evaluación del OEFA fueron comparados con los datos históricos de los monitoreos realizados de 2013-2017 (setiembre-época seca) y de 2014-2018 (marzo-época húmeda) por AAQ S.A.



D
P
M
C
J
A
C
S
M
A



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

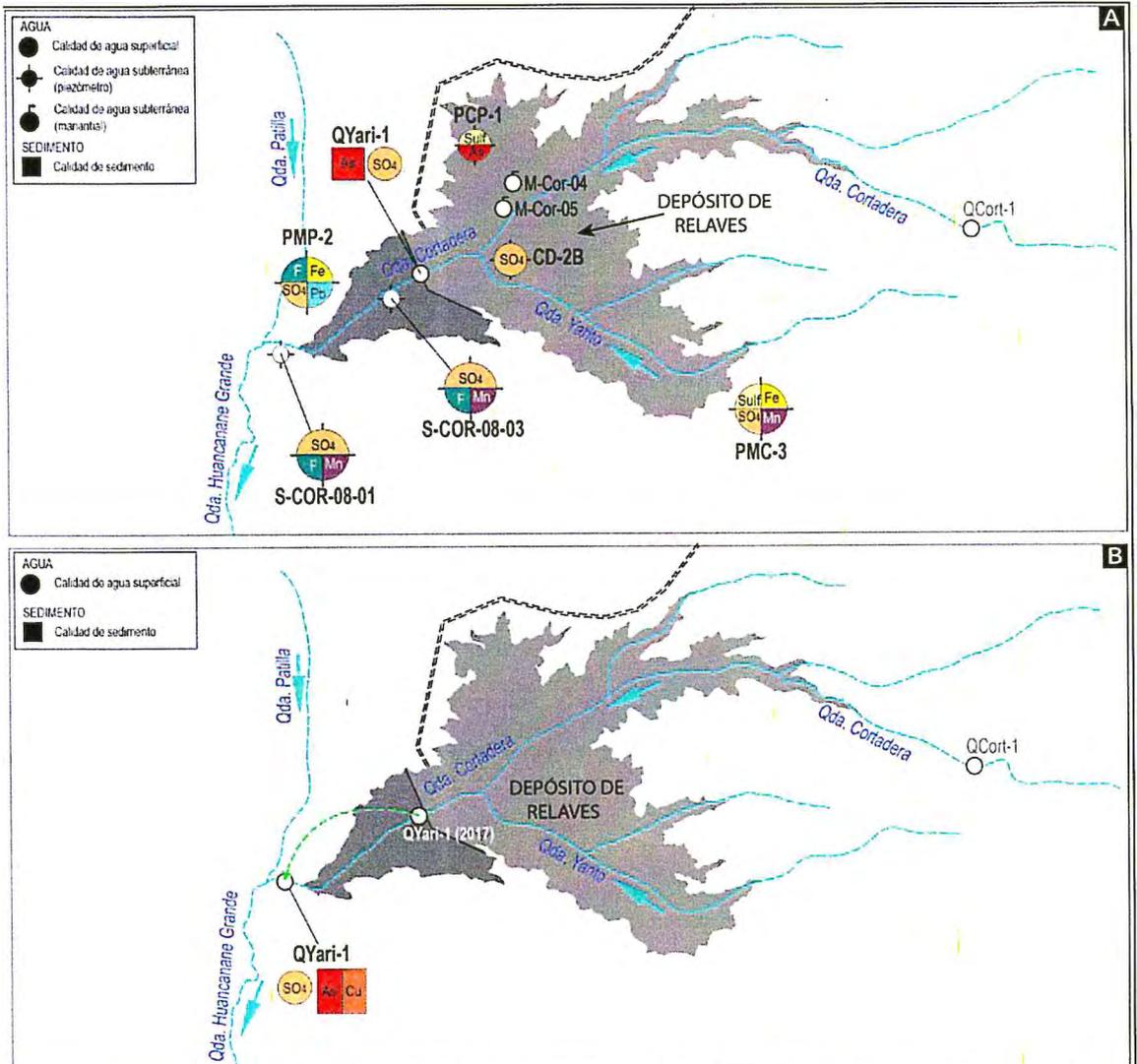


Figura 8-28. Parámetros que incumplieron algún estándar de comparación en épocas a) seca y b) húmeda para los puntos de la zona II

Las aguas de las quebradas Cortadera y Yarito provienen de la descarga de manantiales y afloramientos, ubicados en la base de depósitos coluviales y aluviales, y desde fracturas de los macizos rocosos de permeabilidad alta a moderada⁶⁸, ubicados a lo largo del valle. Estas fuentes mantienen un caudal discontinuo de la quebrada Cortadera en época seca, y permanente en época húmeda, debido al incremento en la precipitación en las zonas de recarga. La precipitación anual promedio en este sector es de 103,5 mm⁶⁹, caracterizada por su aridez permanente.

El contexto geológico sobre el cual está proyectado el depósito de relaves, consiste en rocas intrusivas monzoníticas, que inicia en la parte alta de la quebrada Cortadera, hasta antes de la unión con la quebrada Yarito. En la parte alta de este sector afloran riolitas porfíricas del Miembro Yarito y en la parte baja afloran andesitas del Miembro Carpanito; ambas unidades volcánicas fueron cortadas por el stock monzonítico. Por

⁶⁸ Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Quellaveco - Volumen VI. Depósito de relaves de Cortadera, aprobado mediante Resolución Directoral N.º 266-2000-EM/DGAA, con fecha 19 de diciembre de 2000.

⁶⁹ Segundo Informe Técnico Sustentatorio del Proyecto Quellaveco, aprobado mediante Resolución Directoral N.º 055-2018-SENACE-JEF/DEAR, con fecha 20 de abril de 2018.



Handwritten vertical text: D A M @ J @ G S M A



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»

otro lado, este sector presenta una serie de fallas geológicas, y entre ellas la más importante la "Falla Micalaco" de dirección NO-SE, además, estas estructuras corresponden a fallas paleotectónicas (inactivas).

En la quebrada Cortadera (QCort-1 y QYari-1⁷⁰) se observaron incrementos de los valores de conductividad eléctrica, STD, cloruros y sulfatos desde la parte alta (QCort-1) hacia la parte baja (QYari-1); de todos ellos, solo los sulfatos en la parte baja excedieron los ECA para agua Cat.3 (2008) en ambas épocas. Estos incrementos también fueron observados en los resultados reportados por AQQ S.A.⁷¹, desde la parte alta (COR-3) hacia la parte baja (COR-2) para valores de pH, conductividad eléctrica y sulfatos.

Según el análisis hidroquímico, en ambas épocas, las aguas son de tipo bicarbonatada cálcica en la parte alta del depósito de relaves proyectado, y sulfatadas-cloruradas cálcicas en la parte baja del componente proyectado; y según Ficklin, ambos puntos corresponden a aguas neutras con baja carga de metales disueltos. En la parte alta las características de las aguas se deben a que corresponden a flujos de circulación local y a la altitud con respecto a la zona de recarga; y en la parte baja, debido a su origen subterráneo, el cual contiene minerales de halita, yeso y aniones de cloro y sulfatos, que fueron reportados en el estudio hidrogeológico de AAQ S.A.⁶⁸

Con respecto a los valores de pH registrados por OEFA, en comparación con los reportados por AAQ S.A. para la parte baja, se observó que estos valores entre 2013 y 2018, se mantuvieron similares en ambas épocas, con características neutras a básicas (6,5 a 9,05) en el punto QYari-1 (Figura 8-29); de forma contraria, las concentraciones de sulfatos fueron variables en ambas épocas (Figura 8-30).



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a vertical list of letters: D, M, C, V, G, H, S, A, F, A.

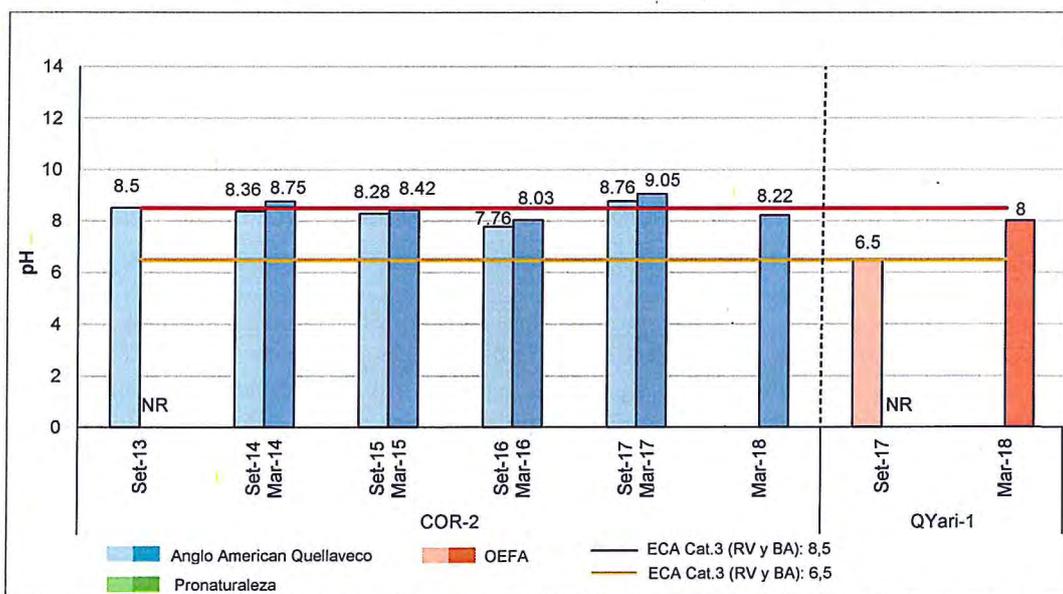


Figura 8-29. Valores de pH registrados en la quebrada Cortadera entre 2013 y 2018

Nota: las barras rellenas de colores claros corresponden a la evaluación en época seca y los oscuros a la época húmeda

⁷⁰ El punto QYari-1 en época seca fue muestreado a una distancia de 1,7 km aguas arriba de lo muestreado en época húmeda por temas de accesibilidad y seguridad.

⁷¹ Informes trimestrales de monitoreo de calidad y cantidad de agua superficial. Periodo 2013 al 2018. Schlumberger Water Services (Perú) S.A. para Anglo American Quellaveco S.A.



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

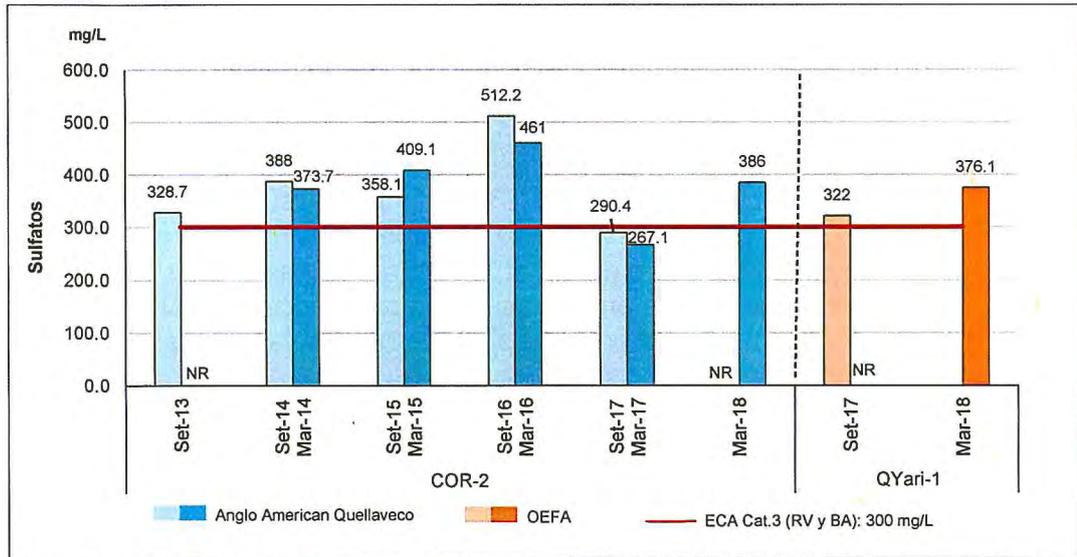


Figura 8-30. Concentraciones de sulfatos registradas en la quebrada Yarito entre 1996 y 2018

Nota: las barras rellenas de colores claros corresponden a la evaluación en época seca y los oscuros a la época húmeda

El sedimento en la parte baja de la quebrada Cortadera (QYari-1), en época seca, evidenció incremento en sus concentraciones de arsénico, cadmio, cromo, plomo, zinc, entre otros metales con respecto a la época húmeda; siendo el arsénico en ambas épocas (9,3 y 25,76 mg/kg) y cobre en la época húmeda (46,65 mg/kg) los que excedieron los valores ISQG o PEL de la CEQG. Según la base de datos litogeoquímica del Ingemmet (2016), el intrusivo Monzonítico (unidad Yarabamba) y Miembro Carpanito presentan valores de cobre, plomo, zinc, plata, berilio, cadmio, wolframio y vanadio en concentraciones superiores a los valores de corteza continental (Wedephol, 1994 y 1995), los mismos que estarían presentes en la quebrada por procesos de erosión e intemperismo. Por otro lado, la caracterización de niveles de fondo para suelos realizada por el administrado⁷², mostró que en la quebrada Yarito se registraron concentraciones de arsénico entre 18,3 y 22,5 mg/kg y cobre entre 36,7 y 71,3 mg/kg, evidenciando la influencia de la geología en suelo y en los metales aportados a la quebrada Yarito.

Los manantiales MCort-4 y MCort-5, presentaron características fisicoquímicas similares entre sí, los cuales cumplieron referencialmente con los ECA para agua Cat.3 (2008); además, sus aguas fueron cloruradas sódicas (diagramas de Piper y Stiff) y según el diagrama de Ficklin, estas aguas son neutras con baja concentración de metales disueltos (menores a 0,1 mg/L), debido a que corresponden a aguas de circulación regional asociado a rocas volcánicas cretácicas.

Los resultados de la evaluación de agua subterránea en piezómetros presentaron concentraciones de sulfatos, sulfuros, fluoruros, arsénico, hierro, plomo y manganeso que incumplieron referencialmente los ECA para agua Cat.3 (2008) en al menos un parámetro; además presentaron alta conductividad eléctrica y valores bajos de oxígeno disuelto. Estas condiciones de hipoxia son recurrentes en agua subterránea, como menciona Custodio y Llamas (1996), la característica típica de aguas

⁷² Informe de identificación de sitios contaminados. Elaborado por Knight Piésold Consultores S.A., para Anglo American Quellaveco S.A. Abril, 2015.



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

subterráneas, es la presencia de bajas concentraciones de oxígeno disuelto entre 0 y 5 ppm.

El piezómetro PMC-3 (ubicado en la parte alta de la quebrada Yarito) presentó concentraciones de sulfatos (389,8 mg/L), sulfuros (0,083 mg/L), hierro (4,105 mg/L) y manganeso (0,644 mg/L) que excedieron referencialmente los ECA para agua Cat.3 (2008); además, sus aguas son clasificadas como sulfatadas cálcicas (diagramas de Piper y Stiff), y según el diagrama de Ficklin son casi neutras con bajo contenido de metales disueltos. La composición de estas aguas estaría asociadas a la presencia de rocas volcánicas del miembro Yarito, el cual consiste en riolitas masivas y fracturadas⁷³, además este piezómetro se ubica en la Falla Micalaco, el mismo que genera alteración y oxidación en las rocas. Por otro lado, los resultados de los monitoreos trimestrales realizados por AAQ. S.A. en 2017⁷⁴, evidencia referencialmente de incumplimiento de los ECA para agua Cat.3 (2008) para sulfuros (0,08-1,64 mg/L), sulfatos (311,0-431,8 mg/L), hierro (5,22-52,85 mg/L) y manganeso (0,53-1,30 mg/L).



Las aguas del piezómetro PCP-1 (ubicado en la margen derecha de la quebrada Cortadera) presentó concentraciones de sulfuros (0,147 mg/L) y arsénico (0,066 mg/L) que excedieron referencialmente los ECA para agua Cat.3 (2008). Hidroquímicamente, estas aguas se clasifican como cloruradas sódicas (diagrama de Piper y Stiff), y casi neutras con baja carga de metales (diagrama de Ficklin). Las características geológicas de este punto corresponden al contacto del Miembro Yarito con el intrusivo monzonítico asociado a fallas de dirección NO-SE, que probablemente presenten zonas de alteración y roca intensamente fracturada con probable presencia de sulfuros, adicionalmente según la base litogeoquímica del Ingemmet (2016), este intrusivo presenta concentraciones de cobre, plomo, zinc, plata, molibdeno, entre otros que superan el nivel de corteza continental (Wedephol, 1994 y 1995). Además, los reportes trimestrales de AAQ S.A. para 2017⁷⁴ para arsénico exceden referencialmente el ECA para agua Cat.3 (2008) registrados en un rango de 0,059-0,101 mg/L.

En el fondo de valle de la quebrada Cortadera, se ubican los piezómetros CD-2B, S-COR-08-3 y S-COR-08-1. El punto CD-2B (ubicada antes de la confluencia con la quebrada Yarito) presentó concentraciones de sulfatos (515,4 mg/L), mientras que los piezómetros S-COR-08-3 (ubicado aguas abajo de la confluencia de ambas quebradas y a 1 km de distancia del punto CD-2B) y S-COR-08-1 (ubicada en la misma sección de drenaje y 200 m antes de la confluencia en la quebrada Patilla) registraron concentraciones de sulfatos, fluoruros y manganeso que incumplieron referencialmente los ECA para agua Cat.3 (2008).

Hidroquímicamente, las aguas subterráneas son clasificadas como sulfatadas cálcicas (CD-2B), cloruradas-sulfatadas cálcicas-sódicas (S-COR-08-3) y sulfatadas-cloruradas sódicas-cálcicas (S-COR-08-1), según los diagramas de Piper y Stiff; asimismo, las aguas de todos los piezómetros evaluados, son casi neutras con bajo contenido de metales disueltos, según el diagrama de Ficklin.

⁷³ Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Quellaveco, aprobado mediante Resolución Directoral N.º 266-2000-EM/DGAA, con fecha 19 de diciembre de 2000.

⁷⁴ Informes de monitoreo de calidad y nivel de agua subterránea (pozos y piezómetros) correspondientes del I al IV trimestre del 2013 al 2017.



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

Las características hidroquímicas sulfatadas y cloruradas de los piezómetros S-COR-08-1 y S-COR-08-3 se deberían al aporte directo de los afloramientos cercanos a la quebrada Escondida, estos piezómetros corresponden a acuíferos libres (nivel freático entre 1 a 3 m) en depósitos aluviales cuyo espesor es de aproximadamente 5 m, además, según el estudio hidrogeológico75, el piezómetro CD-2B registró tramos con presencia de yesos, los mismos que estarían asociados a la Falla Micalaco.

En referencia a la comparación con los resultados reportados por AAQ. S.A. en el piezómetro CD-2B durante el 2015 y 2017, las concentraciones de sulfatos se incumplieron referencialmente con los ECA para agua Cat.3 (2008) en un rango de 362,2-598,5 mg/L; mientras que en reportes del 2013 al 2017 en los piezómetros S-COR-08-1, incumplieron la norma también en sulfatos (332,4-477,8 mg/L), fluoruros (1,554-2,124 mg/L) y manganeso (0,237-0,692 mg/L), asimismo en S-COR-08-3 en sulfatos (343,7-615,4 mg/L), fluoruros (1,089- 3,313 mg/L) y manganeso (0,136- 3,724 mg/L).



Vertical handwritten notes in blue ink, including symbols like an arrow, 'D', 'A', 'y', 'e', 'f', 'e', 'G', 'M', 'r', 'G', 'f'.

El piezómetro PMP-2 (ubicado en la quebrada Patilla, antes de la confluencia con la quebrada Cortadera), presentó concentraciones de fluoruros, sulfatos, hierro y plomo que incumplieron los ECA para agua Cat.3(2008). Según los diagramas de Piper y Stiff, las aguas son clasificadas como sulfatadas-cloruradas sódicas, y casi neutras con bajo contenido de metales disueltos (diagrama de Ficklin). Esta zona está comprendida sobre una base de rocas monzonitas que consiste en rocas ígneas compuestas de feldespatos, cuarzos, etc., de carácter ácido (traquiandesita) que no presenta capacidad de generar acidez en el agua (pH=8,1). Los resultados reportados por AAQ. S.A. en el 2017 y 2018 para este piezómetro mostraron incumplimiento referencial con los ECA para agua Cat.3(2008) para fluoruros (1,103-2,691 mg/L), sulfatos (314,3- 433,6 mg/L), y hierro (0,415-82,26 mg/L) y plomo (0,024- 0,597 mg/L) en la mayoría de trimestres monitoreados.

Las condiciones de este medio condicionarían la diversidad y abundancia de especies acuáticas, y en esta evaluación se observó que la diferencia de piso altitudinal y la temporalidad fueron factores determinantes; es así que los puntos evaluados de esta zona presentaron menor diversidad de especies, con respecto al resto de zonas evaluadas en puntos donde la acción antropogénica fue muy reducida. A lo largo del río solo se observaron cambios en época seca, al notarse un incremento de riqueza de microalgas y macroinvertebrados bentónicos desde la parte alta (HID-QCort-1) hacia la parte baja (HID-QYari-1) de la quebrada Cortadera; en la época húmeda solo se pudo observar un incremento similar en la riqueza de microalgas.

En los puntos evaluados, los valores de riqueza y abundancia de microalgas y macroinvertebrados bentónicos fueron mayores en época húmeda con respecto a época seca, lo que sería consecuencia de una mejora de las condiciones del hábitat acuático que se reflejó en el cambio de una calidad ecológica mala (época seca) a buena (época húmeda) en la parte baja de la quebrada Cortadera (HID-QYari-1). A diferencia de los resultados proporcionados en este informe, AAQ S.A. ha reportado un estado ecológico malo en la parte alta (COR-1) y muy malo en la parte baja (COR-

75

Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Quellaveco, aprobado mediante Resolución Directoral N.º 266-2000-EM/DGAA, con fecha 19 de diciembre de 2000.



2) de este río en monitoreos desarrollados el 2013 y 2014⁷⁶, teniendo como base metodológica el índice multimétrico IMEERA.

La mejora de las condiciones del hábitat en época húmeda se debería a un aumento de la precipitación temporal en el área, la cual está clasificada como Desierto Árido Montano Templado Cálido (Holdridge, 1982), zona de vida caracterizada por su aridez durante mayor parte del año. Estudios en ríos estacionales permitieron observar cambios en la composición de macroinvertebrados bentónicos en relación a cambios en el nivel de agua (Mazzacano y Black, 2008), pues en ambientes con escaso nivel de agua el incremento del caudal hace que los hábitats sean más oxigenados y se genere un incremento en el número de especies (Leigh, 2012).

8.1.2 Calidad de aire

Durante la ejecución del monitoreo del 7 al 11 de setiembre de 2017, los puntos de monitoreo (CA-TALA, CA-QUIM y CA-CORT) ubicados en el área de operaciones del PM Quellaveco, no registraron precipitaciones, por lo que las condiciones climáticas fueron las mejores para realizar un monitoreo de la calidad de aire sin mitigación natural.

En el estudio de línea base del administrado⁷⁷ se menciona que en dicha área los fuertes vientos y los suelos expuestos pueden contribuir a niveles más altos de partículas en suspensión. Según Buschiazzo *et al.*, (2009), la erosión eólica puede provocar impactos ambientales negativos; uno de estos impactos es la liberación de partículas con diámetros menores a 10 µm (PM₁₀) a la atmósfera. Estas partículas pueden ocasionar enfermedades respiratorias en humanos.

Las concentraciones encontradas de PM₁₀ y PM_{2,5} en todos los puntos de monitoreo, presentaron valores bajos a pesar de la ausencia de precipitaciones, lo que evidencia un comportamiento normal de la zona a las velocidades de viento registradas. Las fuentes de emisión de material particulado estarían asociadas a las actividades antropogénicas y la erosión eólica natural en zonas con poca vegetación arbórea.

Es preciso mencionar que los puntos de monitoreo evaluados CA-TALA, CA-QUIM y CA-CORT, que fueron ubicados en zonas cercanas a las estaciones de calidad de aire del administrado, ubicadas en el poblado de Tala, futuro centro de operaciones y depósito de relaves respectivamente. Con respecto a las concentraciones de PM₁₀, PM_{2,5} y arsénico en PM₁₀ registrados por OEFA, en comparación con los reportados por AAQ S.A., se puede indicar que tienen coherencia con el monitoreo de calidad de aire -periodo de agosto de 2010 a marzo de 2014- realizado por el administrado⁷⁸, debido a que todas las concentraciones se encuentran en conformidad con los ECA para aire de PM₁₀ (D.S. N.º 074-2001-PCM), ECA para aire de PM_{2,5} (D.S. N.º 003-2008-MINAM) y niveles máximos permisibles de arsénico (R.M. N.º 315-96-EM/VMM), para un periodo de 24 horas.



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including an arrow pointing to the stamp and a vertical list of initials.

⁷⁶ Cuarta modificación del Estudio de Impacto Ambiental «Ampliación de la capacidad de la planta concentradora de 85 000 a 127 500 TPD» del Proyecto Quellaveco de Anglo American Quellaveco S.A., aprobado mediante Resolución Directoral N.º 339-2015-MEM/DGAAM, con fecha 28 de agosto de 2015.
⁷⁷ Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Quellaveco, aprobado mediante Resolución Directoral N.º 266-2000-EM/DGAA, con fecha 19 de diciembre de 2000.
⁷⁸ Cuarta modificación del Estudio de Impacto Ambiental «Ampliación de la capacidad de la planta concentradora de 85 000 a 127 500 TPD» del Proyecto Quellaveco de Anglo American Quellaveco S.A., aprobado mediante Resolución Directoral N.º 339-2015-MEM/DGAAM, con fecha 28 de agosto de 2015.



8.1.3 Suelo

La caracterización de suelo y el cálculo de nivel de fondo se realizó en dos áreas de potencial afectación (APA) aledañas a los componentes mineros principales (tajo y depósito de desmonte); la primera APA (NF1) en el sector Majada y Media (margen izquierda del río Charaque) y la segunda APA (NF2) en el sector Tala Nuevo, que abarca las laderas hacia el río Charaque y Asana. Ambas áreas se ubican en laderas de pendiente plana (NF1) y pendiente media (NF2). La precipitación media anual corresponde a 267,8 mm con temperaturas medias entre 7,6 y 10,1°C⁷⁹.

8.1.3.1 Sector Majada y Media

El contexto geológico del APA Majada y Media (NF1) corresponde a depósitos no consolidados coluvial-deluvial compuesto por gravas subangulosas (tobas, andesitas y granodiorita), arenas y limos de color pardo, cuyo espesor aproximado es de 5 a 10 m en la parte baja y menores a 1 m en la parte alta. El substrato rocoso de esta área está conformado por la granodiorita de la Unidad Yarabamba, la misma que se encuentra cubierta levemente con las arenas tobáceas retrabajadas y las secuencias masivas de tobas de la Formación Huaylillas, cuyos afloramientos se restringen a la parte alta de la ladera, los mismos que infrayacen a las lavas andesíticas del Grupo Barroso (Figura 8-31).



D
A
y
@
J
@
T
@
S
@
A
@
A

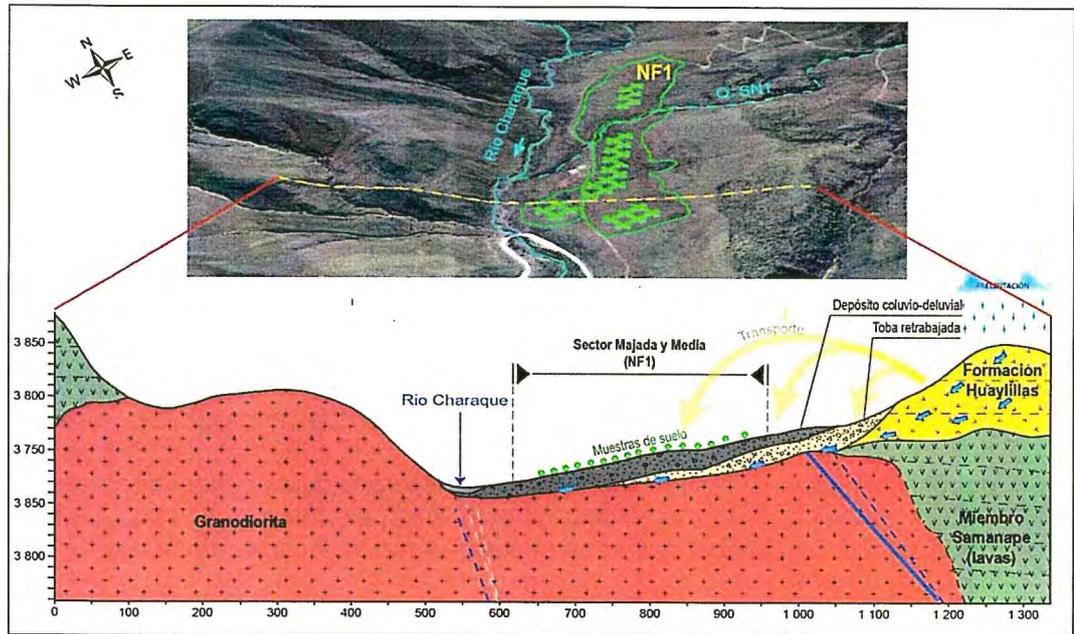


Figura 8-31. Sección geológica del sector Majada y Media (NF1)

Los suelos de este sector pertenecen al orden entisol⁸⁰, debido a que corresponden a suelos con abundante contenido mineral y escaso o nulo desarrollo de horizontes pedogenéticos; además, sus propiedades están determinadas por el material heredado del material original (Porta, 2003). Según la caracterización edafológica

⁷⁹ Estación Quellaveco de AAQ S.A., ubicado en las coordenadas Norte: 8108508, Este: 327670 y altitud 3471 m s.n.m.; registrado entre los periodos 1964 a 1970, 1994 a 2006 y 2009 a 2013.

⁸⁰ Cuarta modificación del Estudio de Impacto Ambiental «Ampliación de la capacidad de la planta concentradora de 85 000 a 127 500 TPD» del Proyecto Quellaveco de Anglo American Quellaveco S.A., aprobado mediante Resolución Directoral N.º 339-2015-MEM/DGAAM, con fecha 28 de agosto de 2015.



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»

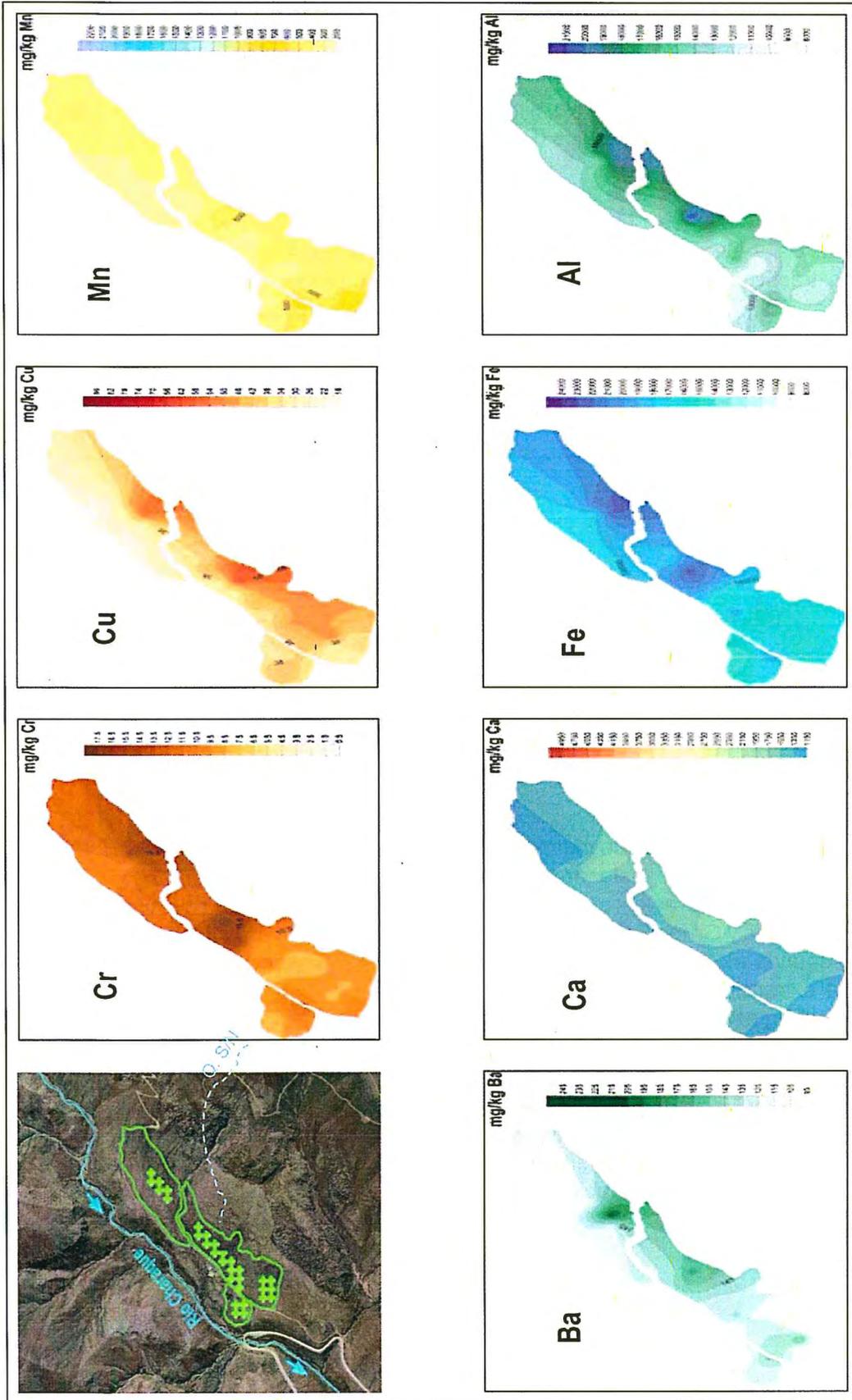


Figura 8-33. Isovalores de cromo, cobre, manganeso, bario, calcio, hierro y aluminio en el APA Majada y Media (NF-1)



Handwritten signature and date: 14/05/2014



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»

8.1.3.2 Sector Tala Nuevo

El contexto geológico del APA Tala Nuevo (NF2) corresponde a depósitos residuales, cuyo substrato rocoso está compuesto por las rocas volcánicas del Miembro Samanape de la Formación Quellaveco. Estas rocas consisten en lavas andesíticas porfídicas, cuarzolita blanca de textura porfídica con fenocristales de plagioclasa y tobas riocacitas de color rosado constituido por cristales de cuarzo, plagioclasa y feldespatos potásicos. Posteriormente, estas rocas son cubiertas por tobas de cristales con líticos de la Formación Huaylillas, cuyos fragmentos y material intemperizado aportan a las laderas de este sector:

Los suelos de este sector pertenecen a la orden andisol⁸¹, formados comúnmente durante el intemperismo de tobas u otros materiales que contiene cantidades significativas de vidrio volcánico (Soil Taxonomy, 2014); además, el tipo de suelo pertenece a la consociación Samanape (*Sm*). Según la caracterización edafológica (NF2-C1 y NF2-C2), estos suelos presentan textura franco arenosa con estructura de grano simple y masivo (capas C), con algo de horizonte A con estructura granular; los valores de pH fueron moderado a ligeramente ácido (6,41 y 5,64), y la capacidad de intercambio catiónico (CIC), contenido de materia orgánica y fertilidad fue entre baja y media.

Los valores de nivel de fondo y referencia calculados para 17 elementos en los suelos del APA Tala Nuevo (NF2) se presentan en la Figura 8-34. Las concentraciones de Ba y Cr no excedieron referencialmente el ECA para suelo de uso agrícola y extractivo/industrial; sin embargo, es necesario precisar otros elementos tóxicos (As, Cd y Pb) contemplados en el estándar mencionado no fueron considerados, debido a que las concentraciones fueron menores al límite de detección del análisis.

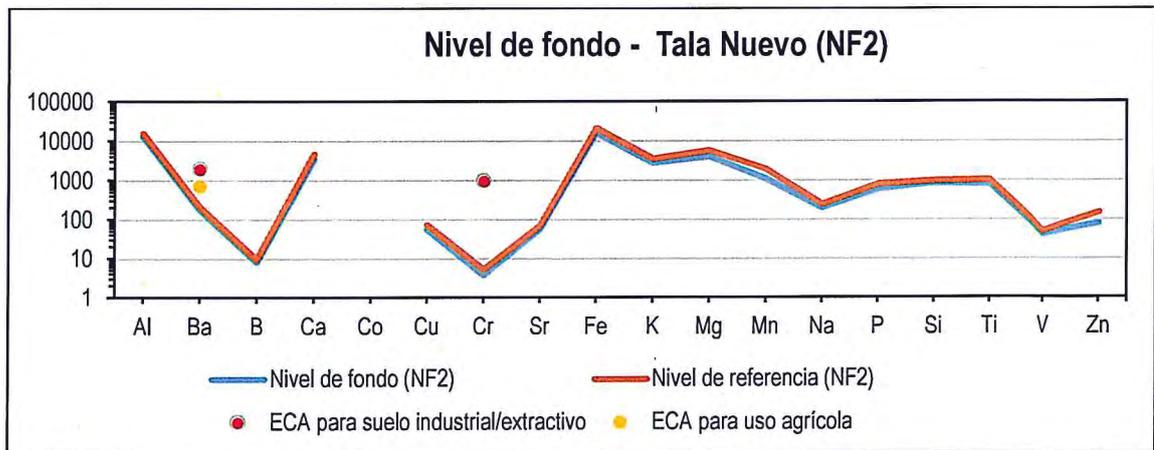


Figura 8-34. Valores de nivel de fondo y referencia en el APA Tala Nuevo (NF2) respecto al ECA para suelo

La escasa presencia de metales potencialmente tóxicos (EPA, 2003; Galán y Romero, 2008) en los suelos de esta área se debería al substrato rocoso premineral con aporte de fragmentos volcánicos posmineral, los cuales presentan bajas concentraciones de elementos tóxicos, además, según la metodología de Tessier, estos elementos no

81

Cuarta modificación del Estudio de Impacto Ambiental «Ampliación de la capacidad de la planta concentradora de 85 000 a 127 500 TPD» del Proyecto Quellaveco de Anglo American Quellaveco S.A., aprobado mediante Resolución Directoral N.º 339-2015-MEM/DGAAM, con fecha 28 de agosto de 2015.



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»

están biodisponibles en la extracción 1 (fase intercambiable); sin embargo, en condiciones de descenso de pH (extracción 2), el Mn y Fe podrían estar disponibles.

Los isovalores de cromo, cobre, manganeso, bario, calcio, hierro y aluminio en el sector Tala Nuevo (NF2) se presentan en la Figura 8-35. En la ladera Charaquo se observan mayores concentraciones de hierro, manganeso y aluminio, y en la ladera Asana se presentan mayores concentraciones de cromo y bario. Sin embargo, los valores altos de calcio y cobre se distribuyen en ambas laderas.

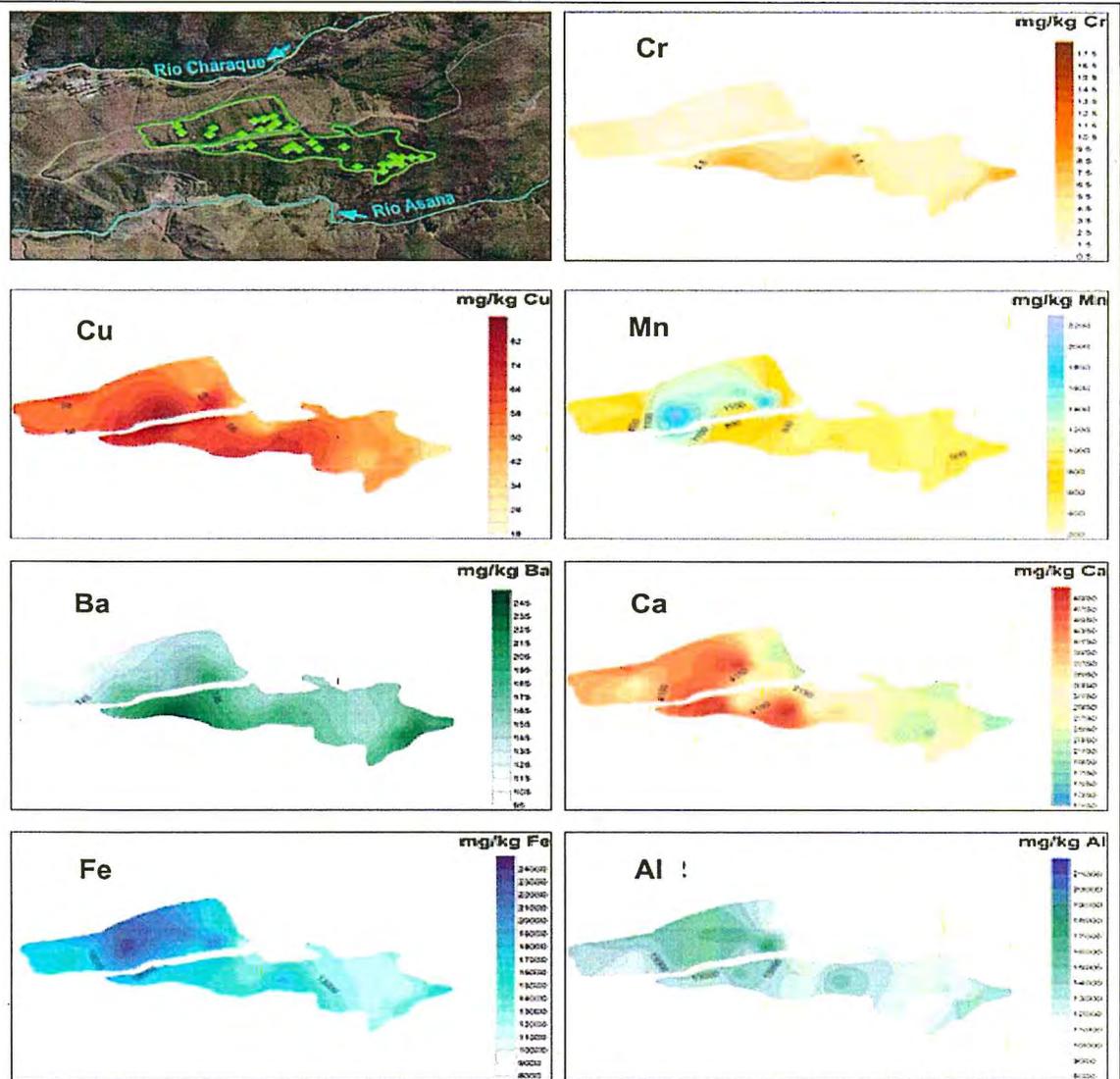


Figura 8-35. Isovalores de cromo, cobre, manganeso, bario, calcio, hierro y aluminio en el APA Tala Nuevo (NF2)

La comparación de los valores calculados de niveles de fondo en las APA NF1 y NF2 se presenta en la Figura 8-36. Los valores de cobre, zinc, bario, boro, calcio, sodio, potasio, magnesio, fósforo, estroncio y manganeso fueron superiores en APA Tala Nuevo (NF2), posiblemente debido a las propiedades del suelo y la actividad agrícola desarrollada en la zona. Asimismo, los valores de cromo, cobalto, aluminio, hierro, silicio, titanio y vanadio fueron superiores en el APA Majada y Media (NF1),



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»

probablemente debido a la influencia de los fragmentos de rocas volcánicas y a la matriz arenosa y de cenizas.

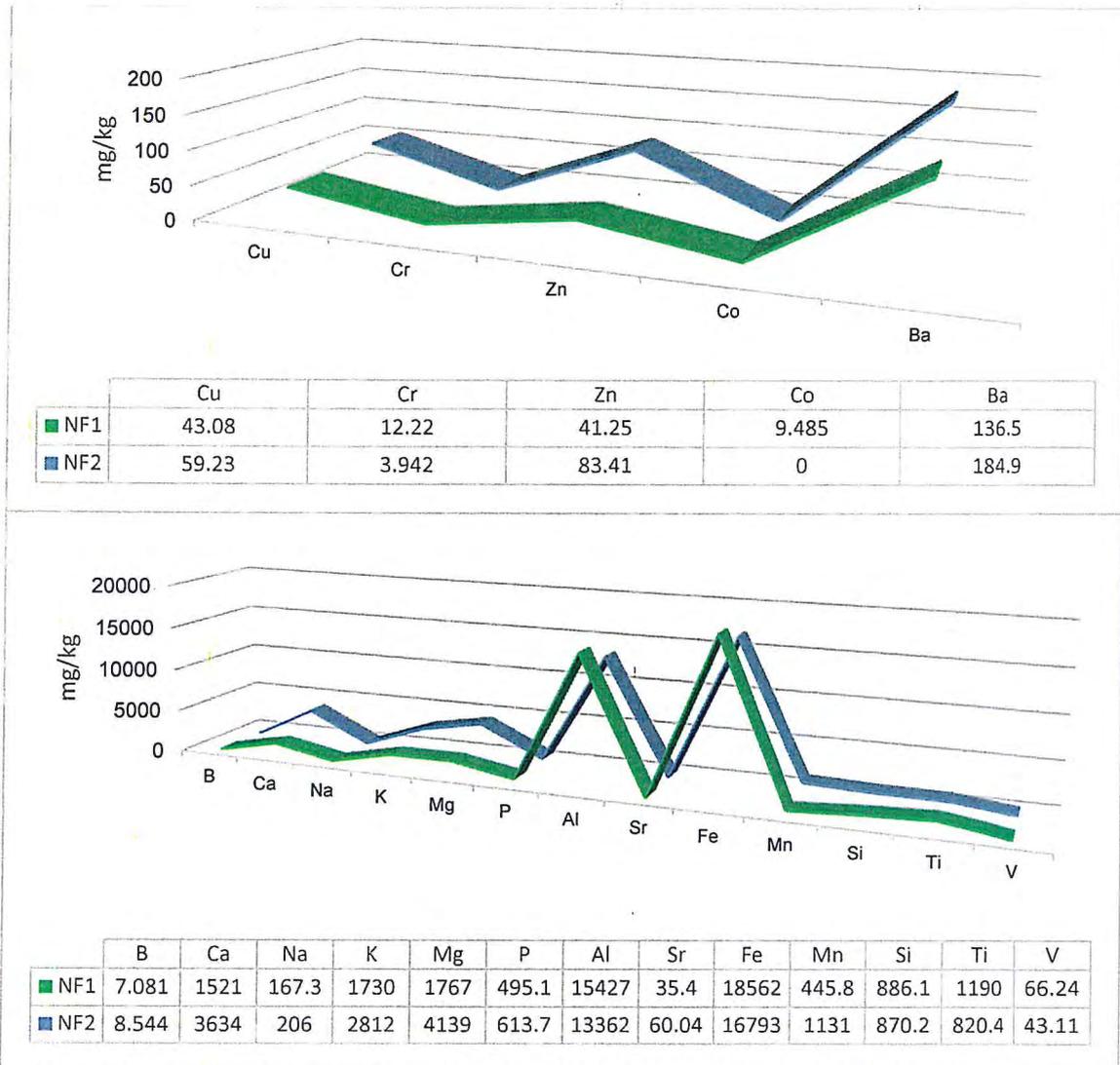


Figura 8-36. Comparación de los valores de nivel de fondo entre las APA NF1 y APA NF2

8.2 Área de abastecimiento de agua

El área de abastecimiento de agua está conformada por la zona III (cuenca Tambo). En las secciones siguientes el criterio de análisis para cada zona tendrá en cuenta los futuros componentes mineros y la red hidrográfica en la cual se encuentran.

El contexto geológico del área de abastecimiento corresponde a rocas volcánicas y sedimentarias del Mio-Plioceno (Grupo Maure y formaciones Vizcachas, Sencca y Capillune), cubiertos discordantemente por las rocas volcánicas del Grupo Barroso. Las estructuras reconocidas fueron fallas, fallas inferidas, alineamientos y pliegues (a lo largo del río Titire) de dirección NO-SE. En la Figura 8-37 se muestran el contexto geológico de las zonas aledañas a los componentes proyectados, los mismos que son desarrollados posteriormente.



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



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

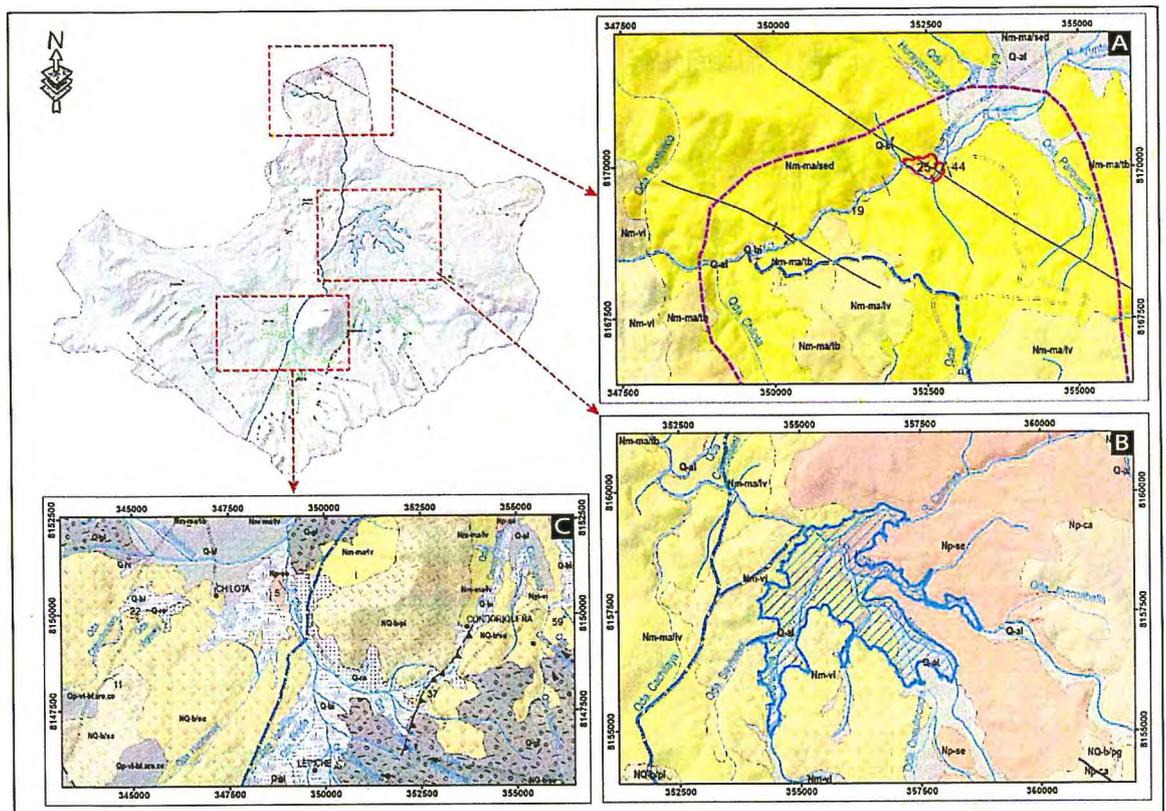


Figura 8-37. Contexto geológico de los componentes mineros proyectados en el área de abastecimiento de agua por AAQ S.A.

En el río Titire, en el tramo de Puente Bello hasta la Bocatoma de AAQ S.A., afloran principalmente las secuencias del Grupo Maure sedimentario, compuesto por lutitas, areniscas, niveles delgados de conglomerados y calizas silicificadas, todas de coloraciones verdosas, blancas, rojizas y moradas. Además, en el sector Bocatoma se ubica un sinclinal con pliegues menores en los bordes; asimismo, el puente Bello corresponde a un campo geotermal, con emanaciones de aguas termales (geisser) con alto contenido de B, Li, Cl y pH básico (Cruz *et al.*, 2014), rodeado de precipitados de carbonatos (travertinos) ubicados en el eje del anticlinal Puente Bello, de dirección NO-SE (Figura 8-37A).

El contexto geológico del río Vizcachas aguas abajo del futuro embalse se caracteriza por las secuencias masivas de tobas líticas y lavas del Grupo Maure, la cual presenta zonas de brechas y fracturas con relleno de cuarzo amorfo y óxidos de hierro. En el área del futuro embalse predominan las tobas de cristales masivas de la Formación Vizcachas y las tobas de cristales y líticas con matriz de cenizas de la Formación Sencca. Finalmente, aguas arriba de este componente afloran secuencias sedimentarias de origen lacustre intercaladas con lavas andesíticas, ambas de la Formación Capillune, los mismos que son cubiertos discordantemente con las brechas monomíticas y lavas andesíticas del Estrato volcán Pasto Grande (Figura 8-37B). Cabe precisar que la Formación Capillune presenta intensa alteración argílica lo cual genera laderas erosionadas de coloración amarilla y disponibilidad de sedimentos finos hacia el fondo de valle y al curso de agua principal.

En la Figura 8-37C se muestra el trazo de la futura tubería de suministro de agua de AAQ S.A. que cruza la parte alta de la microcuenca del río Chilota; En la parte alta, afloran lavas andesíticas vesiculares y dacitas de los centros volcánicos Suches y



D
A
y
@
f
+
@
Cu
s
r



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Pichocollo, cubierto por depósitos glaciario (morrenas), biogénicos (bofedales y pastizales húmedos) y residual ubicado en las laderas producto del intemperismo de las rocas. En la pampa Chilota aflora la Formación Capillune, compuesta por facies delgadas de arenas, arenas tobáceas, limos y niveles delgados de hardground distribuidos de forma horizontal, de igual modo, se reconoció una estructura volcánica de una zona geotermal extinta, constituida por precipitados de carbonatos (travertinos).

La geoquímica de rocas de la base de datos de Ingemmet (2016) fueron comparados con los valores de la corteza continental propuesto por Wedepohl (1994 y 1995). Los elementos trazas fueron agrupados en I) metales tóxicos y disponibles (resaltados de color rojo en la Tabla 8-2), II) Tóxicos insolubles y III) metales no tóxicos (EPA, 2003; Galán y Romero, 2008). Además, cabe precisar que los elementos del grupo I son considerados calcófilos debido a que tienen afinidad con el S (Goldschmidt, 1937). Los elementos con concentraciones superiores a los valores de la corteza continental clasificados por unidades geológicas se detallan en la Tabla 8-2 y en la Figura 8-38.

Tabla 8-2. Elementos que superaron a los valores de la corteza continental propuesto por Wedepohl (1994 y 1995), en el área de abastecimiento de agua

Table with 3 columns: Unidad geológica, Elementos anómalos. Rows include Mio-Pliocénicas (Grupo Maure, Formación Vizcachas, Formación Sencca, Formación Capillune) and Grupo Barroso (Centro volcánico Altarani, Complejo volcánico Encajine, Complejo volcánico Maralinane, Complejo volcánico Suches, Complejo volcánico Ticsani).

NOTA: los elementos Sb, As, Hg, Be, Sn, Se, Te, Ag, Tl, Bi, Ga y Mn no se reportaron en la base de datos de Ingemmet (2016), por lo que no fueron considerados en esta tabla, sin embargo, no se descarta la presencia de estos elementos en las rocas

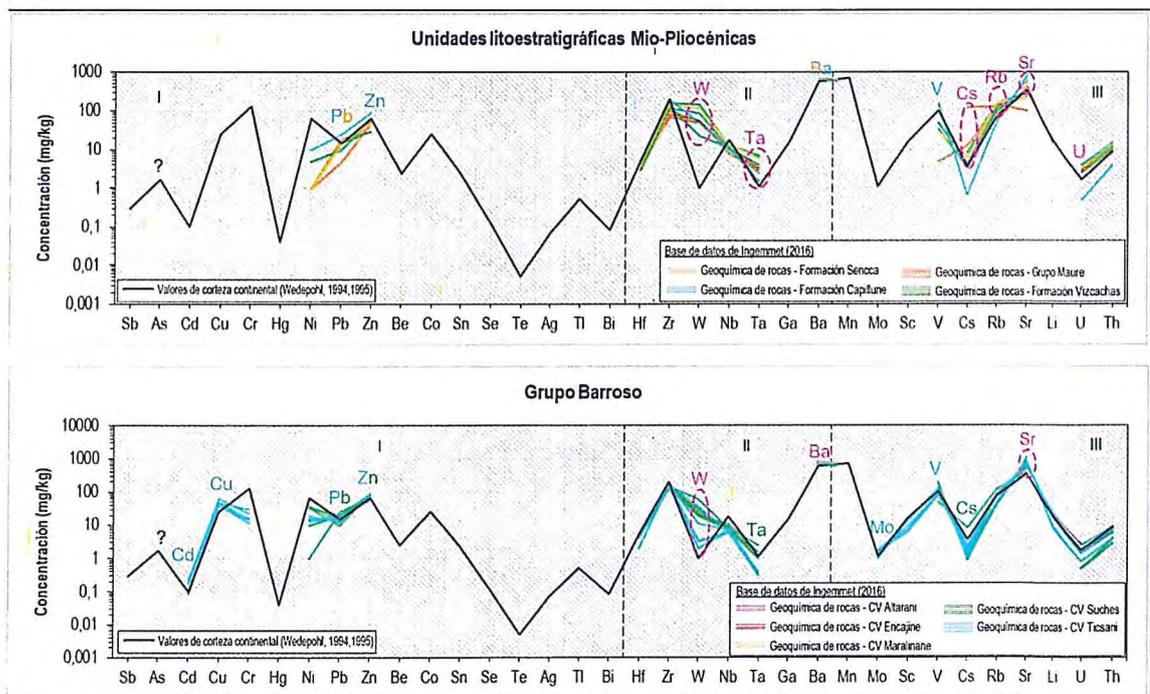


Figura 8-38. Concentración de elementos traza de las unidades volcanosedimentarias del Mio-Plioceno y rocas volcánicas del Grupo Barroso, comparados con los valores de corteza continental propuesto por Wedepohl (1994 y 1995)



Handwritten blue notes and arrows on the left margin, including a large arrow pointing up and several smaller marks.



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»

Las unidades volcánicas del Mio-Plioceno presentan anomalías de Pb, W, Ta, Cs, Rb y U, sin descartar la presencia de otros elementos calcófilos. Asimismo, las rocas de las estructuras volcánicas del Grupo Barroso presentan anomalías variables, de la cual destacan los complejos volcánicos Suches y Ticsani, cuyas concentraciones de Pb, Zn, Cd, Cu y otros no tóxicos exceden los valores de corteza continental. Las concentraciones de W, Rb y Sr en las unidades Mio-Pliocénicas se asocian a magmas que se han diferenciado en el proceso de cristalización, y las anomalías de elementos clacófilos en el Grupo Barroso corresponden a magmas con procesos de mineralización posemplazamiento (domos), coincidente con las características registradas en las UM Tucari, Santa Rosa y otros epitermales.

El área de abastecimiento y zonas aledañas presentan 9 sectores con anomalías espectrales que indican zonas de alteración con contenido de óxidos de hierro (Fe3+) y arcillas, obtenidos a partir de imágenes del sensor ETM+ del satélite LAndsat-7 y OLI de Landsat-8 (Ingemmet, 2018). Estos sectores indican la presencia de minerales secundarios por procesos supérgenos y alteración argílica asociado a ambientes epitermales (Figura 8-39).



Vertical handwritten text: A F S G @ T @ P 3 7 2

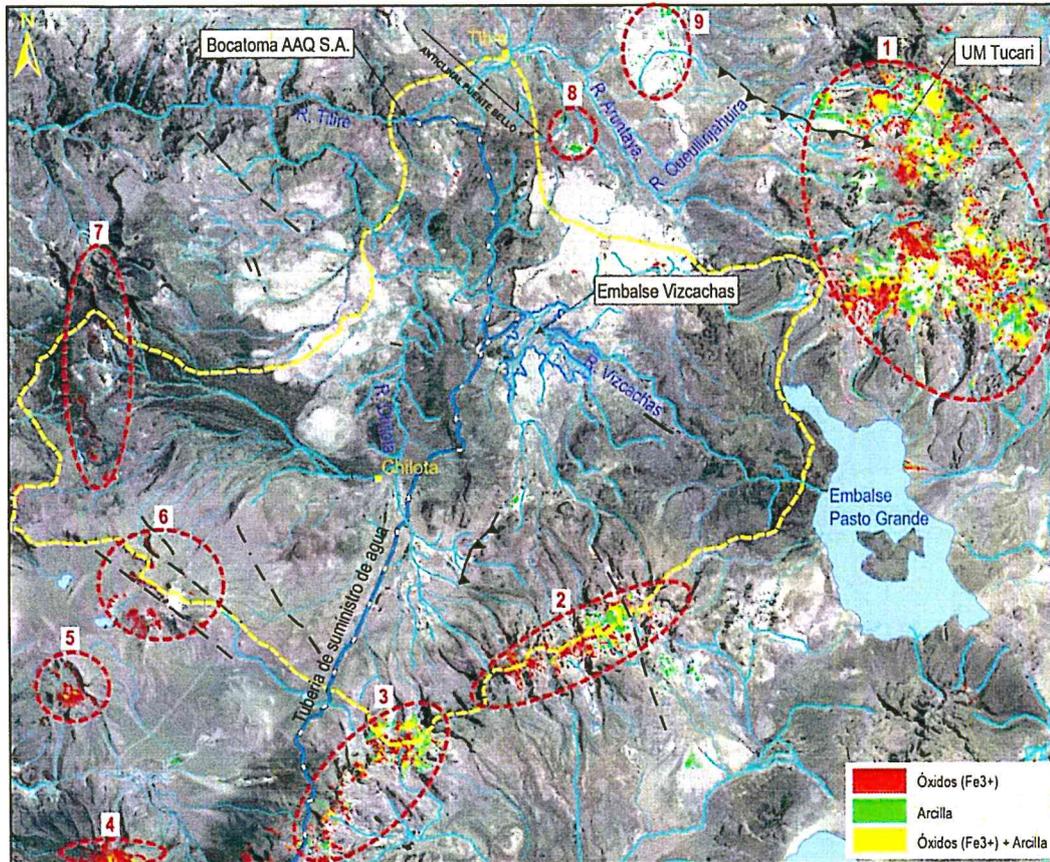


Figura 8-39. Anomalías espectrales de óxidos de hierro y arcillas a partir de imágenes Ladsat-7 y Landsat-8 en el área de abastecimiento de agua

El sector 1 presenta intensa oxidación y arcillas asociadas al complejo volcánico Cacachara, donde se ubican las UM Tucari y Santa Rosa, asimismo, los sectores 2 y 3 se ubican en la naciente de los ríos Chilota y Calasaya, asociada al complejo volcánico Suches, ambas cortadas por fallas NO-SE y N-S.



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

Los sectores 4, 5, 6 y 7 presentan predominancia de óxidos (Fe3+), pero en menor proporción con respecto a los sectores anteriores. De los cuales, los sectores 4 y 5 corresponden al estrato volcán Sasahuini y al centro volcánico Altarani respectivamente; el sector 6 corresponde al complejo volcánico Encajine, cortado por fallas de dirección NO-SE y el sector 7 se asocia al complejo volcánico Oquelaca. Finalmente, los sectores 8 y 9 presentan predominancia de arcillas, debido a que se asocian a las rocas volcánicas del Grupo Maure.

8.2.1 Calidad de agua y sedimento, y comunidades hidrobiológicas

8.2.1.1 Zona III

La zona III fue dividida en tres subzonas de interés teniendo como base la distribución espacial, red de drenaje y densidad de puntos (Figura 8-40). Estas subzonas ya han sido definidas en la sección de resultados.

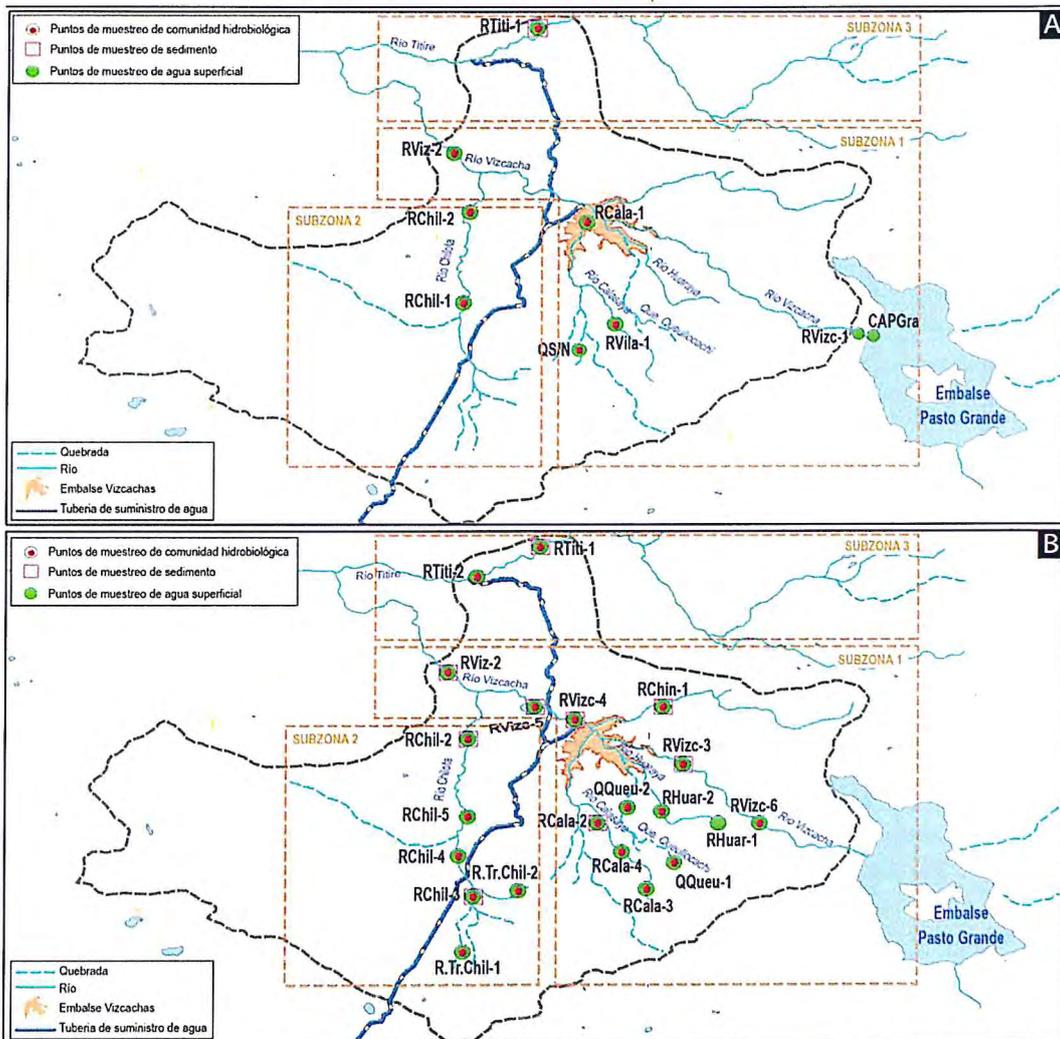


Figura 8-40. Ubicación de puntos y matrices evaluadas en épocas a) seca y b) húmeda, en la zona III



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, 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»

A. Subzona 1: Vizcachas

En esta subzona fueron evaluadas las matrices agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas, además de realizarse la caracterización geológica. Aquí se evaluaron 18 puntos de muestreo, de los cuales 1 se ubicó en el canal Pasto Grande, 6 en el río Vizcachas, 2 en el río Huaraya, 2 en la quebrada Queullocachi, 4 en el río Calasaya, 1 en la quebrada Vilaje, 1 en la quebrada sin nombre y 1 en el río Chincune.

La importancia de la evaluación de esta subzona se debe a que se encuentra aguas arriba y aguas abajo del embalse Vizcachas, el cual será empleado como fuente alternativa para el abastecimiento de agua al PM Quellaveco y para la regulación del caudal del río Vizcachas en época seca (Figura 8-41).

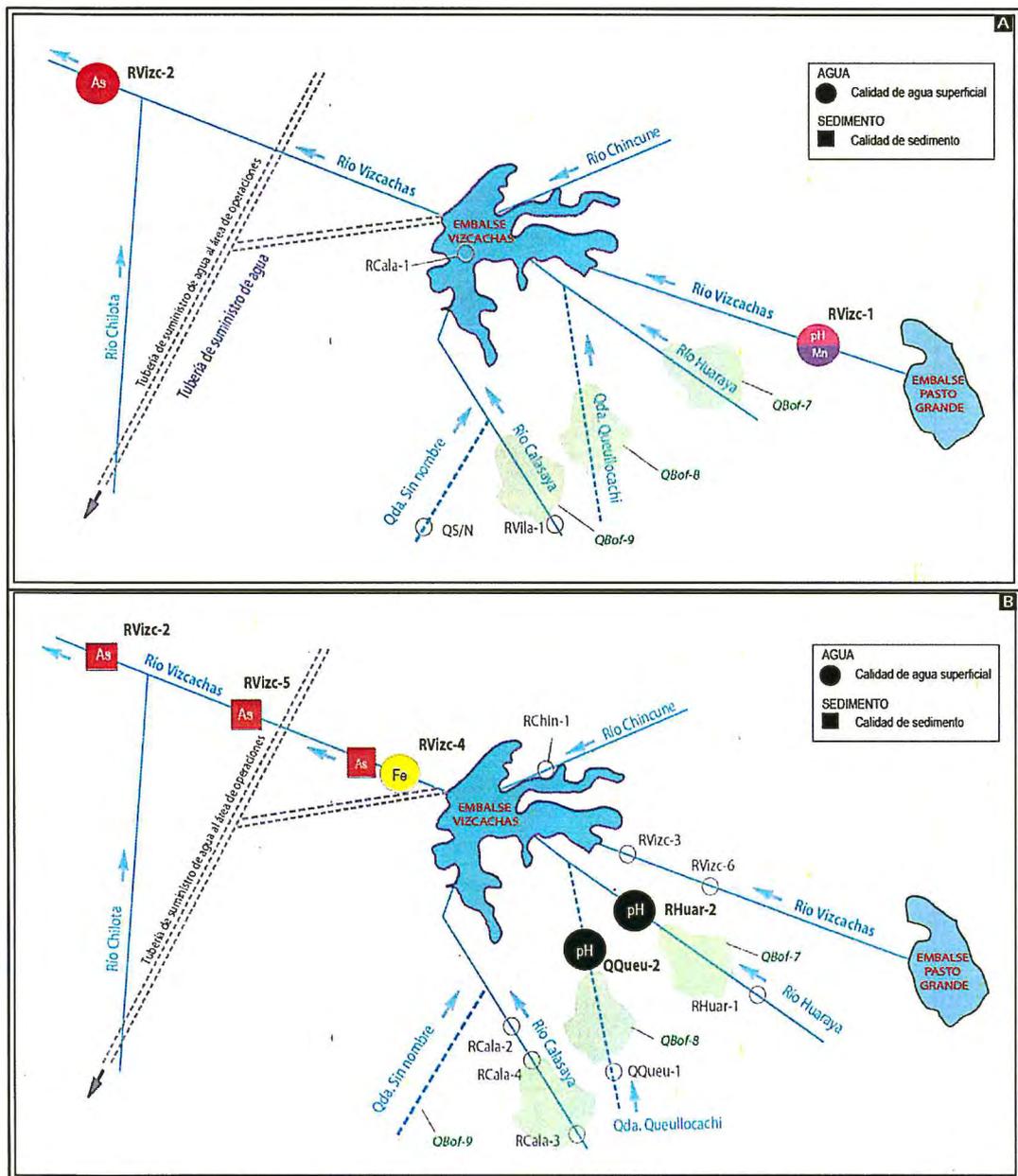


Figura 8-41. Parámetros que incumplieron algún estándar de comparación en épocas a) seca y b) húmeda, para los puntos de la subzona 1 de la zona III



Handwritten notes and signatures in blue ink.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Teniendo en cuenta el número de cuerpos de agua de esta subzona (ríos y quebradas), se detalla el análisis para cada cuerpo de agua, empezando con los afluentes y culminando con los ríos principales.

• **Quebrada Queullocachi y río Huaraya**

Ambos cuerpos de agua son aportantes del río Vizcachas en su parte media, por su margen izquierda, y en ellos se establecieron puntos de muestreo al ingreso (RHuar-1 y QQueu-1) y a la salida (RHuar-2 y QQueu-2) de los bofedales QBof-7 (río Huaraya) y QBof-8 (quebrada Queullocachi), en época húmeda. En ambos cuerpos de agua se observó un incremento de los valores de pH en la salida con respecto al ingreso de los bofedales (de 7,08 a 8,8 para QBof-7 y de 7,2 a 9,28 para QBof-8), hasta alcanzar valores que incumplieron los ECA para agua Cat.3 (2008); con respecto a la conductividad eléctrica solo se reflejó un incremento en sus valores en el bofedal QBof-8. Otros parámetros que incrementaron sus valores a la salida de los bofedales fueron el oxígeno disuelto, la turbidez, bicarbonatos, nitrógeno amoniacal, sólidos totales disueltos, aluminio y arsénico, sin embargo, en ningún caso excedieron la norma de comparación.

Las características hidrogeoquímicas fueron bicarbonatadas sódicas en los puntos QQueu-1, QQueu-2 y RHuar-2, y bicarbonatadas cálcicas-sódicas en RHuar-1 (diagramas de Piper y Stiff); además, según el diagrama de Ficklin, se clasifican como aguas casi neutras con bajo contenido de metales disueltos. El incremento de los valores de pH se debería a la interacción del material de los depósitos biogénicos, cuyo sustrato rocoso corresponde a sedimentos de arenas y limos de origen lacustre de la Formación Capillune; este tipo de rocas generan un ambiente reductor y están asociados a bajo contenido de sulfatos (Custodio, 1996).

En la quebrada Queullocachi, se encontró que la comunidad de microalgas mostró un mejor desarrollo que los macroinvertebrados bentónicos, pues el desarrollo de esta última comunidad fue bastante reducido en riqueza y abundancia. Las microalgas mostraron un incremento en riqueza y abundancia desde la entrada (QQueu-1) hasta la salida del bofedal (QQueu-2), dominando en ambos puntos las diatomeas tanto en riqueza como abundancia. Las diatomeas son consideradas como las microalgas más numerosas del fitobentos y debido a sus características biológicas y ecológicas reflejan el estado ecológico de las aguas superficiales frente a impactos antrópicos (Cox, 1991).

En la parte baja, el punto que presentó aguas de pH básico (9,28), se observó una predominancia de las diatomeas *Fragilaria vaucheriae*, *Ulnaria acus*, *Fragilaria capuccina* y *Ulnaria ulna*, las cuales representaron el 45 % de la abundancia total. Estas últimas dos especies también han sido reportadas en la parte alta de la cuenca Locumba a condiciones de pH mayor o igual a 8,0 y son consideradas representativas de ambientes poco contaminados (Calizaya-Anco *et al.*, 2013).

• **Río Calasaya**

Este cuerpo de agua es aportante del río Vizcachas a la altura del embalse proyectado, por su margen izquierda. El río Calasaya (RCala-2, RCala-3, RCala-4 y RVila-1) fue evaluado en ambas épocas, sin embargo, la quebrada sin nombre (QS/N) fue evaluada solo en época seca. Estos cuerpos de agua presentaron valores de pH cercanos a la neutralidad (6,68-8,18) y conductividad eléctrica menor a 200 µS/cm; además, todos los parámetros evaluados cumplieron con los ECA para



Handwritten notes in blue ink: an arrow pointing up, followed by the letters 'A', 'y', 'e', 'f', 'a', 's' arranged vertically.



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

agua Cat.3 (2008). En relación con el sedimento del punto SED-RCala-2, no se excedieron los valores ISQG o PEL de la CEQG.

Las características hidrogeoquímicas aguas arriba del bofedal Calasaya (RCala-3), durante la época húmeda fueron sulfatadas sódicas, los mismos que cambiaron a sulfatadas cálcicas-sódicas aguas abajo de este bofedal. Asimismo, en la época seca, el punto ubicado aguas arriba del bofedal (RVila-1) y la quebrada sin nombre (QS/N), ubicada a la misma altitud, presentaron facies sulfatadas cálcicas-sódicas. Sin embargo, el río Calasaya (RCala-1) antes de la confluencia con el río Vizcachas presentó características bicarbonatadas sódicas (diagramas de Piper y Stiff). Según el diagrama de Ficklin, todas las aguas en mención se clasifican como casi neutras con bajo contenido de metales disueltos.

Las características sulfatadas en la naciente del río Calasaya y la quebrada sin nombre corresponden a aguas que provienen del centro volcánico Suches, controlado por fallas de dirección NNO-SSE; este sector presenta intensa alteración argílica y óxidos de hierro.

Las comunidades hidrobiológicas no presentaron una variación regular a lo largo del río en la época húmeda. Lo más destacable fue la dominancia de diatomeas tanto en riqueza como en abundancia en las microalgas y la abundancia de organismos EPT en la parte media del río Calasaya (HID-RCala-4); ambos grupos son considerados buenos indicadores de calidad de agua. En este río, solo se observó una calidad ecológica buena en HID-RCala-4; en los puntos restantes la calidad fue moderada.



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a large upward arrow and several smaller arrows pointing to different parts of the text.

Río Chincune

El río Chincune (RChin-1) es aportante del río Vizcachas a la altura del embalse proyectado, por su margen derecha. Este cuerpo de agua presentó un valor de pH cercano a la neutralidad (7,77) y conductividad eléctrica menor a 100 µS/cm en época húmeda; además, todos los parámetros evaluados cumplieron con los ECA para agua Cat.3 (2008). Las características hidrogeoquímicas fueron sulfatadas-bicarbonatadas cálcicas (diagramas de Piper y Stiff); y según el diagrama de Ficklin, sus aguas se clasifican como casi neutras con bajo contenido de metales disueltos. Así también, en sedimentos no se excedieron los valores ISQG o PEL de la CEQG.

En este río, evaluado solo en época húmeda, se reportó la mayor riqueza y abundancia de peces del área de operaciones. Aquí se capturaron trece ejemplares de trucha (Oncorhynchus mykiss) y un bagre (Trichomycterus sp.) que presentaron signos de buena salud, pues no tuvieron lesiones visibles ni parásitos externos; adicionalmente, las truchas colectadas para análisis de metales en tejido muscular, no presentaron concentraciones de metales que excedieran los estándares nacionales e internacionales. En relación a las microalgas, las diatomeas fueron el grupo dominante y en relación a los macroinvertebrados bentónicos dominaron los insectos acuáticos, entre ellos Metrichia sp. (Trichoptera) Austrelmis sp. (Elmidae), los que representaron el 75% de la abundancia total.

En este punto el administrado también reportó truchas (Oncorhynchus mykiss) y bagres (Trichomycterus rivulatus) alcanzando un valor de CPUE82 de 1,537 ind./min, en el monitoreo desarrollado en noviembre de 2011 (Tercera MEIA83); este valor de

82 CPUE: Captura por unidad de esfuerzo. Se obtiene dividiendo el número de individuos capturados sobre el tiempo (minutos).
83 Tercera modificación del Estudio de Impacto Ambiental «Optimización del Diseño y Operación de la Presa Vizcachas» del Proyecto Quellaveco de Anglo American Quellaveco S.A., aprobado mediante Resolución Directoral N.º 377-2012-MEM/AAM, con fecha 14 de noviembre de 2012.



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»

CPUE es similar al obtenido en el presente monitoreo, donde se obtuvo 1,4 ind./min. En este río no se tiene información sobre el análisis de metales en tejido muscular de peces por parte del administrado.

Río Vizcachas

En la época húmeda, los parámetros evaluados en los puntos sobre el río Vizcachas (RVizc-2, RVizc-3, RVizc-4, RVizc-5 y RVizc-6), tanto aguas arriba como aguas abajo del embalse proyectado, cumplieron los ECA para agua Cat.3 (2008), a excepción de la concentración de hierro aguas abajo de este embalse (RVizc-4); además, las características hidrogeoquímicas corresponden a aguas bicarbonatadas sódicas (diagramas de Piper y Stiff). En la época seca, el valor de pH ácido y la concentración registrada de manganeso en el punto RVizc-1 y de arsénico en el punto RVizc-2 incumplieron los estándares mencionados; asimismo, las características hidrogeoquímicas corresponden a aguas sulfatadas sódicas aguas arriba del embalse proyectado, en tanto que, aguas abajo corresponden a aguas bicarbonatadas-sulfatadas sódicas. Según el diagrama de Ficklin, las aguas de todos los puntos se clasifican como casi neutras con bajo contenido de metales disueltos.

El punto de la parte alta del río Vizcachas (RVizc-1) corresponde a la salida del embalse Pasto Grande. Las condiciones de acidez y las concentraciones de metales registradas están relacionadas a la influencia de los ríos Millojahuira, Antajarani y Patara que alimentan el embalse Pasto Grande (Figura 8-42).



Vertical handwritten notes on the left margin, including symbols like a triangle and a circle.

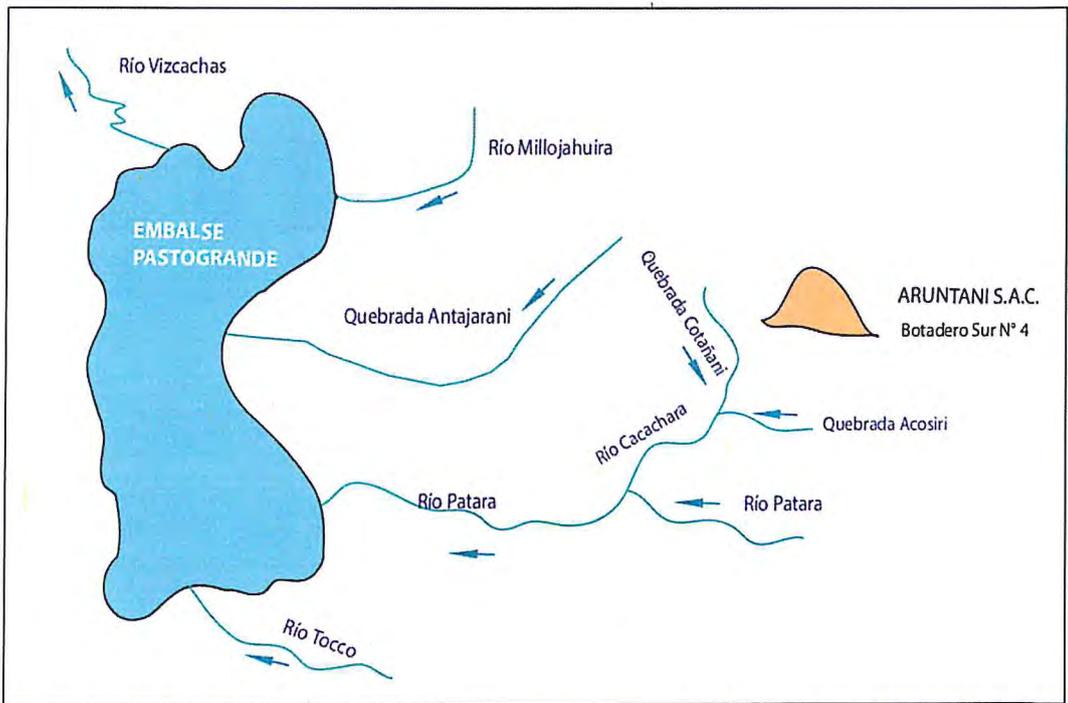


Figura 8-42. Embalse Pasto Grande y red de tributarios en la cabecera del río Vizcachas Fuente: Adaptado de Digesa (2012)

Los ríos Millojahuira y Antajarane se ubican en zonas epitermales con mineralización de sulfuros e intensa oxidación, los cuales generan aguas ácidas por la interacción agua-roca (DAR)⁸⁴. Estos ríos registraron altas concentraciones de metales, el primero

84

Según el International Network for Acid Prevention (2009), el drenaje de roca ácida (DRA), es un proceso natural donde el ácido sulfúrico se produce cuando los sulfuros contenidos en roca son expuestos al agua o aire para crear ácido sulfúrico



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

aporta zinc y níquel, y el segundo cobre, mercurio, plomo, níquel, zinc (OEFA, 2015), además de hierro, molibdeno y bismuto en sedimento, el cual presenta influencia de fuentes termales (PERPG, 2012⁸⁵; Proyecto V5, 2015⁸⁶; OEFA, 2015⁸⁷).

El río Patara aporta aguas ácidas y metales como arsénico, cobre, níquel, plomo y zinc, así como plomo, zinc, antimonio, arsénico, mercurio y cadmio en sedimento, según la evaluación del OEFA (2015), debido a que en la naciente de esta microcuenca se ubican la Unidad Minera Santa Rosa y el pasivo ambiental minero "mina Cacachara" de Aruntani S.A.C.⁸⁸, los cuales serían los posibles aportantes de esos parámetros.

Con respecto a los valores de pH registrados por OEFA, en comparación con los reportados por AAQ S.A. y Pronaturaleza en época seca, se observó que estos valores entre 2010 y 2012 presentaron características cercanas a la neutralidad (7,65-7,94) en el punto RVizc-1; sin embargo, desde el 2013 hasta el 2017 los valores de pH disminuyeron de 5,87 a 4,75 presentando características ácidas. Este comportamiento estaría relacionado a la disminución del pH del agua del embalse. Por otro lado, en época húmeda, se observó un comportamiento inverso a lo antes descrito (Figura 8-43).



Vertical handwritten text: A, D, V, 3, @, J, I, @, G, S, M, R, +

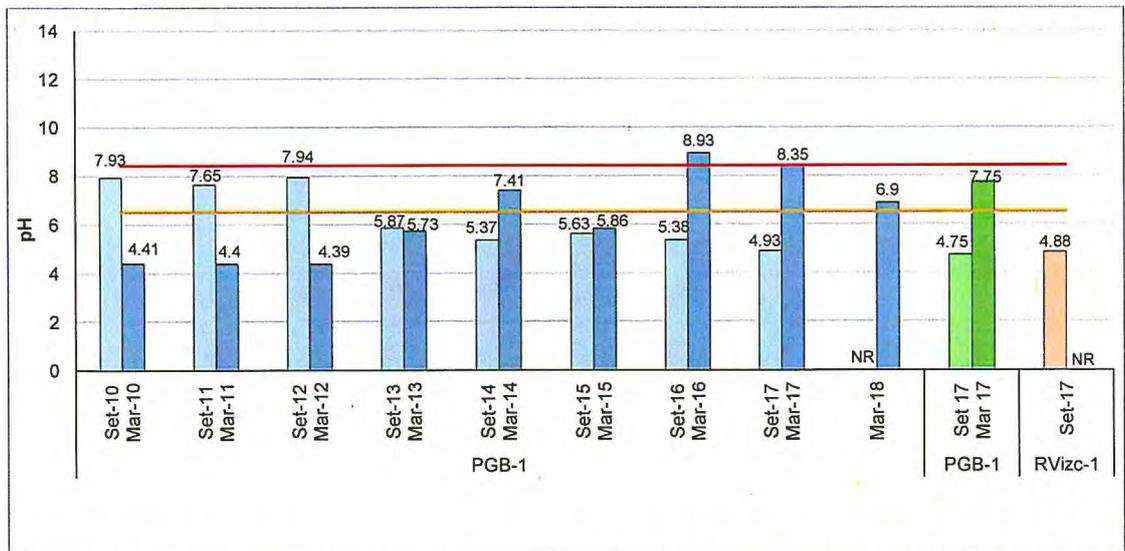


Figura 8-43. Valores de pH registrados en el río Vizcachas (RVizc-1) en época seca entre 2010 y 2017

De igual modo, se observó un incremento en época seca de concentraciones de manganeso; mientras que, en época húmeda, existió un comportamiento variable (Figuras 8-44).

⁸⁵ Proyecto Especial Regional Pasto Grande, Gobierno Regional de Moquegua, 2012.
⁸⁶ Proyecto V 5. "Medidas de remediación de las aguas del embalse Pasto Grande, Moquegua – Perú", 2012
⁸⁷ Informe de evaluación ambiental del embalse Pasto Grande, años 2014 y 2015 - Monitoreo integral participativo
⁸⁸ La Unidad Minera Santa Rosa de Aruntani S.A.C. explota oro.



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

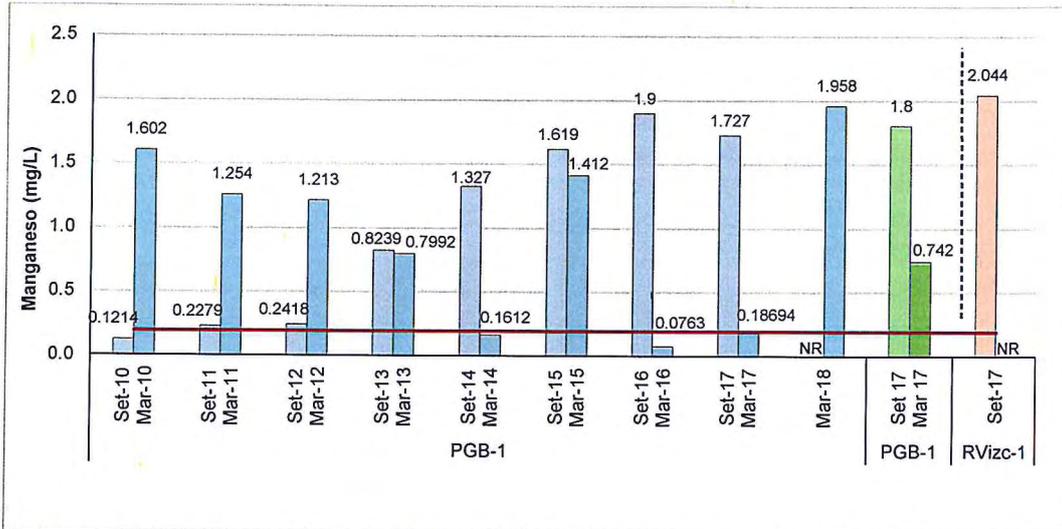


Figura 8-44. Concentraciones de manganeso registradas en en el río Vizcachas (RVizc-1), en épocas seca y húmeda, entre 2010 y 2017

En el río Vizcachas (RVizc-4), aguas abajo del proyecto de embalse Vizcachas, se observó una concentración de hierro en agua (1,231 mg/L) superior a lo registrado en los demás puntos evaluados aguas arriba de este proyecto de embalse (0,2743 a 0,63 mg/L) en época húmeda. Esta condición sería influenciada por la Formación Vizcachas, unidad volcánica compuesta principalmente por tobas constituidas por biotita, cuarzo y en menor medida cristales de hornblenda y plagioclasa (Figuras 8-45).



Handwritten blue notes and arrows on the left margin, including a large 'D' and various symbols.



Figura 8-45. Afloramientos de la Formación Vizcachas con presencia de oxidación en el punto RVizc-4, aguas abajo del futuro dique del embalse Vizcachas



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

Respecto a las concentraciones de arsénico registradas por OEFA, en comparación con las reportadas por AAQ.S.A. y Pronaturaleza, se observó que las concentraciones de este metal en el punto RVizc-2 variaron en época seca, en un rango de 0,055 a 0,0989 mg/L; de forma similar, en época húmeda, variaron de 0,03406 mg/L a 0,1077 mg/L. Comparando ambas épocas, puede observarse un incremento de las concentraciones en época seca con respecto a la época húmeda, lo que se debería a la disminución de las precipitaciones y al aporte del río Chilota, principal aportante de este metal (Figura 8-46).

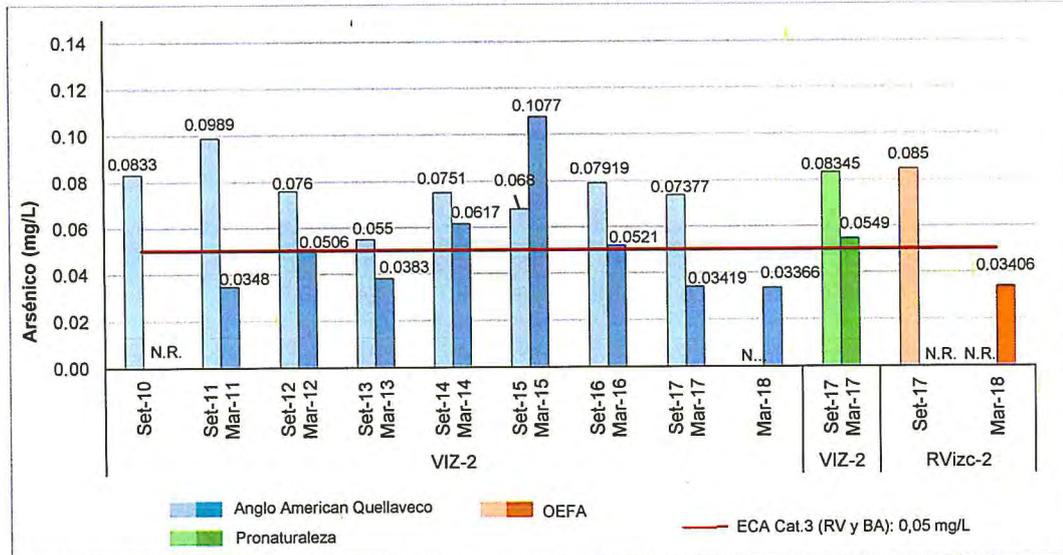


Figura 8-46. Concentraciones de arsénico en agua superficial en el punto RVizc-2 (VIZ-2) del 2010 al 2018 en época seca y húmeda

El sedimento, aguas arriba del proyecto de embalse Vizcachas (RVizc-3), no se excedieron los valores ISQG de la CEQG; sin embargo, aguas abajo del proyecto de embalse Vizcachas, se reportaron concentraciones de arsénico que se incrementaron hasta superar los los valores ISQG en los puntos SED-RVizc-4 y SED-RVizc-5, y PEL en el punto SED- RVizc-2 (20,71 mg/kg) en época húmeda. Este último punto se ubicó aguas abajo de la confluencia del río Chilota, por lo que probablemente el origen del arsénico se deba por un lado, al incremento de concentraciones de arsénico aguas abajo del proyecto de embalse por la actividad erosiva de rocas de la Formación Vizcachas y por otro lado, principalmente, al aporte de arsénico en agua y sedimento del río Chilota, que en su punto más próximo a la confluencia del rio Vizcachas reportó una concentración de arsénico en sedimento de 47,49 mg/kg que excedió el valor PEL de la CEQG.

Las comunidades hidrobiológicas mostraron un comportamiento variable a lo largo del río. Las microalgas mostraron un incremento de riqueza y abundancia desde el punto HID-RVizc-6 hacia el punto HID-RVizc-5 (aguas abajo del embalse proyectado) y disminuyó en el punto HID-RVizc-2 (aguas abajo de la confluencia con el río Chilota). Con los macroinvertebrados bentónicos ocurre una disminución hasta el punto HID-RVizc4 (aguas abajo del embalse proyectado) y luego mostró un incremento hasta el punto HID-RVizc-2 (aguas abajo de la confluencia con el río Chilota). Pese a esas variaciones, la calidad ecológica se mantuvo como moderada desde la parte alta (HID-RVizc-6) hasta antes de la confluencia con el río Chilota (HID-RVizc-5), para luego pasar a tener una calidad buena aguas abajo de la confluencia con este río (HID-RVizc-2).



Vertical handwritten signature in blue ink



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

La mejor calidad ecológica observada en la parte baja del río Vizcachas se debería, principalmente, a una mayor disponibilidad de hábitats (sucesiones de rápidos y remansos) y a la presencia de macrofitas acuáticas, los cuales favorecieron una mayor diversidad de especies de macroinvertebrados bentónicos y disponibilidad de lugares de refugio a los peces. En esta parte del río, a diferencia de los puntos anteriores, se encontró registros de la especie sensible *Claudiopepla* sp. (Plecoptera), la cual es muy representativa de ambientes de buena calidad de agua.

A lo largo del río Vizcachas solo se capturaron peces en el punto HID-RVizc-2, aguas abajo de la confluencia del río Chilota. En este punto se capturaron cuatro truchas (*Oncorhynchus mykiss*), obteniendo una CPUE de 0,4 ind./min. Estos peces presentaron signos de buena salud, pues no tuvieron lesiones visibles ni parásitos externos. El administrado en su tercera MEIA también reportó esfuerzo de pesca en el río Vizcachas; sin embargo, no registró ninguna captura de peces y lo atribuye a una posible descarga de aguas de mala calidad del embalse Pasto Grande.

B. Subzona 2: Chilota

Esta subzona abarca el río Chilota y quebradas tributarias, hasta su confluencia con el río Vizcachas. Se trata de una cabecera de cuenca con alta producción hídrica (caudal anual promedio igual a 0,735 m³/s)⁸⁹ zonificada como Tundra muy Húmeda-Alpino Subtropical (Holdridge, 1982), similar al resto de las microcuencas ubicadas en el área de abastecimiento de agua. La importancia de la evaluación en esta subzona se debe a que en este lugar se ubicará la tubería de suministro que llevará agua desde el río Titire hasta el área de operaciones del PM Quellaveco; y desde el embalse Vizcachas, en caso no exista el caudal suficiente en el río Titire (Figura 8-47).



Vertical handwritten notes and arrows on the left margin, including the word 'Vizcachas' written vertically.

⁸⁹ Segundo Informe Técnico Sustentatorio del Proyecto Quellaveco - Línea de base, Régimen Hidrológico, aprobado mediante Resolución Directoral N.º 055-2018-SENACE-JEF/DEAR, con fecha 20 de abril de 2018.



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

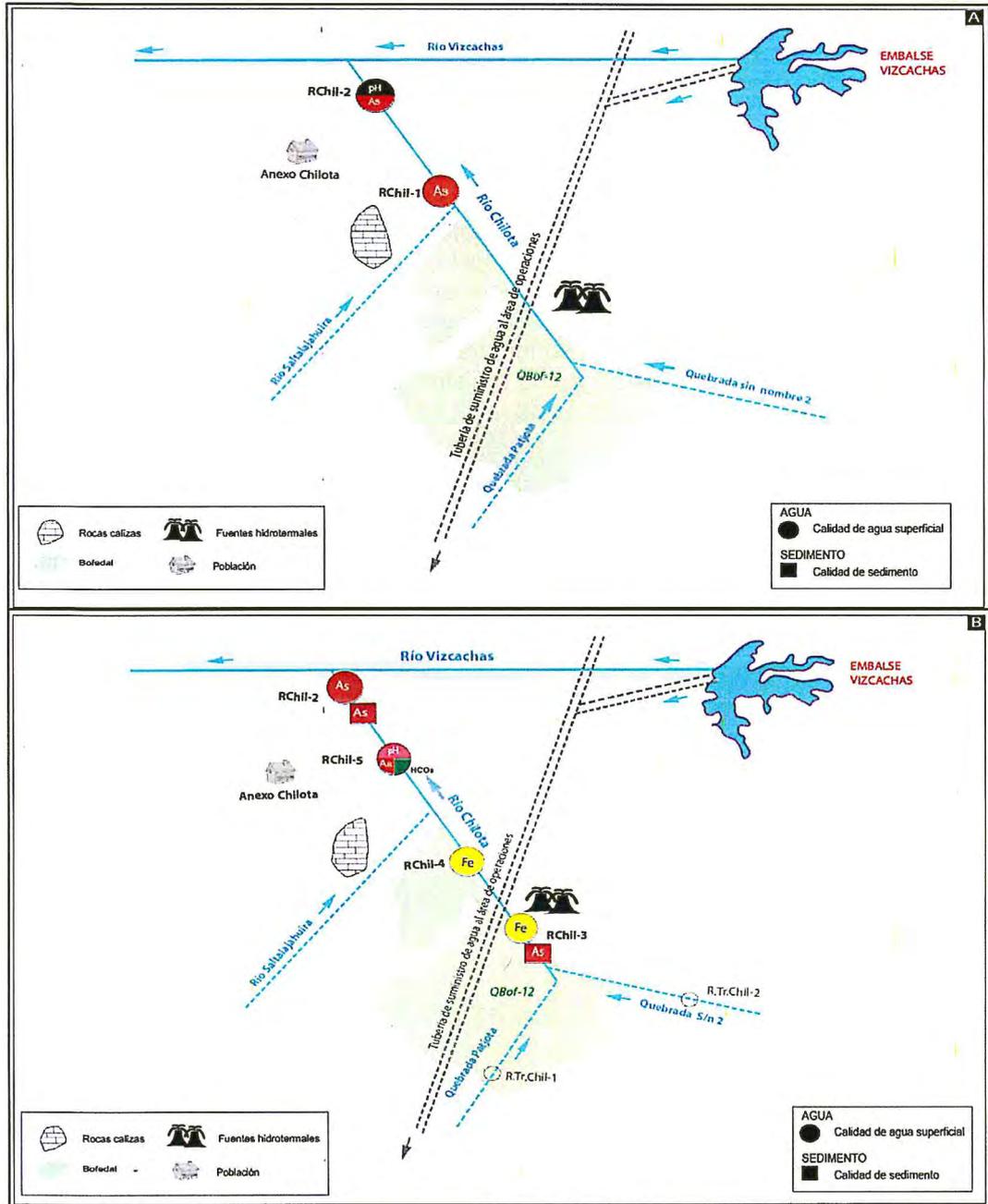


Figura 8-47. Parámetros que incumplieron algún estándar de comparación en épocas a) seca y b) húmeda, para los puntos de la subzona 2 de la zona III

Las matrices evaluadas fueron agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas, además se realizaron estudios especializados de caracterización geológica y evaluación hidroquímica.

En la naciente del río Chilota, los parámetros de calidad de agua de los tributarios evaluados (R.Tr.Chil-1 y R.Tr.Chil-2) en época húmeda (quebrada Patijota y quebrada s/n 1) cumplieron con los ECA para agua Cat.3 (2008). Además, se caracterizan como bicarbonatadas sódicas (diagramas de Piper y Stiff) y como casi neutras con baja carga de metales (diagrama de Ficklin). Estas características se deben a que provienen directamente de manantiales de circulación local.



Handwritten vertical text: D A y @ J e s g A A



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

La parte alta del río Chilota (RChil-3 y RChil-4) se evaluó en época húmeda, clasificándose como aguas de tipo bicarbonatadas sódicas (diagrama Piper y Stiff) y casi neutras con baja carga de metales (diagrama de Ficklin). Esta zona comprende dos bofedales de tipo húmedo (Paccha) y semihúmedo (Lepiche), de una extensión permanente de 1100 ha en las cuales confluyen varias quebradas tributarias en la naciente del río Chilota⁹⁰.

Los resultados de calidad de agua indicaron pH de 7,53 a 7,75, y solo las concentraciones de hierro excedieron los ECA para agua Cat.3 (2008) en los dos puntos de evaluación.

La composición del agua, en esta parte del río Chilota, estaría influenciada directamente por los bofedales emplazados sobre depósitos glaciares, formados por la acumulación de rocas volcánicas erosionadas y depositados en forma de morrenas, donde la dinámica de interacción de la materia orgánica con la fracción mineral (cationes, arcillas y óxidos) y factores como las bajas temperaturas, el tipo de vegetación y el régimen hídrico, condicionarían la baja capacidad de retención iónica de estos ecosistemas (Higueras, 2018); y explicarían la presencia de concentraciones elevadas de hierro en agua. Además, el aporte de los minerales ferromagnesianos provendría de las andesitas grises del centro volcánico Suches que afloran en los alrededores de los bofedales (cerros Achapalli y Vallecito).

En la parte media de la microcuenca, los puntos RChil-1 y RChil-5 presentaron pH ligeramente básico a básico (8,07-8,88, respectivamente). Las concentraciones de arsénico excedieron el ECA para agua Cat. 3 (2008) en ambas épocas, y en el punto RChil-5, los carbonatos (6,5 mg/L), en época húmeda. La caracterización hidroquímica clasificó las aguas como bicarbonatadas-sulfatadas sódicas en RChil-1 (época seca), y bicarbonatada sódica en RChil-5 (época húmeda); según el diagrama de Ficklin, ambas corresponden a aguas casi neutras con baja carga de metales.

El incremento del pH, carbonatos y el incremento de arsénico, con respecto a la parte alta, estaría relacionada a la cercanía con la fuente hidrotermal Chilota (pH 7,6) (Cruz *et al.*, 2014), que corroboran las observaciones de campo en el punto CG-QUE-16, donde se reconoció una estructura cónica compuesta por travertinos (precipitados carbonatados) asociada a la fuente hidrotermal. De igual modo, el estudio hidrogeológico de la línea de base EIA⁹⁰ atribuyó los afloramientos hidrotermales a la presencia de rocas volcánicas muy permeables y fuertemente fracturadas del Grupo Barroso.

En la Pampa Chilota se ha cartografiado niveles de limos, arenas y niveles delgados de *hardground* asociados a ambientes lacustres de la Formación Capillune y niveles calcáreos del Grupo Maure (miembro sedimentario), el cual consiste en niveles esporádicos de calizas, ambas de origen lacustre, los mismos que fueron observados en la caracterización geológica de los puntos CG-QUE-15 y CG-QUE-05 (Figuras 8-48 y 8-49) los que resultaron en la mayor concentración de carbonatos con respecto al resto de puntos ubicados en toda la microcuenca. En esta parte de la microcuenca la presencia de rocas calcáreas (CaCO₃ y MgCO₃), cuarzo y arcillas, serían las responsables de la basicidad del agua, debido a la interacción directa roca-agua en el río Saltiajuaira que tributa al río Chilota.



Handwritten signatures and initials in blue ink, including an arrow pointing upwards and various initials like 'A', 'M', 'C', 'J', 'H', 'G', 'S', 'B', 'A'.

⁹⁰

Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Quellaveco - Volumen II, Sección 4, aprobado mediante Resolución Directoral N.º 266-2000-EM/DGAA, con fecha 19 de diciembre de 2000.



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 8-48. Afloramientos de rocas de origen lacustre a) Formación Capillune CG-QUE-15, con presencia de calizas, y b) Grupo Maure sedimentario (CG-QUE-05)



Handwritten signature and date: 10/03/18



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

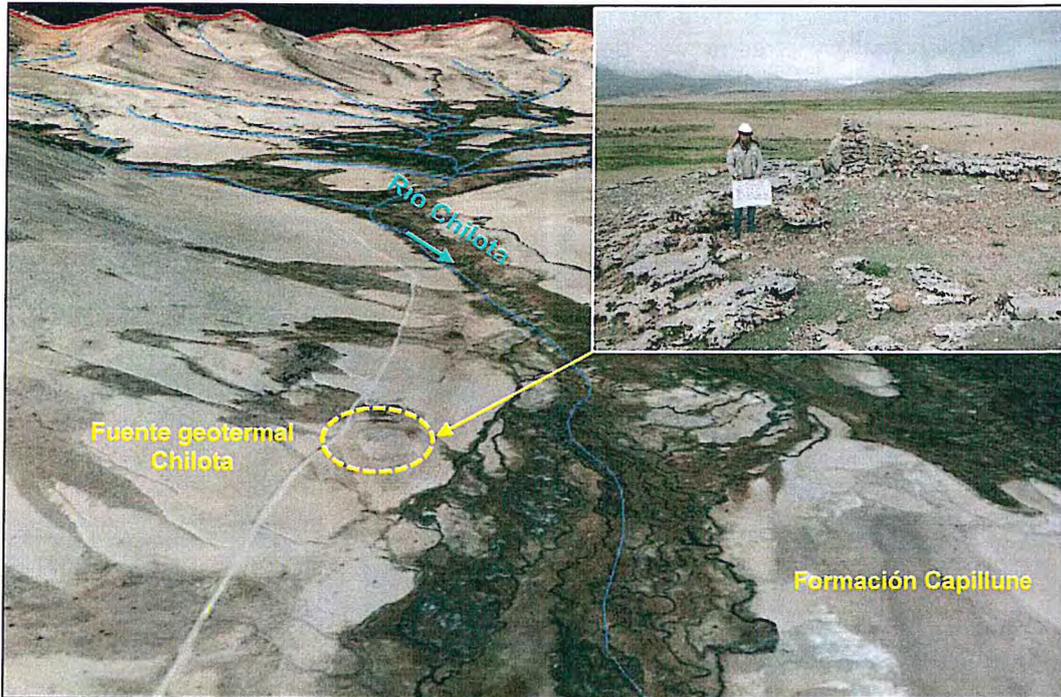


Figura 8-49. Estructura geotermal inactivo Chilota

Según el informe de Pronaturaleza⁹¹ realizado el año 2015 (en el punto CHL-4 próximo a RChil-1), se observó características básicas del agua en época seca (pH=9,11), además se encontró concentración de arsénico (0,069 mg/L) que excedió el ECA para agua Cat.3 (2008) similar al observado en RChil-1 (0,087 mg/L) en época seca.

Los estudios de línea de base de exploración hidrogeológica III Etapa (desde 5 pozos de exploración) del primer EIA⁹², caracterizaron estas aguas como bicarbonatadas sódicas, con pH neutro tendiente a básico (en un rango 7,5 a 8,07) y con concentraciones de arsénico en forma iónica en todos los pozos entre un rango de 0,012-0,0264 mg/L, los que provienen desde acuíferos emplazados en formaciones hidrogeológicas del Grupo Barroso.

En la parte baja de la microcuenca, el punto RChil-2 (ubicado antes de la confluencia con el río Vizcachas) presentó valores de pH básico (8,65) en época seca y ligeramente básico (8,0) en época húmeda; además, solo las concentraciones de arsénico en ambas épocas excedieron los ECA para agua Cat.3 (2008). Las aguas fueron caracterizadas como cloruradas-bicarbonatadas sódicas en época seca y bicarbonatadas sódicas en época húmeda (diagrama de Piper y Stiff), y según el diagrama de Ficklin son aguas casi neutras con bajo contenido de metales disueltos. La variación en las características hidroquímicas de este punto se deberían a la disminución de las actividades geotermales y dilución de cloruros por influencia de las quebradas tributarias.

Con respecto a los valores de pH registrados por OEFA, en comparación con los reportados por AAQ S.A. (2010 a 2018) y Pronaturaleza (2005 al 2017), en el punto

⁹¹ III, IV y V Informe de los monitoreos participativo de agua y aire, realizados en el marco del Proyecto "Ejecución del Programa de Monitoreo Participativo (MAP) en cumplimiento de los compromisos asumidos en la Mesa de Diálogo con Anglo American Quellaveco", realizados en los años 2015 (ambas épocas), 2016 (época húmeda), y 2017 (época seca y húmeda) ejecutados por ProNaturaleza.

⁹² Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Quellaveco - Volumen I, Sección 6. Depósito de relaves de Cortadera, aprobado mediante Resolución Directoral N.º 266-2000-EM/DGAA, con fecha 19 de diciembre de 2000.



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a large blue arrow pointing up and several smaller blue marks.



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

CHL-8 próximo a RChil-2, se observó que el agua superficial mantuvo valores de pH básico (> 8) y el contenido de arsénico superó los ECA para agua Cat. 3 (2008); asimismo, las concentraciones fueron mayores en época seca con respecto a la húmeda (Figura 8-50 y 8-51).

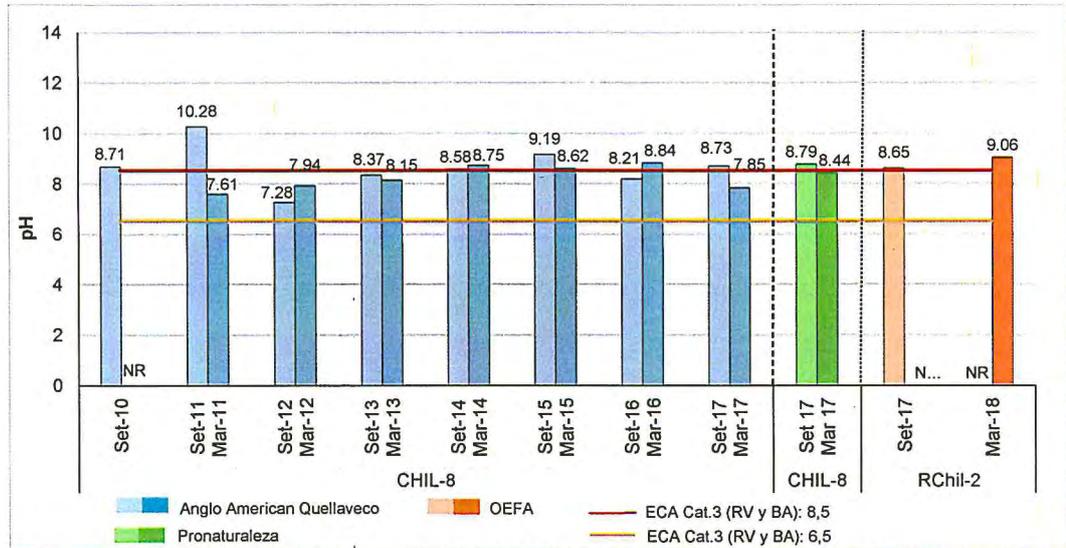


Figura 8-50. Valores de pH registrados entre 2010 y 2018 en el río Chilota

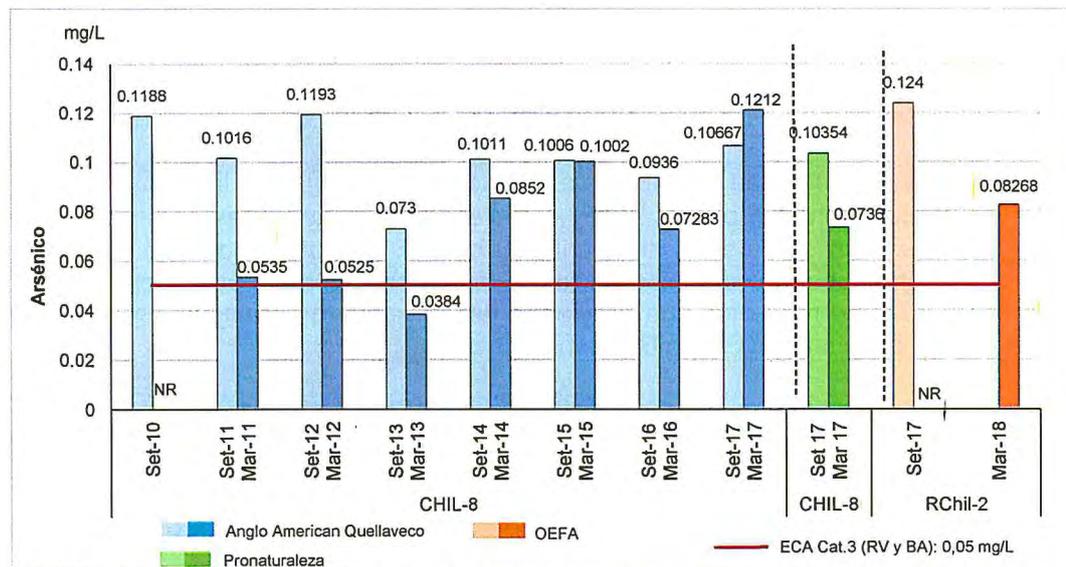


Figura 8-51. Concentraciones de arsénico registrados entre 2010 y 2018 en el río Chilota

En sedimento de la parte alta (SED-RChil-3) se presentó pH ácido (5,4) y una concentración de arsénico (20,21 mg/Kg) que excedió el valor PEL de la CEQG; así también, presentó alto contenido de hierro (13 433 mg/kg) y aluminio (2417 mg/kg). En la parte baja (SED-RChil-2) se registró pH neutro (6,81) y una concentración de arsénico (47,49 mg/kg) que excedió el valor PEL de CEQG en época húmeda, siendo la mayor concentración observada en toda la microcuenca. Estas condiciones estarían asociadas a la acumulación debido al arrastre fluvial desde la parte alta de la microcuenca y las quebradas tributarias.



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



El estudio de prospección geoquímica realizado por Ingemmet⁹³ entre abril y octubre de 2017, determinó las concentraciones de fondo para sedimento en la Subcuenca Coralaque, asociándolo a las unidades litológicas y estructuras. El *threshold*⁹⁴ regional para el arsénico en sedimento fue determinado en 30 ppm debido a las rocas félsicas dominantes de las unidades volcánicas del neógeno (Grupo Barroso y Grupo Maure). En función a este umbral, la parte alta y media del Chilota se encuentran por debajo de este valor; sin embargo, en la parte baja se registró una anomalía geoquímica de 47,49 mg/kg (RChil-2) que superó el *threshold* regional en un 48,3 %.

Las comunidades hidrobiológicas presentaron variaciones a lo largo del río, del mismo modo que las condiciones fisicoquímicas del agua y sedimento, lo cual pudo observarse mejor en la época húmeda. En el caso de las microalgas, se observó un incremento de riqueza y abundancia desde los tributarios de la parte alta (HID-R.Tr.Chil-1 y HID-R.Tr.Chil-2) hacia la parte media (HID-RChil-4 y HID-RChil-5) y finalmente, un descenso en la parte baja (HID-RChil-2); en el caso de los macroinvertebrados bentónicos, se mostró un incremento constante desde los tributarios de la parte alta (HID-R.Tr.Chil-1 y HID-R.Tr.Chil-2) hacia la parte baja (HID-RChil-2).

La comunidad de microalgas presentó una dominancia de diatomeas, las cuales estarían prosperando a valores de pH básico (HID-RChil-2) y concentraciones de arsénico (HID-RChil-2, HID-RChil-5 y HID-RChil-3) y hierro (HID-RChil-3 y HID-RChil-4) que excedieron los estándares de calidad de agua o sedimentos. Los géneros de diatomeas que mejor prosperaron a pH básico y altas concentraciones de arsénico fueron *Diademsis*, *Fragilaria*, *Cocconeis*, *Gomphonema* y *Ulnaria*; por otra parte, los géneros más abundantes en aguas con altas concentraciones de hierro fueron las diatomeas *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Fragilaria*, *Synedra* y *Ulnaria*, y en menor medida las cianobacterias *Chroococcus* y *Gloeocapsa*.

Los macroinvertebrados bentónicos presentaron dominancia de organismos EPT y coleópteros en todos los puntos y mostraron un incremento progresivo de la calidad ecológica pasando por mala (HID-R.Tr.Chil-2), moderada (HID-RChil-3 y HID-RChil-4) y buena (HID-RChil-5 y HID-RChil-2), desde la quebrada tributaria de la parte alta hasta la parte baja, antes de su confluencia con el río Vizcachas. A lo largo de todo el río Chilota, se observó la presencia del coleóptero *Austrelmis* sp, que fue determinada como especie indicadora del área de abastecimiento de agua (zona III) y de cuerpos de agua con calidad ecológica buena, según el análisis multivariado IndVal.

En este río también se capturaron truchas (*Oncorhynchus mykiss*), exactamente tres individuos, en la parte baja del río (HID-RChil-2); estos peces presentaron signos de buena salud, pues no tuvieron lesiones visibles ni parásitos externos. Esta especie tiene preferencia por hábitats de corrientes moderadas y ocupa generalmente los tramos medios de fondos pedregosos y de moderada vegetación (Ragash, 2009), los cuales fueron frecuentes en este tramo del río Chilota.

C. Subzona 3: Titire

En esta subzona se evaluaron las matrices agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas en dos puntos de muestreo en el río Titire, uno ubicado cerca de la zona hidrotermal Puente Bello (RTiti-1), y otro inmediatamente aguas arriba de la

⁹³ Estudio de prospección geoquímica de segunda fase en la cuenca Tambo: subcuencas medio Tambo, Coralaque, medio Alto Tambo, Ichuña y Alto Tambo. Cap. Boletín N.º B043. IV Sedimentos. 2017. <http://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/ingemmet/862>

⁹⁴ Límite cuantificable producto de un estudio con valor estadístico que demarca un umbral o rango de concentración de un elemento o compuesto.


 SUBDIRECCIÓN
 TÉCNICA
 CIENTÍFICA
 ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - TYNEMER
 b
 A
 y
 e
 f
 ↓
 e
 G
 S
 M
 A
 ↓



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»

estructura de captación de agua (RTiti-2). Además, se realizó el estudio de caracterización geológica.

La importancia de la evaluación en esta subzona se debe a que se encuentra en la zona de captación, donde se construirá la infraestructura para derivar un caudal de hasta 700 L/s del río Titire, hacia el área de operaciones del PM Quellaveco. En las Figuras 8-52A y 8-52B, se esquematiza los principales resultados para época seca y época húmeda, respectivamente, y otros elementos de discusión.



D
A
M
@
J
@
G
S
S

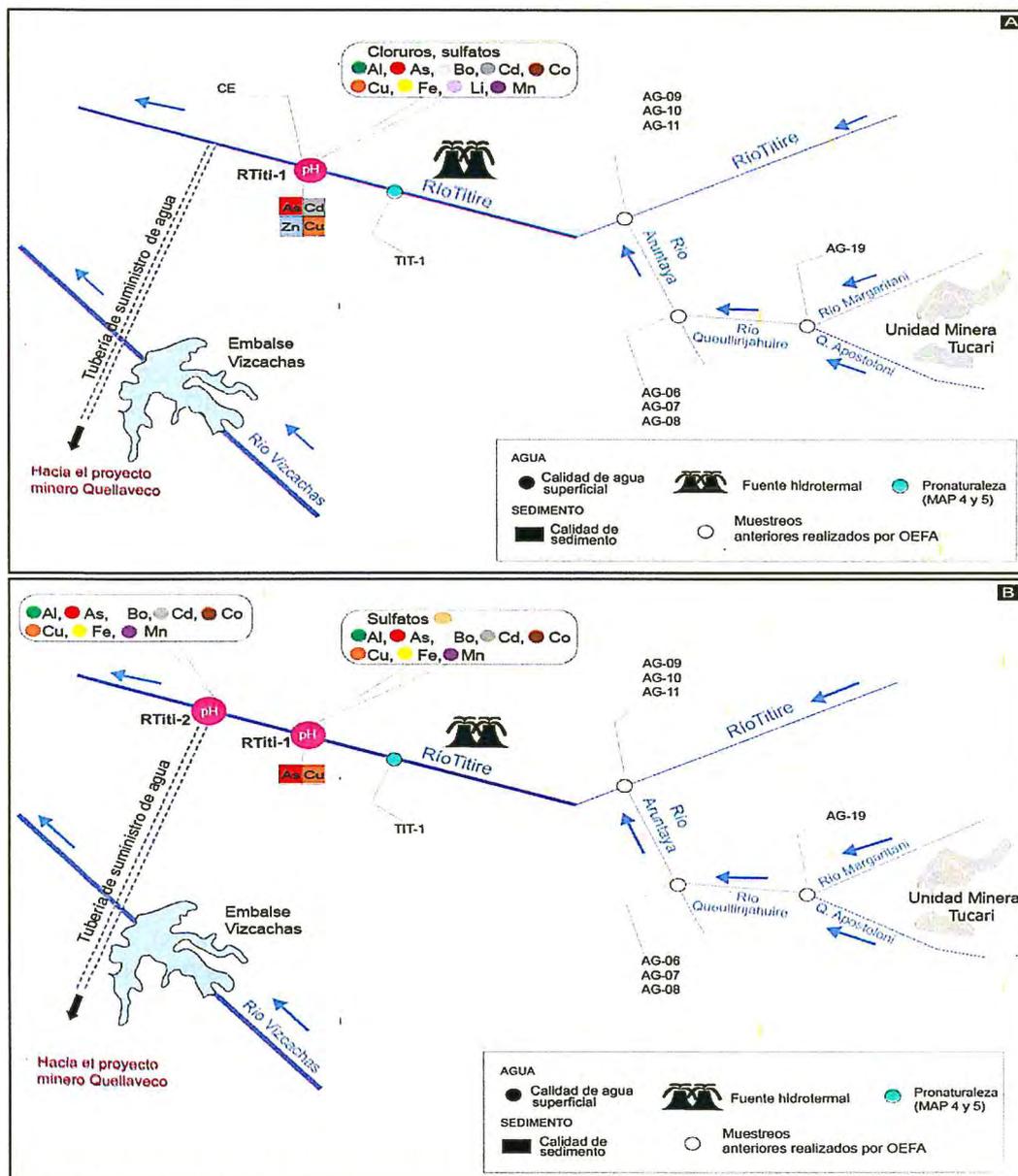


Figura 8-52. Parámetros que incumplieron algún estándar de comparación en épocas a) seca y b) húmeda para los puntos de la subzona 3 de la zona III

Los resultados de la evaluación en los puntos RTiti-1 y RTiti-2 del río Titire, mostraron valores de pH ácido (de 3,2 a 5,44) en agua superficial y sedimento (4,19 unidades); además, en agua se han registrado valores elevados de conductividad eléctrica y concentraciones de aluminio, arsénico, cadmio, cobalto, cobre, hierro y manganeso, superiores a los ECA para agua Cat.3 (2008) en ambos puntos, tanto en época seca



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

como en época húmeda. Asimismo, las concentraciones de boro y litio en RTiti-1 superaron el estándar en época seca.

Estos resultados encuentran una explicación en la naturaleza hidrogeológica de la zona, caracterizada por manifestaciones termales en la zona geotermal Titire - Puente Bello (Figura 8-53); y en la influencia de operaciones mineras de la unidad minera Florencia Tucari, perteneciente a la empresa Aruntani S.A.C., ubicada aproximadamente a 30 km aguas arriba del punto de captación.

La naturaleza de las aguas termales está caracterizada por la presencia de elevadas concentraciones de cloruros y sodio. Lo cual es concordante con la clasificación clorurada sódica del análisis hidroquímico para época seca.

En el boletín número 58 del Ingemmet: "Caracterización del potencial geotérmico de la región Moquegua", se listan una serie de manifestaciones termales aproximadamente a 400 m aguas arriba del punto RTiti-1 (Figura 8-2). El documento menciona que el pH varía entre 6 y 7, y la conductividad eléctrica entre 15 y 22 mS/cm, lo que indica que son aguas neutras a ligeramente ácidas y altamente mineralizadas (Cruz *et al.*, 2014). En la zona de captación (RTiti-2) y alrededores (TIT-1 y RTiti-1), los estudios publicados por los mismos autores, mencionan que las manifestaciones hidrotermales estarían relacionadas a la presencia de arsénico, litio y boro.



Vertical handwritten notes in blue ink, including symbols like arrows and letters.

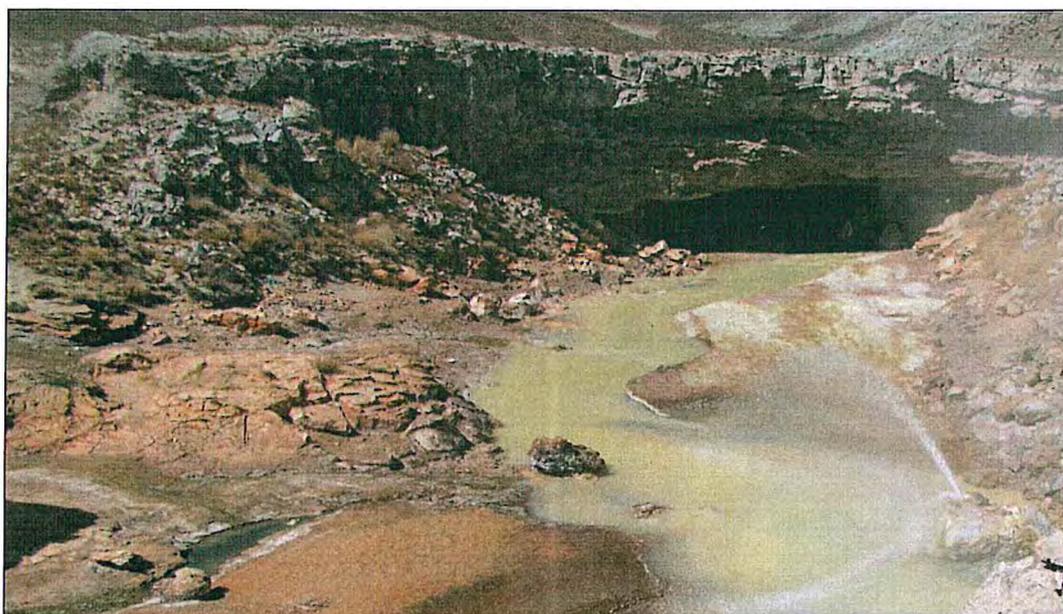


Figura 8-53. Manifestación termal en Puente Bello, aproximadamente a 400 m aguas arriba del punto RTiti-1 (época seca)

En la Figura 8-54 se muestran los valores de pH en los puntos RTiti-1 y RTiti-2, en comparación con resultados de otros estudios realizados en los alrededores de la zona de captación. Los puntos AG-06, AG-07, AG-08, AG-10, AG-11 y AG-19 corresponden a evaluaciones ambientales del OEFA, en la cuenca Tambo⁹⁵ y en el área de influencia de la unidad minera Tucari⁹⁶; los puntos 1 al 17 fueron tomados del Boletín 58 de Ingemmet; y el punto TIT-1 de monitoreos ambientales participativos (MAP) realizados por Pronaturaleza.

⁹⁵ Informe N.º 00123-2016-OEFA-DE-SDLB-CEAI. "Evaluación ambiental de la cuenca Tambo durante el año 2016".

⁹⁶ Informe N.º 0095-2017-OEFA-DE-SDLB-CEAME. "Evaluación ambiental en el área de influencia de la unidad minera Tucari, durante el año 2017".



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

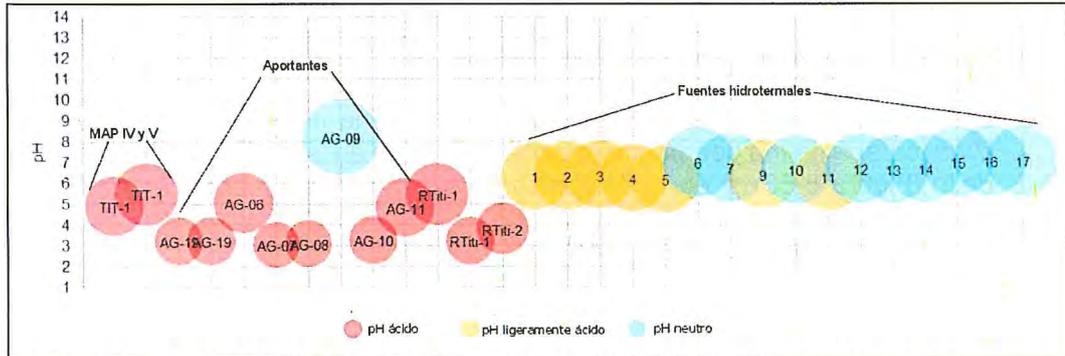


Figura 8-54. Variación de pH en la zona de estudio entre los años 2014 a 2018

Estos resultados evidencian que las características ácidas serían aportadas por los tributarios. Los resultados de la evaluación en la cuenca Tambo (mayo 2016) mostraron que aguas arriba de la confluencia del río Titire con el río Aruntaya (AG-09), el río Titire presenta características neutras; mientras que el río Aruntaya presenta pH entre 3 y 5 unidades.

La evaluación del OEFA en la cuenca Tambo⁹⁵ mostró que los cambios en las concentraciones de metales del río Titire se presentan luego de la confluencia con el Aruntaya. La evaluación de la misma institución en el área de influencia de la UM Tucari⁹⁶, precisa que los aportes al río Aruntaya provienen del río Margaritani, presentando concentraciones de sulfatos, aluminio, arsénico, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, níquel y zinc que incumplieron con los ECA para agua Cat.3 (2008). Estas características fueron atribuidas al "aporte de los afloramientos de agua con presencia de lixiviados y efluentes". Estos resultados son concordantes con las características hidroquímicas en época húmeda, que se indican como sulfatada sódica.

Estos cambios en las características del río Titire, de época seca a época húmeda, se analizaron utilizando los resultados de los monitoreos desarrollados por AAQ S.A. entre 2010 y 2018, en la que se muestran, en el punto TIT-1 (equivalente a RTiti-1). Se presentan las variaciones del pH y los caudales (Figura 8-55a), y la variación temporal de las concentraciones de cobre y zinc, asociada a aportes del río Aruntaya, y de litio, asociada a fuentes hidrotermales (Figura 8-55b).



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

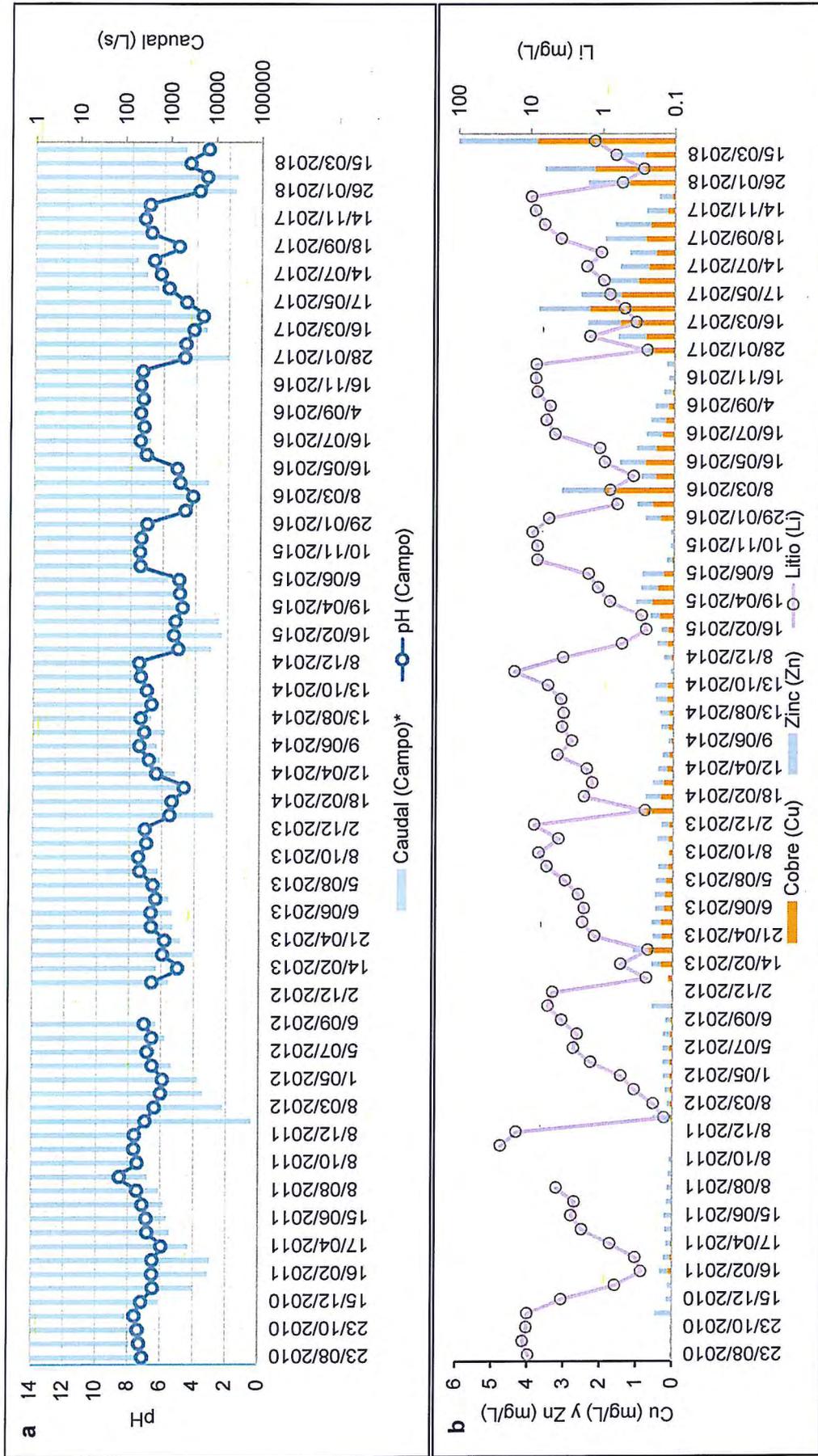


Figura 8-55. a) Valores de pH y caudales, y b) concentraciones de cobre, zinc y litio, en el punto TIT-1 durante el 2010 y 2018

*Mediciones directas en campo



Handwritten signature and date: 15/03/2018



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

La Figura 8-5a muestra la variación estacional en el cambio de los valores de pH, presentándose valores menores en temporada de mayor caudal (época húmeda). Hasta finales de la época seca del 2013, no se registran variaciones estacionales pronunciadas; sin embargo, a partir de enero 2015 se muestran condiciones cada vez más ácidas en las épocas húmedas. En abril de 2018 se registró el pH más ácido de todo el periodo evaluado, con un valor de 3,27 unidades de pH.

Del análisis de la variación de la concentración de metales (Figura 8-5b), se observó una tendencia creciente de las concentraciones de cobre y zinc. Los incrementos de estos metales se dan en época húmeda, meses en los que se tiene un mayor aporte del río Aruntaya. En época seca, con el aumento del pH, se observó que las concentraciones de metales en agua disminuyeron; sin embargo, la tendencia en el tiempo es a incrementarse. Junto con la acidificación de las aguas en esta zona, las mayores concentraciones de cobre y zinc se presentaron en el 2018.

A diferencia de los metales antes mencionados, las concentraciones de litio no presentaron una tendencia a incrementarse con el tiempo. Sus fluctuaciones estarían relacionadas a las variaciones de caudal en el río y a la descarga de las fuentes termales. En los meses de época húmeda se ve un descenso de sus concentraciones facilitado por el incremento de caudal, el cual favorecería la dilución de las concentraciones aportadas por la zona geotermal Titire-Puente Bello.

En sedimento, las concentraciones de arsénico y cobre en ambas épocas, y cadmio y zinc en época seca excedieron los valores ISQG o PEL de la CEQG en el punto SED-RTiti-1, de forma similar a lo reportado en agua superficial. Las altas concentraciones se deberían al arrastre de sedimentos con altas concentraciones de metales provenientes de la zona de operaciones mineras ubicadas aguas arriba del punto de captación, condición que ha sido explicada detalladamente en los párrafos anteriores.

El tratamiento estadístico de los resultados hidrobiológicos mostró que los puntos RTiti-1 y RTiti-2, se diferencian significativamente del resto de puntos evaluados, tanto para el área de abastecimiento de agua como para el área de operaciones, resultando la calidad ecológica muy mala. Esto se debería, principalmente, a las condiciones ácidas del agua y del sedimento que, como efecto asociado, promueven una mayor concentración de elementos en su forma iónica (Sieguel, 2002), tal como se pudo observar con las altas concentraciones de algunos metales (p. ej. aluminio, arsénico, boro, cadmio, cobalto, cobre, hierro, litio y manganeso) en ambas épocas, que fueron las mayores de toda el área evaluada.

La acidez en el agua genera cambios en la composición de macroinvertebrados bentónicos (Tripole *et al.*, 2008) de mismo modo que altas concentraciones de metales pesados (Hickey y Clements, 1998). En el río Titire, las condiciones mencionadas trajeron como consecuencia una escasa riqueza y abundancia que en ningún caso superó las 9 especies y 26 individuos, con una predominancia de especies tolerantes (p. ej. familias Chironomidae y Ephydriidae) y facultativas (p. ej. familias Baetidae, Corixidae y Elmidae).

En relación con las microalgas, existe un umbral de pH de 4,5 aproximadamente, por debajo del cual, muchas especies de diatomeas serían eliminadas o simplemente no tienen capacidad de crecimiento (Aguilera *et al.*, 2007; DeNicola, 2000). Las microalgas que presentaron una mayor abundancia frente a estas condiciones fueron las diatomeas *Achnanthydium cf. exilis*, *Nitzschia gracilis*, *Nupela sp.*, *Pinnularia pisciculus var. angusta*, *Ulnaria ulna*, y *Gomphonema cf. mexicanum*, además de la



Handwritten notes in blue ink on the left margin, including an upward arrow, the number '2', a triangle, the number '4', a circle, a downward arrow, and the number '9'.



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

cianobacteria *Phormidiochaete crustacea*. Entre los géneros registrados en este río, fueron hallados algunos capaces de tolerar ambientes de aguas ácidas como *Achnanthydium* (Verb y Vis, 2000; Morin *et al.*, 2012) y *Pinnularia* (Czarnecki y Cawley, 1997; Verb y Vis, 2000; Sabater *et al.*, 2003).

8.2.2 Flora silvestre

Se realizó la comparación entre los ecosistemas frágiles (bofedales) con sus formaciones vegetales asociadas al área de abastecimiento de agua del proyecto minero Quellaveco (en adelante, área de estudio). Con la finalidad de fortalecer la distinción de la vegetación entre las formaciones vegetales se presenta el análisis de los estadísticos multivariados. En ese sentido, este estudio permite tener un mejor conocimiento de las especies que se desarrollan en cada formación vegetal (flora vascular), en las zonas evaluadas que corresponden al área de estudio.

Se evaluaron 7 zonas (6 bofedales y 1 unión de quebradas⁹⁷), además de sus formaciones vegetales asociadas (bofedal, pajonal, roquedal y tolar) (Figura 8-56). Es importante recalcar que, en la zona de unión de quebradas se evaluó la vegetación asociada a sus orillas, que principalmente contiene una mixtura de especies por formación vegetal de pajonal y roquedal



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a vertical list of letters: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z.

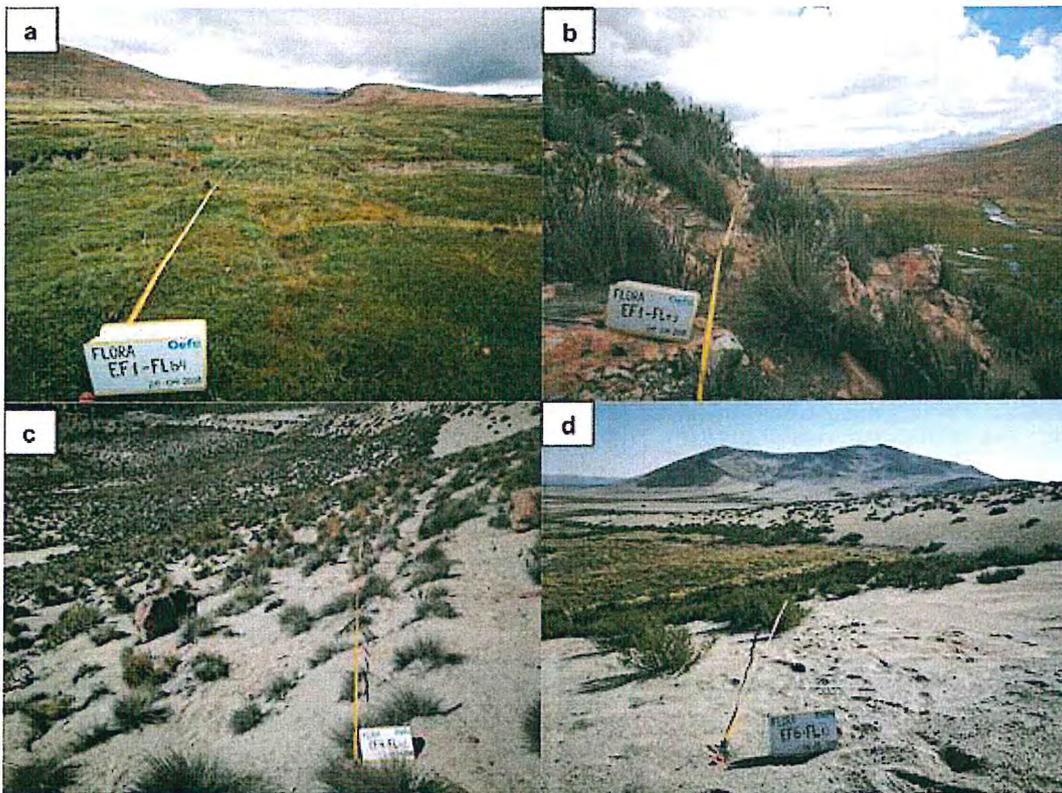


Figura 8-56. Formaciones vegetales identificadas en el área de estudio a) bofedal, b) roquedal, c) pajonal, y d) tolar

En esta evaluación se registró 152 especies de flora, mientras que estudios anteriores en el área, realizados por AAQ S.A., se registraron 107 especies⁹⁸, 128 especies⁹⁹ y

97 Zona donde se ubicará el futuro embalse Vizcachas.
98 Línea base EIA 2000
99 Línea base EIA, Segunda modificatoria 2010 (abastecimiento de agua)



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

52 especies¹⁰⁰ de flora silvestre. Esta riqueza de especies muestra la amplia diversidad presente en el área de estudio, debido principalmente a la presencia de ambientes heterogéneos¹⁰¹.

De las especies registradas durante la evaluación, más del 50 % ya han sido reportados por otros estudios en bofedales similares de ecosistemas altoandinos en el Perú, tales como el de Flores (1992)¹⁰², Salvador y Cano (2002), Flores *et al.* (2005), y García y Beck (2006).

Las familias más diversas en el área de estudio y en las diferentes formaciones vegetales fueron Asteraceae y Poaceae, siendo estas las más diversas en hábitats altoandinos (Gentry, 1993) y, en suelos crioturbados y formaciones vegetales asociadas (Cano *et al.*, 2010). Además, las familias Asteraceae y Poaceae son la segunda y quinta familia, respectivamente, con mayor número de especies en el Perú (Brako y Zarucchi, 1993).

La mayor riqueza de especies se encontró en la formación vegetal de roquedales con 71 especies (46,7 %) del total; uno de los factores que favoreció la alta riqueza en esta formación fue la presencia de variados microhábitats. Además, se observa que están muy relacionados con las formaciones vegetales de pajonal y tolar (Figura 7-158). La formación vegetal de bofedal, con 67 especies (44,1 %), resultó la segunda formación vegetal con mayor riqueza, debido principalmente al esfuerzo de muestreo realizado (32 transectos), puesto que es un ecosistema mucho más homogéneo en estructura que la formación vegetal de roquedal y pajonal.

En los bofedales evaluados se registraron varias especies propias de ambientes hidromórficos¹⁰³, con diferentes adaptaciones y requerimientos hídricos, entre ellas las especies: *Werneria pygmaea*, *Lachemilla diplophylla*, *Distichia muscoides*, *Eleocharis albibracteata*, *Lilaeopsis macloviana*, *Plantago tubulosa*, *Calamagrostis rigescens*, *Oxychloe andina*, *Phylloscirus acaulis*, *Gentiana sedifolia*, y otras especies del género *Hypochaeris* spp., estas especies son estructuradoras (especies que forman la vegetación de un determinado bofedal) de estos ecosistemas (Cerrate, 1979). Además, *Oxychloe andina*, *Distichia muscoides*, *Lilaeopsis macloviana*, *Elodea potamogeton* y especies del género *Ranunculus* spp., requieren el agua de manera permanente (Leon y Young, 1996), por lo tanto, la presencia de estas especies sería un indicador de la disponibilidad de agua, pues su disminución o desaparición sugeriría la falta o ausencia del recurso hídrico (Figura 8-57).



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

100 Línea base de la Tercera modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Quellaveco en relación a la "Optimización del Diseño y Operación de la Presa Vizcachas", aprobado el 14 de noviembre de 2012, mediante Resolución Directoral N.º 377-2010-MEM/AAM.
101 Presencia de variados microhábitats en una determinada zona de estudio.
102 Este autor recoge los registros de Weberbauer (1945), Tovar (1973, 1990), Flores y Malpartida (1981), ONERN (1984), Atayupanqui (1987), Canales y Tapia (1987)
103 Áreas que permanecen húmedos todo el año.



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



Figura 8-57. Especies propias de ambientes hidromórficos a) *Distichia muscoides*, b) *Oxychloe andina*, c) *Hypsellia reniformis*, d) *Lachemila diplophylla*, e) *Ourisia muscosa*, f) *Werneria pygmaea*, identificadas en los bofedales del área de estudio

Asimismo, de acuerdo a las formas de crecimiento las plantas herbáceas fueron las más diversas (84,2 %), quienes por poseer menor biomasa y encontrar condiciones propicias generadas por los pajonales y arbustos (sombra, protección contra el viento, calor, incluso retención de humedad, entre otros beneficios), se desarrollan de manera favorable a excepción de algunos arbustos del género *Parastrephia* (Weberbauer, 1945; Tovar, 1990).

La mayor cobertura vegetal en los transectos evaluados para cada formación fue en promedio 78,59 % para el bofedal y 56,5 % para el pajonal, mientras que los porcentajes más bajos se presentaron en la formación de roquedal y tolar con 42,4 % y 35 % respectivamente, debido principalmente a la presencia de roca, piedras (roquedal) y mayor área de suelo descubierto (tolar).



Handwritten notes and symbols on the left margin, including an arrow pointing up and various symbols like '8', 'A', 'y', '©', 'f', 'p', 'e', 's', 'u', 'A', 'A'.



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

La especie con mayor abundancia relativa en el área de estudio fue *Lachemilla diplophylla*, siendo a su vez esta, la principal especie de la formación vegetal bofedal; entre otras especies en esta formación, estuvieron, *Oxychloe andina*, *Werneria pygmaea*, *Distichia muscoides* (Figura 8-57). Mientras que, en las formaciones vegetales asociadas (pajonales, roquedales y tolares), las especies con mayor abundancia relativa fueron *Eleocharis albibracteata*, *Phylloscirus acaulis*, *Parastrephia lucida*, *Festuca orthophylla* y *Calamagrostis jamesonii*, entre otras. Todas estas especies resaltan la importancia de estas formaciones como ecosistemas que ayudan a preservar la flora local. Se observó, también, una variación en la dominancia de especies entre formaciones vegetales, destacándose las especies dominantes en cada formación.

En el bofedal se observó que las especies con mayor abundancia relativa fueron todas higrófilas¹⁰⁴, entre ellas las especies *Lachemilla diplophylla*, *Oxychloe andina* y *Distichia muscoides*; principalmente porque necesitan de ambientes saturados de agua para poder desarrollarse (Figura 8-57). En el pajonal las especies principales fueron *Festuca orthophylla* y *Calamagrostis vicunarum*, ambas especies propias de este ecosistema en el sur del Perú (Brako y Zarucchi, 1993). La vegetación de roquedal presentó a *Festuca orthophylla* y *Parastrephia lucida*, como especies con mayor abundancia relativa; y para la formación vegetal de tolar, la especie con mayor abundancia relativa por excelencia fue *Parastrephia lucida*.

Los valores de diversidad variaron de acuerdo a la formación vegetal evaluada. Donde, las formaciones vegetales más diversas fueron las evaluados en bofedales seguida de la vegetación de roquedal, pajonal y tolar, mientras que la formación vegetal de tolar fue la menos diversa. Las zonas de los ecosistemas frágiles EF4 y EF2 (ambos pertenecientes al centro poblado Huachunta), que bordean la quebrada Queullocachi y el río Vizcachas respectivamente; estos fueron los bofedales con mayor diversidad, debido principalmente a la equitatividad de las abundancias en sus especies. Sin embargo, la zona EF6 que está asociado a las cabeceras que da origen al río Chilota y el EF8 ubicado en la parte alta del río Calasaya, son los bofedales menos diversos debido a la predominancia de la especie *Oxychloe andina*, ya que esta presenta mayor abundancia relativa. Respecto a las formaciones vegetales asociadas, el roquedal de la zona EF5 que está influenciado parcialmente por el río Calasaya (cercano al centro poblado Huachunta) y EF7 zona de intersección de los ríos Chincune y Vizcacha, fueron las zonas más diversas; sin embargo, la formación vegetal de tolar en la zona EF6 (parte alta del río Chilota), fue la que presentó menor diversidad.

El análisis de similaridad y estadístico multivariado (NMDS) muestra que las formaciones vegetales se encontraron bien definidas (agrupadas), siendo las más cercanas entre sí los transectos en los bofedales; asimismo, las formaciones vegetales asociadas (pajonal y roquedal) forman otro agrupamiento bien definido, debido a que estas comparten sustratos similares (suelo descubierto, rocas y arena), incluido la formación vegetal de tolar (Figura 7-158).

Se encontraron dos especies endémicas de Perú: a) *Gentianella persquarrosa*, registrada en el bofedal de la zona EF1 (influenciado por el río Chincune) y b) *Gentianella potamophila* registrada en los bofedales de las zonas EF1 (influenciado por el río Chincune), EF2 (influenciada por el río Vizcachas) y EF6 (parte alta del río Chilota). Cabe resaltar que, la especie *Gentianella persquarrosa* no fue reportada



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a large arrow pointing upwards and various initials and symbols.

104

Plantas adaptadas a suelos muy húmedos, propias de las zonas húmedas.



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

anteriormente en el departamento Moquegua¹⁰⁵, ampliando su distribución con esta evaluación (Figura 8-58).

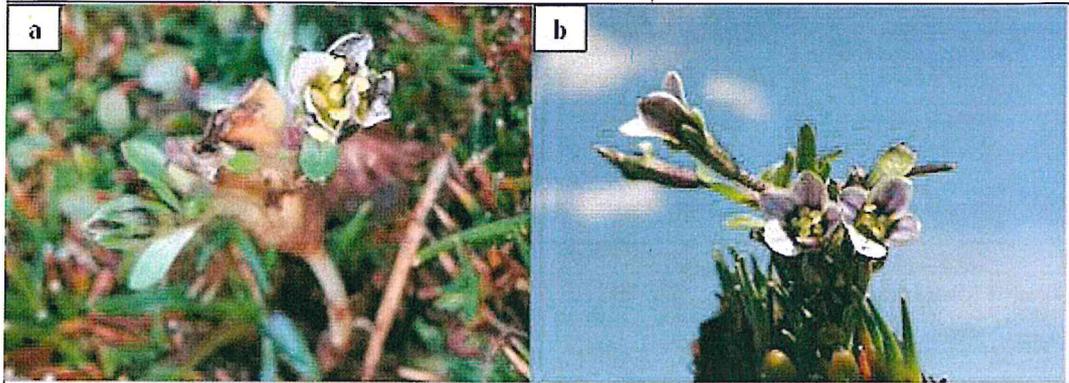


Figura 8-58. Especies endémicas registradas en el área de estudio a) *Gentianella persquarrosa* y b) *Gentianella potamophila*

Por otro lado, estas formaciones vegetales son propicias para el desarrollo de especies que se encuentran en constante amenaza y son reguladas por el Cites (lista que regula su comercio y tráfico), como *Opuntia ignescens* (Cactaceae) registrados en los roquedales de las zonas EF5 (influenciado parcialmente por el río Calasaya) y EF7 (donde se da la intersección de los ríos Chincune y Vizcachas). Además, en la formación bofedal de las zonas EF4 y EF6, y la formación de roquedal de la zona EF7 se registraron en todas estas la especie *Myrosmodes nervosa* (Orchidaceae). Por lo general, ambas especies (*Opuntia ignescens* y *Myrosmodes nervosa*) se encuentran dentro de estos ecosistemas frágiles o en formaciones vegetales asociadas a estas, por lo que es importante conservar y no alterar estos ecosistemas, ya que albergan una serie de especies importantes (Figura 8-59).

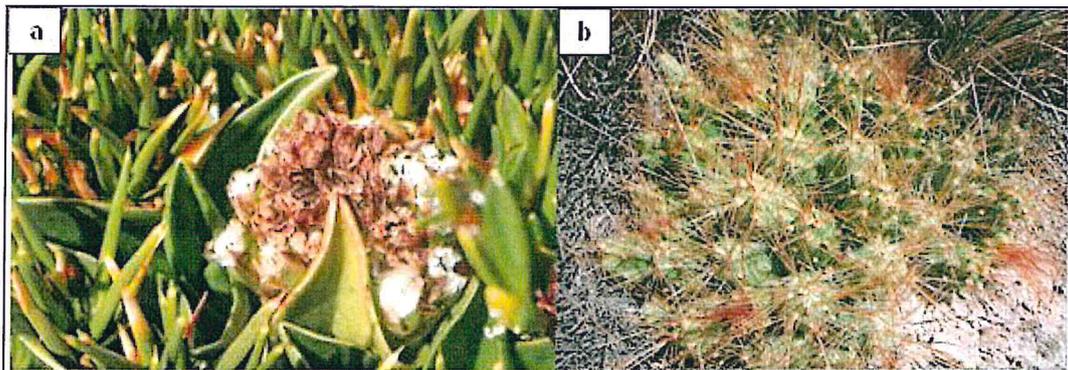


Figura 8-59. Especies reguladas por Cites en el área de estudio a) *Mirosmodes nervosa* y b) *Opuntia ignescens*

En el área de estudio se registró nueve especies que se encuentran en alguna categoría de protección según la legislación nacional D.S. N.º 043-2006-AG, y referencialmente según la pre publicación que aprueba la clasificación oficial de especies de flora silvestre categorizadas como amenazadas (R.M. N.º 0505-2016-MINAGRI). De estos, *Azorella compacta*, *Parastrephia quadrangularis*, *Perezia courulescens*, *Senecio nutans* y *Valeriana nivalis* se encuentran como Vulnerables (VU); así mismo *Distichia muscoides*, *Parastrephia lucida*, *Senecio tassaensi* y *Solanum acaule* considerados como Casi Amenazados (NT), por lo que se requiere mayor atención para su conservación (Figura 8-60).

105

Libro Rojo de las plantas endémicas del Perú (León *et al.*, 2007).



Handwritten notes and arrows on the left margin, including a large blue arrow pointing up and a vertical list of symbols and characters.



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

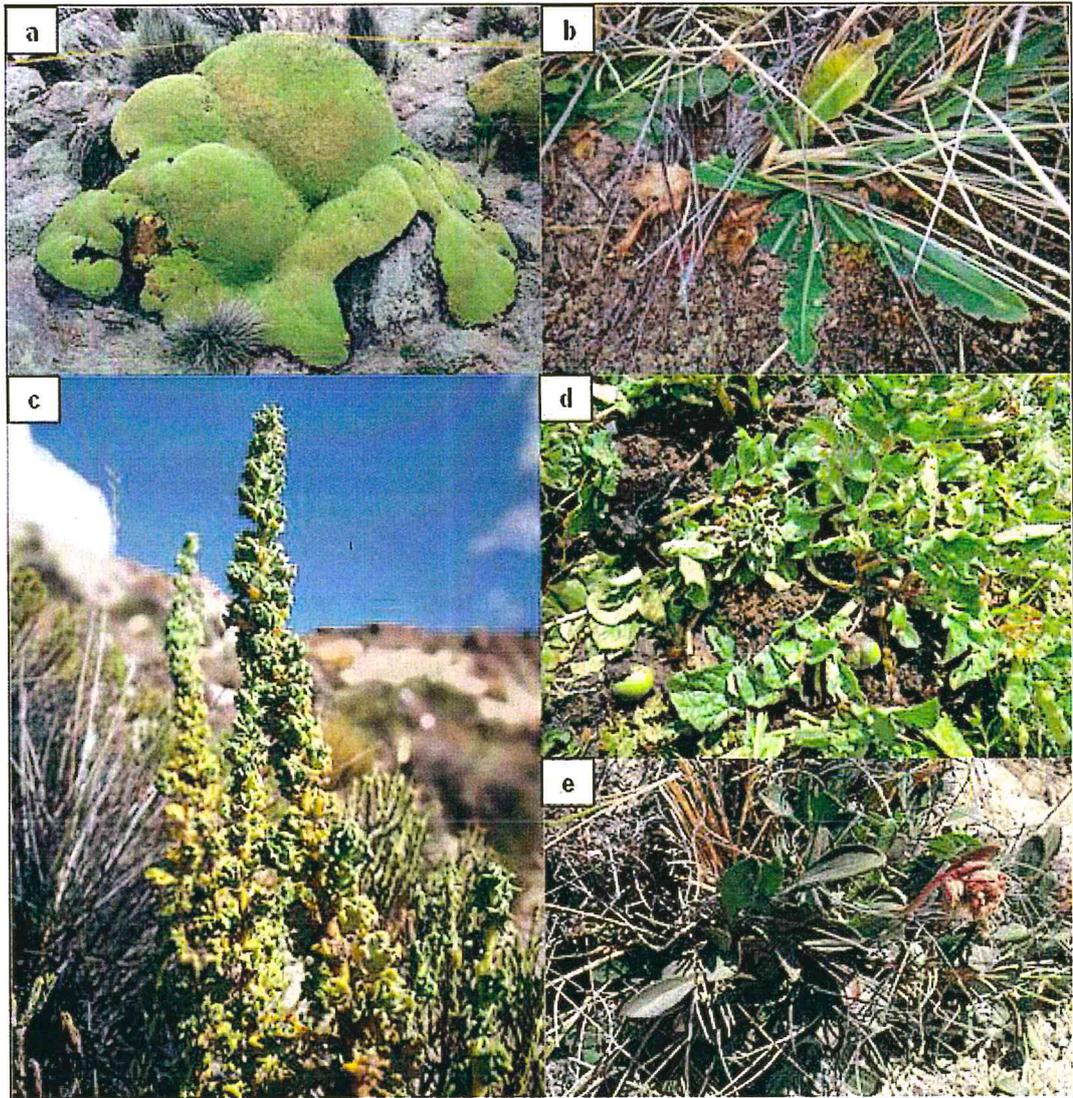


Figura 8-60. Especies amenazadas según la categoría del D.S. N.º 043-2006-AG a) *Azorella compacta*, b) *Perezia coerulescens*, c) *Senecio nutans*, d) *Solanum acaule*, y e) *Valeriana nivalis*

La necesidad de conservar y no alterar estos ecosistemas frágiles (bofedales) y formaciones vegetales asociadas es de vital importancia, por los innumerables servicios sociales y ecosistémicos que brindan, tal como lo menciona Mostacero (2008), haciendo referencia a su valor cultural, ya que desde tiempos remotos el hombre ha elegido vivir en armonía con estos ecosistemas. Además de los bienes y servicios ecosistémicos, aportan distintas herramientas para avanzar en la mejora de la calidad de vida. Estos ecosistemas mantienen el microclima y contribuyen en la captación y emisión de carbono. Por otro lado, ecológicamente, sirven de refugio a animales silvestres que utilizan sus ambientes para refugiarse, reproducirse o alimentarse (Figura 8-61).



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing up, the letter 'D', and several illegible signatures.



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

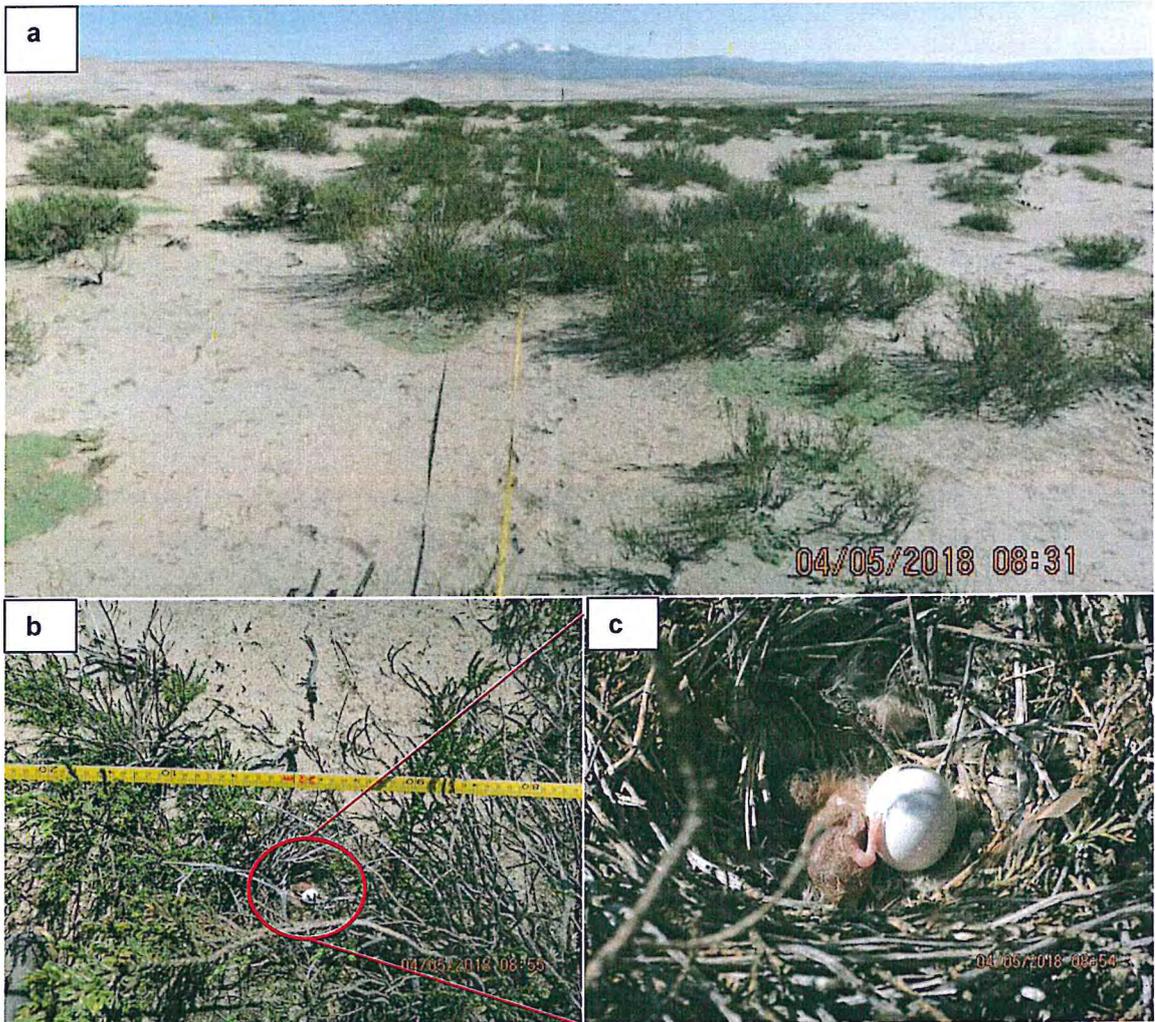


Figura 8-61. Formación vegetal de tolar (EF6) mostrando la especie *Parastrephia lucida* a) vista panorámica, b) ubicación de nido de ave, y c) ubicación de nido de ave, con mayor acercamiento

8.2.3 Fauna silvestre

8.2.3.1 Anfibios y reptiles

Las evaluaciones realizadas se centraron en los ecosistemas frágiles (seis bofedales), presentes en el área de abastecimiento de agua del proyecto minero Quellaveco (en adelante, área de estudio), así como en sus hábitats asociados (pajonal, roquedal, quebrada y tolar) (Figura 8-62).

Las condiciones ambientales particulares que se presentan en los ecosistemas altoandinos, como el evaluado en este estudio (temperaturas extremas durante el día y marcada aridez), limitan la distribución de muchas especies de flora y fauna (Gonzales, 2016; Gibbons *et al.*, 2016), las cuales necesitan de adaptaciones especiales (morfológicas y conductuales) para soportar estas variaciones climáticas (Schulte *et al.*, 2004); no obstante, los ecosistemas altoandinos albergan a muchas especies endémicas y de distribución restringida a estos ambientes (Valqui, 2005). Dentro de estos ecosistemas, los bofedales altoandinos son considerados de vital importancia, para el mantenimiento de las diferentes especies de flora y fauna que coexisten en estos ambientes (Telleria *et al.*, 2006), asimismo; son utilizados por las



Handwritten notes in blue ink, including a vertical line of symbols and the word 'D'.



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»

poblaciones aledañas como zonas de pastoreo y reservorio de agua (Coaguila *et al.*, 2010).

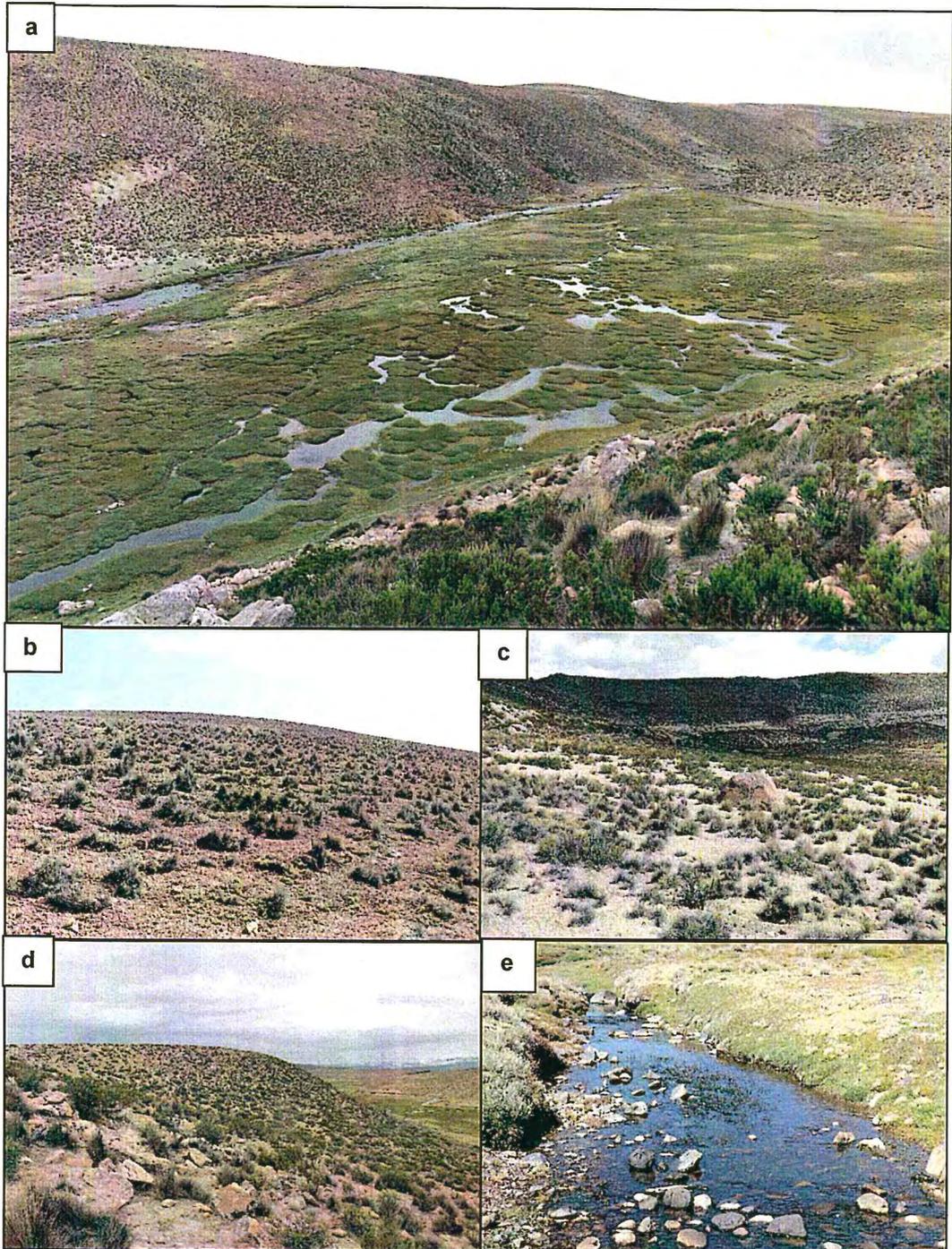


Figura 8-62. Hábitats evaluados en el área de estudio a) bofedal asociado al río Chincune, b) pajonal, c) tolar, d) roquedal, y e) quebrada

En los ecosistemas frágiles con sus hábitats asociados ubicados en el área de estudio, se identificaron dos especies de anfibios, rana acuática del Perú (*Telmatobius peruvianus*¹⁰⁶) y rana marmoleada de cuatro ojos (*Pleurodema marmoratum*¹⁰⁷), y una

106

Localmente conocido como K'ayra.

107

Localmente conocido como Cheq'che



Handwritten notes and signature in blue ink, including an arrow pointing up and the text 'D. A. y @ J. L. S. M. A.'.



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

Por otro lado, *Liolaemus cf. signifer* estuvo presente en todos los hábitats evaluados, siendo el bofedal, pajonal y tolar donde se registraron los mayores valores de abundancia. Las condiciones ambientales y estructurales que se presentan en estos hábitats, permiten el correcto desarrollo y supervivencia de esta especie (Pearson, 1954). Un claro ejemplo fue el registro de comportamientos reproductivos durante las evaluaciones realizadas, lo cual indicaría un ambiente adecuado para esta especie (Figura 8-65).

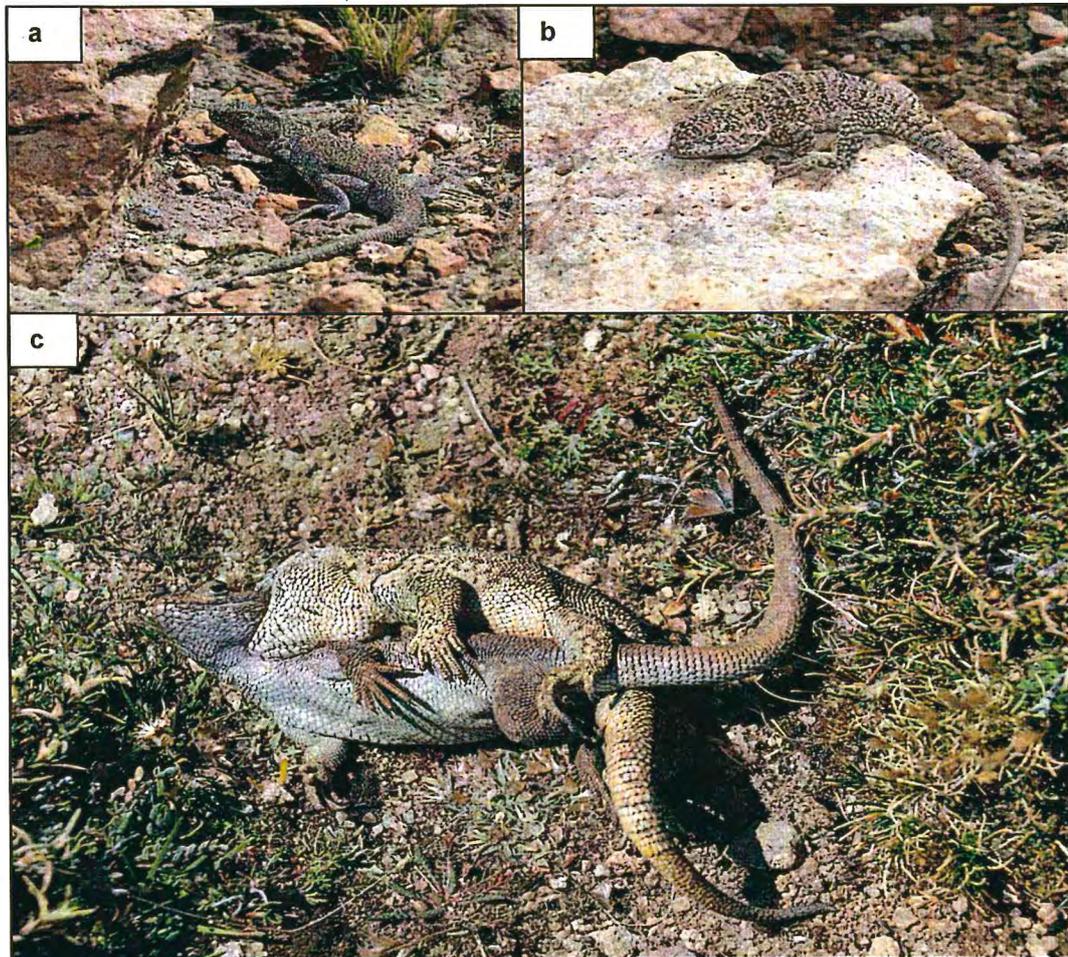


Figura 8-65. Registro de lagartija rubricauda (*Liolaemus cf. signifer*) a) en estadio adulto, b) en estadio juvenil, y c) con comportamiento reproductivo; en el área de estudio

Las zonas de ecosistemas frágiles (EF) que presentaron una mayor riqueza y abundancia de anfibios y reptiles fueron EF2 y EF4. La extensión y variedad de hábitats que se presentan en estas zonas, permitieron la presencia de la mayoría de las especies registradas. Por el contrario, las zonas EF1, EF5 y EF6 presentaron una sola especie de anfibio (renacuajo) o reptil, en sus inmediaciones. Cabe resaltar que, durante las evaluaciones se observó la presencia de animales domésticos (camélidos) en la mayoría de zonas evaluadas, lo cual podría estar afectando la presencia de los anfibios y reptiles, restringiendo su distribución a pequeñas áreas de difícil observación.

En el bofedal ubicado en la zona EF6 se registraron individuos adultos de truchas (Figura 8-66), lo cual podría estar influyendo en la baja diversidad registrada. La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie dulceacuícola introducida y ampliamente distribuida en los ríos y lagunas andinas, siendo utilizadas como alimento



Handwritten notes and signatures in blue ink, including an arrow pointing to the stamp and a vertical list of initials.



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

por las poblaciones locales. No obstante, algunos estudios han demostrado el efecto dañino que produce esta especie en los ecosistemas acuáticos donde habita. Martín-Torrijos *et al.* (2016) realizaron una investigación acerca del efecto negativo de la trucha arcoíris en dos poblaciones de anfibios andinos en Ecuador, encontrando variaciones morfológicas en sus renacuajos a causa de la presencia de esta especie; asimismo, comprobaron que la trucha arcoíris actúa como un vector de patógenos que causan una alta mortalidad en los huevos de anfibios. Por su parte, Watson *et al.* (2017) registraron una relación directa en la ausencia de la rana gigante de Junín (*Telmatobius macrostomus*) ante la presencia de la trucha en los andes centrales de Perú.

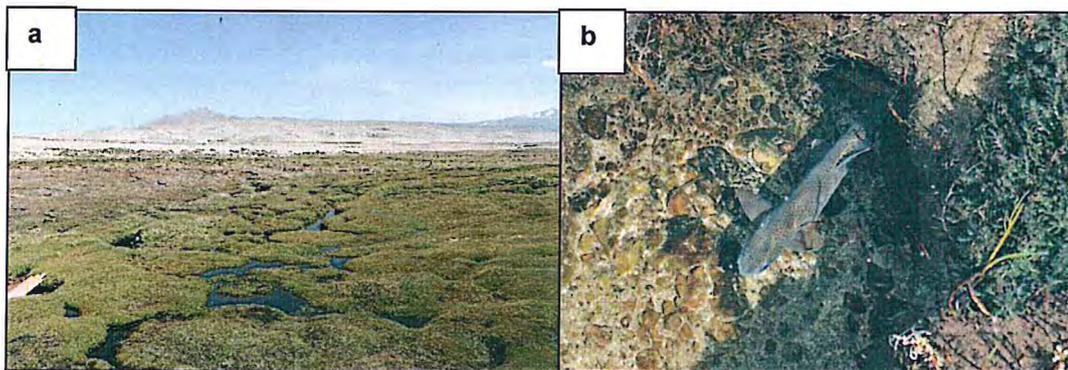


Figura 8-66. Zona de ecosistema frágil EF6 a) vista panorámica del bofedal y b) presencia de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

Según IUCN (2018), la rana acuática del Perú (*Telmatobius peruvianus*) registrada durante las evaluaciones, se distribuye en los andes del sur de Perú y norte de Chile, donde se encuentra altamente amenazada por la pérdida y fragmentación de sus hábitats; siendo categorizada como Vulnerable (VU); de igual forma, la legislación nacional la lista en la misma categoría. La aparición de nuevas enfermedades, como la quitridiomycosis, y el cambio climático global podrían incrementar la presión sobre estos anfibios altoandinos (Catenazzi *et al.*, 2010; Catenazzi y Vredenburg, 2013).

Durante la evaluación, se registraron adultos de esta especie en las inmediaciones de los bofedales pertenecientes a las zonas EF2 (seis individuos) y EF4 (dos individuos), lo cual podría indicar condiciones favorables para esta especie (principalmente menor perturbación). Los pobladores aledaños al área de estudio reportan una reducción considerable de esta rana acuática desde hace algunos años atrás sin ninguna explicación.

Respecto a los reptiles registrados, las especies altoandinas del genero *Liolaemus* presentan problemas taxonómicos marcados, que no permiten su correcta identificación (Aguilar *et al.*, 2013 y 2016). Esta problemática dificulta la inclusión de estas especies en alguna categoría de conservación (nacional e internacional), más aún cuando se encuentran altamente amenazadas por la pérdida de sus hábitats, por la remoción de suelos, quemas de pastos, entre otros.

Recientemente, se han descrito nuevas especies del genero *Liolaemus* en los andes peruanos, a través de la combinación de análisis morfológicos y moleculares (Aguilar *et al.*, 2013, Gutierrez *et al.*, 2018), aportando nuevas luces en el reordenamiento de este grupo taxonómico. Nuestros resultados muestran una falta de identificación total de la lagartija *Liolaemus signifer*, debido a la carencia de consenso respecto a su posición taxonómica (C. Aguilar, comunicación personal, 7 de octubre, 2018).



D



@

Handwritten blue scribbles and lines



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

8.2.3.2 Aves

El área de estudio se encuentra ubicada en una zona de transición entre la ecorregión puna desértica (PD) y la ecorregión puna húmeda y seca (PHS) (Britto, 2017). La PHS se caracteriza por albergar una gran cantidad de bofedales (también llamados occonales), esta unidad es muy importante para el sustento (alimentación, anidamiento, entre otros servicios) de diferentes especies de fauna poco común o endémica de los Andes (Villagrán y Castro, 1997), mientras que la PD, está directamente relacionada con la distribución del Suri (*Rhea pennata*) (Britto, 2017). Esta complejidad de ecosistemas permite la presencia de una importante diversidad de especies en el área de estudio, las cuales se han adaptado a las condiciones climáticas y se encuentran en una diversidad de hábitats como los registrados en el área de estudio. La evaluación de la avifauna se enfatizó en los ecosistemas frágiles (bofedales) con sus hábitats asociados (pajonal, tolar y roquedal), ubicados en zonas de ecosistemas frágiles (EF) dentro del área de estudio (Figura 8-67).

Según el inciso 99.2 del artículo 99° de la Ley N.° 29895, Ley que modifica el artículo 99 de la Ley N.° 28611, Ley General del Ambiente; los ecosistemas frágiles comprenden, entre otros, desiertos, tierras semiáridas, montañas, pantanos, páramos, jalcas, bofedales, bahías, islas pequeñas, humedales, lagunas altoandinas, lomas costeras, bosques de neblina y bosques relictos. Definiendo los ecosistemas frágiles, son territorios de alto valor de conservación y son vulnerables a consecuencia de las actividades antropogénicas que se desarrollan en ellos o en su entorno, que amenazan y ponen en riesgo los servicios ecosistémicos que brindan (Serfor, 2018b).



A
D
A
y
@
J

@
a
s
M
A
T

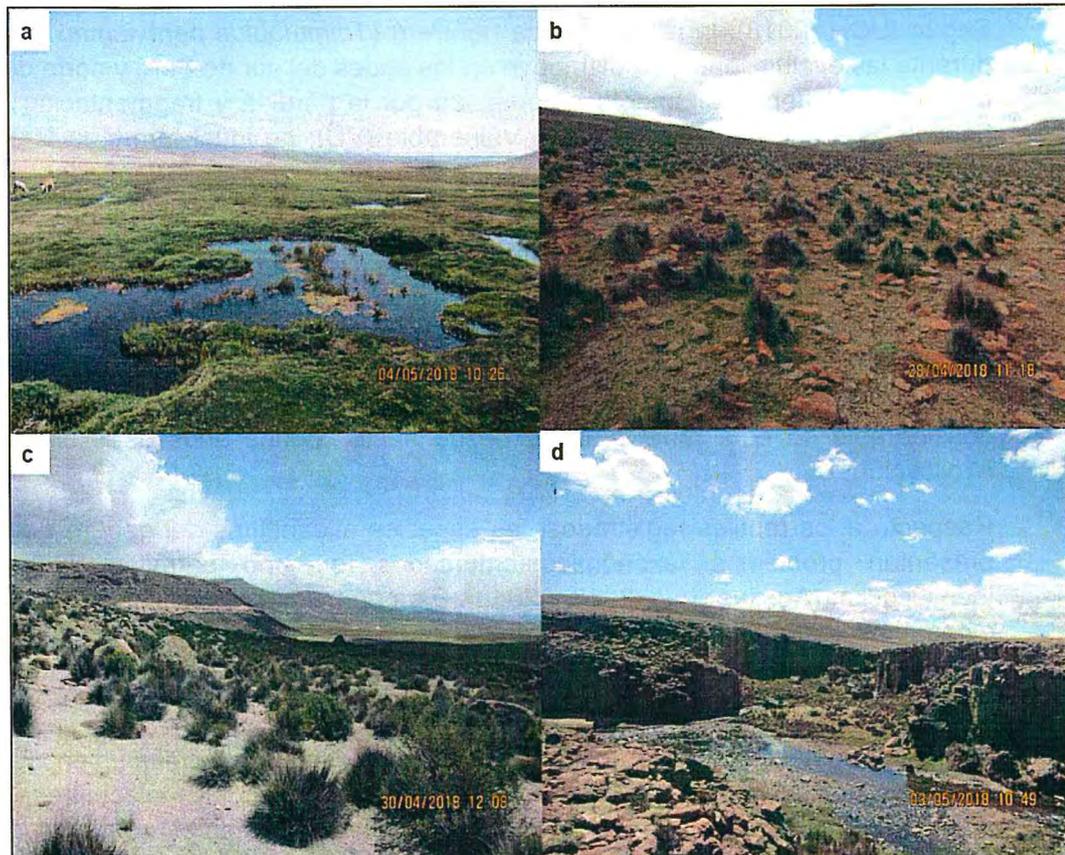


Figura 8-67. Hábitats evaluados en el área de estudio a) bofedal, b) pajonal, c) tolar, y d) roquedal



La riqueza de 43 especies de aves registradas en el área de estudio, es significativa comparada con los estudios realizados en Puna, con las 45 especies registradas en la localidad Túpala, departamento Puno (Ramírez, Arana, Bazán, Ramírez y Cano, 2007), con las 159 especies reportadas para la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca, ubicada en los departamentos Arequipa y Moquegua (Servet *et al.*, 2010) y con las 69 especies de aves que hacen uso del hábitat Puna en el neotrópico (Stotz *et al.*, 1996).

Las 43 especies de avifauna pertenecen a 20 familias, cuya composición es propia de la sierra sur del Perú, donde las familias con mayor representatividad fueron las familias de los mosqueros (Tyrannidae), de los semilleros (Thraupidae), de los canastos (Furnariidae) y de los patos (Anatidae). Las especies, según Schulenberg *et al.* (2010) concuerdan con las especies distribuidas en la sierra sur de Perú, y las familias son las más predominantes reportadas para la Puna (Stotz *et al.*, 1996; Valqui, 2005; Ramirez *et al.*, 2007, Servat *et al.*, 2010). Los estudios realizados por AAQ S.A. en el área de estudio, reportan 59 especies en el año 2000¹¹¹, 54 especies en el 2010¹¹² y 41 especies en el 2012¹¹³. Estos estudios presentaron una riqueza de especies, donde se registraron 42 especies en común en relación a la presente evaluación, lo que indicó que la presente evaluación corresponde a un inventario confiable.

Del total de especies (43), 41 especies son consideradas residentes, las cuales se reproducen dentro del territorio peruano, y 2 consideradas especies migratorias australes, las cuales permanecen en Perú, en su época no reproductiva (Schulenberg *et al.*, 2010; Plengue, 2018). Las especies migratorias australes fueron la Dormilona Cinérea (*Muscisaxicola cinereus*) y Dormilona de Nuca Ocrácea (*Muscisaxicola flavinucha*).

- La Dormilona Cinérea (*M. cinereus*), en el área de estudio, se registró 12 individuos en el hábitat bofedal de las zonas EF2 y EF6 observados entre el 2 y 4 mayo de 2018. Esta especie en Perú es poco común en los meses de febrero a octubre, en pastizales andinos entre los 4000 y 4700 m s.n.m. y prefiere sitios relativamente rocosos (Schulenberg *et al.*, 2010).
- La Dormilona de Nuca Ocrácea (*M. flavinucha*), en el área de estudio, se registró 15 individuos en el hábitat bofedal de las zonas EF2, EF4 y EF5 observados entre el 29 de abril al 2 de mayo de 2018. Esta especie en Perú es bastante común entre los meses de marzo a octubre, entre los 3800 y 4900 m s.n.m., en pastizales cortos o pastados por ganado, a menudo en ciénegas o lugares relativamente húmedos (Schulenberg *et al.*, 2010).

Los registros de ambas especies, coinciden con los meses de migración de las especies en Perú y fueron reportadas en el área de estudio por AAQ S.A.^{112,113}.

Los cuatro hábitats evaluados en el área de estudio presentaron avifauna singular de Puna, donde la diversidad de especies de aves es baja y única (comparada con los bosques tropicales) y está influenciada por la variedad de hábitats y las condiciones

¹¹¹ Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Quellaveco, aprobado mediante Resolución Directoral N.° 266-2000-EM/DGAA, con fecha 19 de diciembre de 2000.

¹¹² Primera modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Quellaveco, aprobado mediante Resolución Directoral N.° 140-2010-MEM/AAM, con fecha de aprobación 23 de abril de 2010.

¹¹³ Tercera modificación del Estudio de Impacto Ambiental «Optimización del Diseño y Operación de la Presa Vízcachas» del Proyecto Quellaveco de Anglo American Quellaveco S.A., aprobado mediante Resolución Directoral N.° 377-2012-MEM/AAM, con fecha 14 de noviembre de 2012.

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

↑

D
L
y
@
f
@
o
o
@
f
f



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

de aislamiento que producen las montañas tan altas y cañones tan hondos que presenta esta zona geográfica (Valqui, 2005).

Con relación a los ecosistemas frágiles, en el área de estudio se identificó un tipo de ecosistema frágil, los bofedales, siendo el más representativo y fueron evaluados en cinco zonas. Los bofedales son ecosistemas que albergaron la mayor riqueza y abundancia de especies, encontrando especies acuáticas y terrestres que hacen uso directo de los bofedales para su reproducción o alimentación como el Chorlo Cordillerano (*Phegornis mitchellii*), la Becasina de la Puna (*Gallinago andina*), el Negrito Andino (*Lessonia oreas*), el Suri (*Rhea pennata*), hasta especies que hacen uso oportunista como el Carpintero Andino (*Colaptes rupicola*), el Canastero Cordillerano (*Asthenes modesta*), entre otras (Figura 8-67a).

Los bofedales evaluados registraron un total de 31 especies (transectos lineales y búsqueda intesiva), que representa el 72,09 % de la riqueza total (43 especies). Encontrando 11 especies acuáticas y 20 especies terrestres (Figura 8-68). El estudio más amplio respecto a la relación entre las especies y los hábitats que las aves prefieren o frecuentan, fue realizado por Stotz *et al.* (1996), indicando que 15 especies de aves son típicas de bofedales. Asimismo, Gibbons *et al.* (2016), establecieron asociaciones de las aves con su hábitat con énfasis en los bofedales de la zona altoandina del centro y sur del Perú, indicando que 19 especies tenían estrecha relación con los bofedales; ambos trabajos reportan un total de 27 especies asociadas a los bofedales (Franke, 2017), de las cuales 13 especies asociadas a bofedales fueron registradas en el área de estudio.

Los bofedales actúan como acumuladores locales, dado que mantienen aves asociadas a ríos y lagunas, prados húmedos y estepas de gramíneas (Telleria *et al.*, 2006). Esto se confirma en la evaluación, encontrando como especies abundantes el Pato Barcino (*Anas flavirostris*), el Chirigüe de Lomo Brillante (*Sicalis uropygialis*) (Figura 8-68), la Agachona de Pecho Gris (*Thinocorus orbignyianus*), el Churrete de Ala Crema (*Cinclodes albiventris*), entre otras, que son características de los hábitats mencionados por Telleria *et al.* (2006).

El Chorlo Cordillerano (*Phegornis mitchellii*) y la Becasina de la Puna (*Gallinago andina*), son especies acuáticas que presentan como hábitat preferido a los bofedales (Stolz *et al.*, 1996; Gibbons *et al.*, 2016). Esta información se confirma con la evaluación de campo, ya que, de los cuatro hábitats evaluados, solo fueron registradas en el hábitat bofedal, la primera especie con tres individuos en el bofedal EF6, y la segunda especie con tres individuos en total, observando dos individuos en el bofedal EF6 y un individuo en el bofedal EF4.

Por otro lado, el hábitat pajonal es el que caracteriza a la Puna peruana conformada mayormente por herbáceas, en este hábitat se registró 19 especies que representa el 44,19 % de la riqueza total (43 especies). Las especies registradas son típicas de la Puna de la sierra sur del Perú (Schulenberg *et al.*, 2010), y tuvo especies terrestres *Sicalis uropygialis*, *Pygochelidon cyanoleuca* y *Phrygilus plebejus*, como las más abundantes. Además, está compuesta por 6 especies que son restringidas al Bioma de los Andes Centrales como la Perdiz de la Puna (*Tinamotis pentlandii*), el Minero de la Puna (*Geositta punensis*), el Negrito Andino (*Lessonia oreas*), el Fringilo peruano (*Phrygilus punensis*), Fringilo de Garganta Blanca (*Phrygilus erythronotus*) y el Chirigüe de Lomo Brillante (*S. uropygialis*), estas especies ocupan los hábitats de la puna y de los altos Andes de Perú (Stotz *et al.*, 1996).



Handwritten notes and symbols: an upward arrow, the letter 'D', a triangle, the number '4', a circle with a dot, a 'y', a downward arrow, a circle with a dot, 'Gu', 'M', and another downward arrow.



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

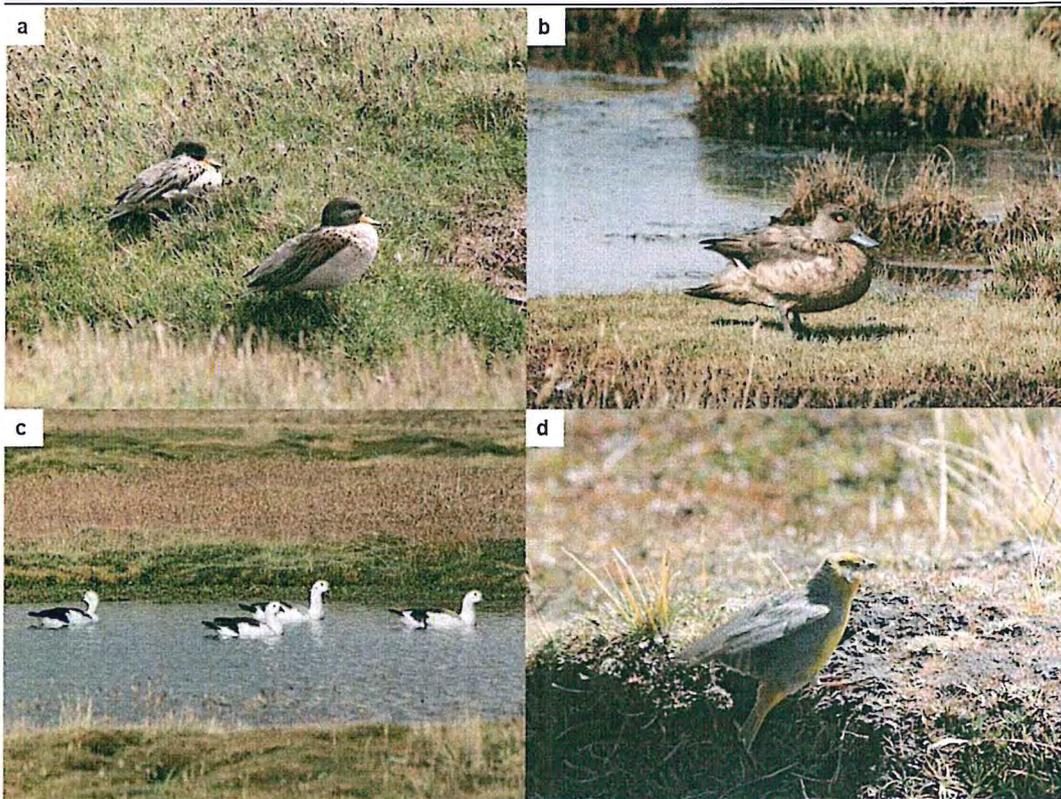


Figura 8-68. Especies acuáticas a) Pato Barcino (*Anas flavirostris*), b) Pato Crestón (*Lophonetta specularioides*), c) Cauquén Huallata (*Oressochen melanopterus*), y especie terrestre d) Chirigüe de Lomo Brillante (*Sicalis uropygialis*) con mayor número de individuos; registradas en los bofedales del área de estudio



↑

D
P
y
@
↓
@
Ch
y
s
Ch
↓

El hábitat roquedal, generalmente se encontró aledaño al bofedal, pajonal y entre la intersección de los ríos Vizcachas y Chincune. Se registró 14 especies que representa el 32,55 % de la riqueza total (43 especies). Se registró especies como *Agriornis montanus*, *Ochthoeca oenanthoides*, *Upucerthia validirostris*, entre otras. El roquedal es importante debido a que ofrece zonas de refugio, sitio de descanso en las rocas y alimentación.

El hábitat tolar es dominado por un arbusto resinoso del género *Parastephia* (Asteraceae) llamado "tola" y mencionan que es un hábitat importante para el Suri (*Rhea pennata*) conjuntamente con los bofedales (Salinas, 2007). En este hábitat se registró 10 especies que representa el 23,26 % de la riqueza total (43 especies) y tuvo el menor esfuerzo de muestreo. En un estudio realizado en la ruta del censo de Suri, en el departamento Tacna, en el hábitat tolar se registró 32 especies (Salinas, 2007), de las cuales 7 especies presentaron en común en el hábitat tolar evaluado.

En general, la riqueza de especies y abundancia de aves en las zonas de ecosistemas frágiles (EF), estuvo influenciada por presencia de los hábitats evaluados en cada uno de ellos. Los resultados muestran que las zonas que presentaron la mayor riqueza, abundancia y diversidad fueron EF4 y EF6. En el EF4 se evaluaron dos tipos de hábitat (bofedal y tolar), mientras que en el EF6 se evaluó solo un bofedal de mayor extensión con presencia de cuerpos de agua; ambos EF tuvieron igual esfuerzo de muestreo.

Por el contrario, las zonas que presentan la menor riqueza fueron el EF7 y EF5, debido a que solo se evaluaron los hábitats roquedal y bofedal respectivamente. Cabe señalar que, ambas zonas presentaron el mismo esfuerzo de muestreo, además se observó



que la zona EF5 presentó presión de pastoreo de ganado en los bofedales y a la vez se encontró cercana al anexo Huachunta, y el EF7 presentó construcciones cercanas relacionadas al embalse Vizcachas proyectado.

Las especies registradas que se comparten en los hábitats y zonas son comunes de ecosistemas altoandinos en el sur de Perú, características de lagunas altoandinas, pajonal, bofedal, roquedal, áreas arbustivas y agroecosistemas (Schulenberg *et al.*, 2010).

Entre las especies importantes de avifauna por su alto nivel de amenaza encontradas durante el periodo de evaluación (abril-mayo 2018) y por presentar bajas abundancias tenemos el Suri (*Rhea pennata*) registrado en bofedal mediante 29 individuos con búsqueda intensiva en camioneta (Figura 8-69). Estos registros se encuentran dentro de su distribución conocida, según el mapa de distribución del Suri *Rhea pennata* en el Perú (Serfor, 2015). Además, se observa en el mapa de registros del Suri (Figura 7-179), que el área de estudio se encuentra dentro del área de distribución del Suri antes señalado.

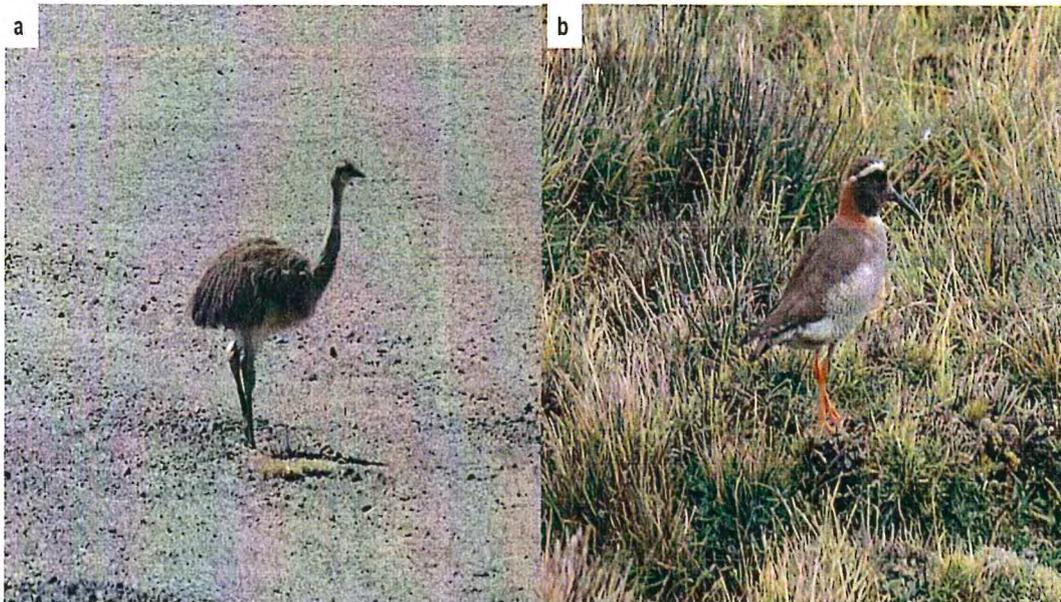


Figura 8-69. Especies categorizadas, en Peligro Crítico a) el Suri (*Rhea pennata*), y como Casi Amenazada b) el Chorlo Cordillerano (*Phegomis mitchelli*)

La presencia del Suri en el área de estudio ha sido reportada en estudios anteriores por AAQ S.A., en el año 2000¹¹¹ se menciona a la especie como posible anidadora; en el año 2010¹¹², se realiza una evaluación preliminar del uso de hábitat del Suri (*R. pennata*), donde se reportó 33 individuos entre los meses de noviembre 2006 (8 individuos), julio 2007 (6 individuos) y noviembre 2007 (19 individuos); asimismo, se presenta un plan de manejo de Suri, donde se menciona que el monitoreo coincida con la época de la puesta de huevos y posterior periodo de incubación (30 a 40 días), es decir, entre los meses de septiembre y noviembre; por último, en el año 2012¹¹³, no se incluye al Suri en su lista de especies, sin embargo, ratifica el plan de manejo del Suri.

En el Perú, el Suri se encuentra en los departamentos Puno, Moquegua y Tacna, en la región Puna, sobre los 4000 m s.n.m. Su rango de distribución estimado es de un área de 10849 Km². El departamento Moquegua tiene el 37 % de la superficie de la distribución de esta ave en Perú, Puno el 33 % y Tacna el 30 %. En el II Censo



Vertical handwritten notes and signatures in blue ink, including the name 'A. Y. S.' and various symbols.



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

Nacional del Suri realizado en mayo de 2016, se reportó 350 individuos (98 en Puno, 88 en Tacna y 74 en Moquegua) (Serfor, 2018a).

El Suri se encuentra en peligro de extinción, en Perú se encuentra en la categoría de Peligro Crítico (CR) según el Decreto Supremo N° 044-2014-MINAGRI, estatus que prohíbe su caza, tenencia, transporte o exportación con fines comerciales en todo el territorio. A nivel internacional, según la IUCN (2018), la especie que correspondería a Perú, *R. tarapacensis* se encuentra como Casi Amenazada (NT) (IUCN, 2018). Además, esta especie se encuentra incluida en el Apéndice I de la Cites, estatus que prohíbe su comercio internacional con fines comerciales, salvo casos excepcionales.

Las dos especies categorizadas como Casi Amenazadas (NT) por el D.S. N.° 004-2014-MINAGRI y el Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú (Serfor, 2018a), y la IUCN (2018); presentaron baja abundancia en el área de estudio. El Chorlo Cordillerano (*Phegornis mitchellii*) (Figura 8-69b) registrado en el hábitat bofedal con dos individuos adultos y un individuo juvenil; en Perú es residente raro en ciénagas, orillas de las quebradas y orillas de lagos pequeños a gran altura en el altiplano (4100-5000 m s.n.m.), muy local y al parecer ausente en algunos lugares donde existe hábitat propicio, pero puede ser difícil de detectar a pesar de su plumaje ornamentado (Schulenberg *et al.*, 2010). Mientras que, la Perdiz de la Puna (*Tinamotis pentlandii*) registrada en el hábitat pajonal con dos individuos; en Perú es poco común en la Puna seca por encima de los 3900 m s.n.m, especialmente en área de matorral o zonas rocosas (Schulenberg *et al.*, 2010). Estas dos especies han sido reportadas en los estudios anteriores por AAQ S.A.^{112,113}, en el área de estudio.

Según las especies incluidas en la Cites (2017), durante la evaluación se registró una especie dentro del Apéndice I (*R. pennata*) y cuatro especies en el Apéndice II, donde en su mayoría fueron halcones o aguiluchos (*Phalcoboenus megalopterus*, *Geranoaetus melanoleucus* y *Falco femoralis*) y un perico (*Psilopsiagon aurifrons*); ambos grupos cumplen funciones importantes en el ecosistema. Los suris y los pericos presentan una gran importancia ecológica debido a que cumplen la función dispersores de semillas; en cambio las rapaces (halcones o aguiluchos) son carnívoros ubicados en lo alto de la cadena alimenticia, cumpliendo una función reguladora para el recambio poblacional de las especies. Los registros de estas especies en el área de estudio fueron de importancia por la riqueza que proporcionaron y por el equilibrio ecosistémico que generan.

8.2.3.3 Mamíferos

El PM Quellaveco presenta información sobre la diversidad de fauna silvestre que va desde la faja litoral hasta el flanco andino¹¹⁴, sin embargo, para el propósito de las discusiones nos centraremos en la diversidad de mamíferos que ocurren en el área de estudio.

En la presente evaluación para documentar la diversidad de mamíferos silvestres en el área de estudio, se usaron dos metodologías, el primero de ellos fue el registro de mamíferos por medio de censos por transectos y la segunda metodología fue el uso de cámaras trampa.

Por medio de censos por transectos se lograron observar 35 evidencias (directas e indirectas) pertenecientes a 7 especies de mamíferos, cada especie presenta un número variable de observaciones, de esta manera, reportamos un registro de zorrino

¹¹⁴ Segunda modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Quellaveco, aprobado mediante Resolución Directoral N.° 319-2010-MEM/AAM, con fecha de aprobación 5 de octubre de 2010.

Handwritten notes and stamps on the left margin, including a circular stamp of the OEFA and various initials and symbols.



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

(*Conepatus chinga*), un registro de tuco-tuco (*Ctenomys opimus* [observación directa]), 8 registros de tuco-tuco (*Ctenomys* sp. [observaciones indirectas]), 2 de taruca (*Hippocamelus antisensis*), 3 de vizcacha (*Lagidium viscacia*), 9 de zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) y 11 de vicuña (*Vicugna vicugna*) (Figuras 8-70a, 8-70b, 8-70c, 8-70d y 8-70e).

De acuerdo al estudio realizado por AAQ S.A.¹¹⁵, en el área de estudio, para documentar la diversidad de mamíferos utilizaron hasta tres metodologías, entre ellos, las observaciones generales, que consiste en registrar de manera directa e indirecta (heces, huellas, etc.) a los mamíferos presentes en dicha área, la otra metodología fue el estudio de investigación en vehículo y la última metodología fue la captura de pequeños mamíferos con trampas de captura viva ("Sherman" (7.6 x 9.8 x 22.9cm)) y de golpe (trampa para rata).

Con la metodología de observaciones generales lograron registrar cuatro especies de mamíferos, entre ellos, el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), vicuña (*Vicugna vicugna*), tuco tuco (*Ctenomys opimus*) y vizcacha (*Lagidium peruanum*).

Al comparar los resultados obtenidos en el estudio realizado por AAQ S.A.¹¹⁵, con los resultados obtenidos en los censos por transectos de la presente evaluación, encontramos que las cuatro especies antes mencionadas en dicho estudio, también ocurrieron en la presente evaluación; sin embargo, en los resultados se adicionó tres especies más, que son la taruca (*Hippocamelus antisensis*), tuco-tuco (*Ctenomys* sp.) y el zorrino (*Conepatus chinga*).

La segunda metodología empleada para documentar la fauna silvestre, fue el uso de cámaras trampa, esta metodología fue utilizada únicamente en la presente evaluación, para lo cual se distribuyeron 13 cámaras trampa en los diferentes ecosistemas frágiles (bofedales), así como en sus hábitats asociados (pajonal y roquedal), ubicados en zonas de ecosistemas frágiles (EF) dentro del área de estudio.

Desde hace ya varios años, el fototrampeo¹¹⁶ se ha convertido en una herramienta muy útil para el estudio de especies difíciles de observar directamente como los grandes carnívoros y en general para el estudio de toda la biodiversidad (Díaz-Pulido y Payán Garrido, 2012).

El esfuerzo de muestreo empleado por las cámaras trampa nos permitió registrar nueve especies de mamíferos grandes y pequeños, entre los pequeños registramos al ratón campestre andino (*Abrothrix* sp.), al ratón orejón (*Auliscomys* sp.) y el tuco-tuco (*Ctenomys* cf *peruanus*). Entre los mamíferos grandes tenemos a la vizcacha (*Lagidium viscacia*), al zorrino (*Conepatus chinga*), a la taruca (*Hippocamelus antisensis*), a la liebre europea (*Lepus europaeus*), al zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) y a la vicuña (*Vicugna vicugna*) (Figura 8-70g, 8-70h, 8-70i, 8-70j, 8-70k y 8-70l).

De las especies antes mencionadas, el pequeño roedor, ratón campestre andino (*Abrothrix* sp.), fue registrado en la cámara trampa Quella-05, que estuvo ubicada en un roquedal de la zona EF1. Esta especie de roedor presenta las patas traseras grandes con garras fuertes con la que excava y construye un sistema de galerías a 5 cm del suelo y se desplazan serpenteándose entre las rocas (Patton, 2015).



Handwritten notes in blue ink on the left margin, including an arrow pointing up, the letter 'D', and several illegible scribbles.

¹¹⁵ Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Quellaveco, aprobado mediante Resolución Directoral N.º 266-2000-EM/DGAA, con fecha 19 de diciembre de 2000.

¹¹⁶ A muy grandes rasgos consiste en la instalación de cámaras fotográficas que se activan cuando pasa algún tipo de fauna por delante.



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

El ratón orejón (*Auliscomys* sp.), fue registrado en las cámaras trampa Quella-04 y Quella-05, ambos ubicados en una transición entre un bofedal y roquedal de la zona EF1; sin embargo, los mayores registros ocurrieron en el roquedal. Esta especie de roedor se distribuye a través del altiplano de Perú y Bolivia y al norte de Argentina y Chile, presenta diversos hábitats que van desde los 3500 y más de 5000 m s.n.m., donde ocupan hábitats de roquedales, bosques de *Polylepis* y pastizales (Patton, 2015) (Figura 8-70f).

En cuanto al tuco-tuco (*Ctenomys cf peruanus*) (Figura 8-70g), fue registrado en la cámara trampa Quella-04, que logró un registro donde se observa a un individuo que presenta una coloración más oscura en comparación al *Ctenomys opimus* (Figura 8-70a, observación directa en los censos), este patrón de coloración y de acuerdo a la distribución de la especie se asemeja a *Ctenomys peruanus* (Patton, 2015); sin embargo, esta afirmación está a la espera del resultado del análisis de identificación del cráneo de un individuo encontrado en el transecto 8 de la zona EF7. Resaltamos este registro ya que de acuerdo a su distribución esta especie es considerada endémica para el Perú (Patton, 2015) y se encuentra en la categoría Amenazada según el libro rojo (Serfor, 2018) y el D.S. N.º 004-2014-AG.

En cuanto a los mamíferos grandes, la especies con mayor número de registros fue la vizcacha (*Lagidium viscacia*) (Figura 8-70c), esta especie fue registrada tanto en censos como en las cámaras trampa. En los censos fue registrado en los transectos 1 y 8, ubicados en en las zonas EF1 y EF7 respectivamente. En el transecto 1, se observó una manada de al menos 50 individuos, desplazándose rápidamente en una transición entre roquedal y bofedal. En el transecto 8, se encontró una manada de al menos 60 individuos en ambas márgenes de una quebrada al final del transecto, al momento de la observación los individuos se alimentaban y otros se desplazaban rápidamente ante la presencia humana. Los espacios donde se observaron las vizcachas, corresponden a terrenos rocosos, hábitat preferido por esta especie (Crespo, 1963 en: Galende y Trejo, 2003).

Entre los predadores reportados en la presente evaluación, se registró al zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) (Figura 8-70i), esta especie de cánido se distribuye a ambos lados de la cordillera de los Andes (Guzmán *et al.*, 2007) y habita en zonas de páramos y bosque andino entre los 2000 y 3700 m s.n.m. (Jorgenson *et al.*, 2006 en: Noguera-Urbano, 2016). La especie en mención, fue registrada tanto en los censos por transectos, en entrevistas y en las cámaras trampa.

Mediante el censo por transecto se registró nueve observaciones del zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) (Figura 8-70d), el mayor número de estas observaciones ocurrieron en el transecto 8 ubicado en la zona EF7, todos los registros corresponden a evidencias indirectas, principalmente huellas y heces.

El registro del zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), por cámara trampa ocurrió en las cámaras Quella-01, Quella-02 y Quella-04 en la zona EF1; Quella-07 en la zona EF2 (Figura 8-70i); Quella-12 en la zona EF7 y Quella-13 en la zona EF8. Con dichos resultados se confirmó que esta especie de carnívoro ocupa una gran variedad de hábitats (Beltrán-Ortiz, 2017) y que no muestra preferencia solo por áreas con abundante cobertura vegetal (Trujillo y Trujillo 2007 en: Beltrán-Ortiz 2017), sino que además frecuenta áreas abiertas como pajonal, roquedal y bofedal, que fueron los tipos de hábitats donde se instalaron las cámaras trampa.

Otra especie registrada tanto en los censos por transectos como en las cámaras trampa, fue la vicuña (*Vicugna vicugna*) (Figura 8-70b y 8-70i), esta especie de camélido habita en las zonas altoandinas de Perú, Bolivia, Argentina y Chile, entre los



D
D
3
@
f
+
@
a
r
a



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

3000 y 4800 m s.n.m., (Grimwood, 1969 en: Sernanp, 2010), en ambientes que incluyen mesetas (altiplano) y laderas cordilleranas con alta incidencia de heladas y precaria disponibilidad de agua (Palmieri, 2011).

En la presente evaluación, la vicuña (*Vicugna vicugna*) fue registrada en los transectos 2 en la zona EF1, 4 en la zona EF2, 6 en la zona EF8 y 8 de la zona EF7. Una observación importante ocurrió en el bofedal Parachuro, donde se tuvo un registro casual de una tropilla de al menos 45 individuos de vicuña (*Vicugna vicugna*), al momento de la observación algunos individuos se alimentaban de la vegetación del bofedal y otros se desplazaban persiguiéndose formando pequeños grupos de pelea; una característica resaltante de este grupo es que toleraron la presencia humana a más o menos 70 m de distancia (Figura 8-70b).

Dentro de los Cetartiodactylos, se registró a la vicuña (*Vicugna vicugna*), en las cámaras trampa Quella-07 y Quella-12 en las zonas EF2 y EF7 respectivamente. En la primera cámara se registró un individuo solitario y de acuerdo a Torres (1992), este comportamiento ocurre en individuos de uno a cuatro años de edad, que han sido expulsados de un grupo familiar, o posiblemente se trate de un individuo de mayor edad que haya perdido su territorio. Mientras que, en la cámara Quella-12, que estuvo ubicada entre una transición de bofedal y pajonal, se logró captar un grupo familiar de tres individuos, en los registros de foto y videos se observó al grupo alimentándose de brotes frescos de ichu (*Stipa ichu*) y otras plantas no identificadas (Figura 8-70i). De acuerdo al grado de amenaza esta especie se encuentra en la categoría Casi Amenazada según el libro rojo (Serfor, 2018) y el D.S. N.º 004-2014-AG, y además se encuentra en el Apéndice I de la Cites.

Otro integrante de los Cetartiodactylos registrados en la presente evaluación fue la taruca (*Hippocamelus antisensis*), perteneciente a la familia Cervidae, esta especie se distribuye por toda la cordillera de los Andes, desde Perú hasta el Noroeste de Argentina (Redford y Eisenberg, 1992); en el Perú habita al límite inferior de la cordillera que se sitúa en los 4200 m s.n.m. (Díaz, 1995). Durante la evaluación fue reportado por medio de los censos el transecto 6 en la zona EF8 (Figura 8-70e) y por las cámaras trampa con la cámara Quella-06 (Figura 8-70h). Mediante los registros por censos se observaron de manera directa a cinco individuos alimentándose de vegetación fresca en un bofedal cerca del cerro Cunturiequeña, el grupo estaba conformado por dos adultos y tres juveniles. Este comportamiento organizacional fue reportado por Redford y Eisenberg (1992), quien menciona que las tarucas se organizan en grupos mixtos de distintos tamaños, de 2 a 21 individuos, con un promedio de 6,4 individuos por grupo.

Como se mencionó líneas arriba, la observación de las tarucas ocurrió en un bofedal, en un área abierta que es utilizada por el ganado doméstico, observación diferente a lo reportado por Díaz (1995), quien, en un estudio realizado al noroeste de Bolivia, observó que la taruca prefería hábitats escarpados, evitando los valles y partes planas utilizadas por animales como la llama (*Lama glama*), la alpaca (*Lama pacos*), y ovejas. Esta especie de cérvido de acuerdo al grado de amenaza se encuentra en la categoría Vulnerable según el Libro Rojo (Serfor, 2018) y el D.S. N.º 004-2014-AG, al igual que la lista de la IUCN (2018).

Finalmente, uno de los registros más preocupantes durante la evaluación fue el registro de la liebre europea (*Lepus europaeus*) por su condición de especie invasora (Figura 8-70j). La distribución natural de *Lepus europaeus* abarca desde el sur de Suecia y Finlandia y parte de Gran Bretaña hasta las tierras bajas del oeste de Siberia, el norte de Israel, Siria, Irak e Irán (Angermann, 1983 en: Cossios, 2004); esta especie fue introducida intencionalmente en Argentina y el sur de Chile entre 1880 y 1930, y



Handwritten notes in blue ink: an upward arrow, the letter 'D', and the word 'tarucas' written vertically.



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

actualmente se encuentra ocupando prácticamente todo el cono sur sudamericano (Markham, 1971; Carman, 1976; Campos, 1986; Grigera y Rapoport, 1983 en: Zeballos *et al.*, 2012).

En el Perú, la liebre europea (*Lepus europaeus*) oficialmente fue reportada desde el año 2002 en Tacna y Arequipa (Cossíos, 2004 en: Zeballos *et al.*, 2012). Probablemente debe haber llegado al territorio peruano desde el sur, posiblemente de Chile, ya que los primeros registros se conocen de Tacna; pero no se descarta que haya ingresado por Bolivia. El registro de esta especie en el área de estudio sería un nuevo registro de su amplia dispersión en el departamento Moquegua, ya que fue reportada en el Alto Toroya, Quinsachata y la Laguna Suches (Zeballos *et al.*, 2012). El registro de la liebre europea en presente evaluación ocurrió en la cámara Quella-12 en la zona EF7, ubicada en un área abierta en una transición entre bofedal y pajonal. La liebre europea, a lo largo de esos hábitats, tiene condiciones adecuadas para su expansión, ya que encuentra disponibilidad de áreas perturbadas con buen alimento para su supervivencia (v.g. cultivos); ausencia de depredadores naturales como zorros, gatos y pumas aún no han aprendido a cazarlas (Zeballos *et al.*, 2012) (Figura 8-70j).



Una de las preocupaciones sobre el registro de *Lepus europaeus* en el área de estudio, es la competencia por alimento con mamíferos nativos y al daño que pueda causar sobre la vegetación (Jaksic, 1998; Cossíos, 2004 en: Zeballos *et al.*, 2012). En Argentina esta especie compete con el ganado doméstico por las pasturas y ocasiona pérdidas en los sembríos, huertos y plantaciones forestales, además reportan que habría desplazado en algunas regiones de Argentina a la mara (*Dolichotis patagonum Zimmermann*), al conejo de palo (*Dolichotis salinicola Burmeister*) y al tapetí (*Sylvilagus brasiliensis* Linnaeus).

Hasta la fecha en el Perú poco se está investigando sobre la liebre europea (*Lepus europaeus*), siendo necesario conocer como se está comportando, y poder así plantear propuestas objetivas y debidamente sustentadas para resolver los conflictos e impactos que genere (Ojasti, 2001 en: Zeballos *et al.*, 2012).

D
A
m
@
J
↓
@
s
a
s
e
e



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

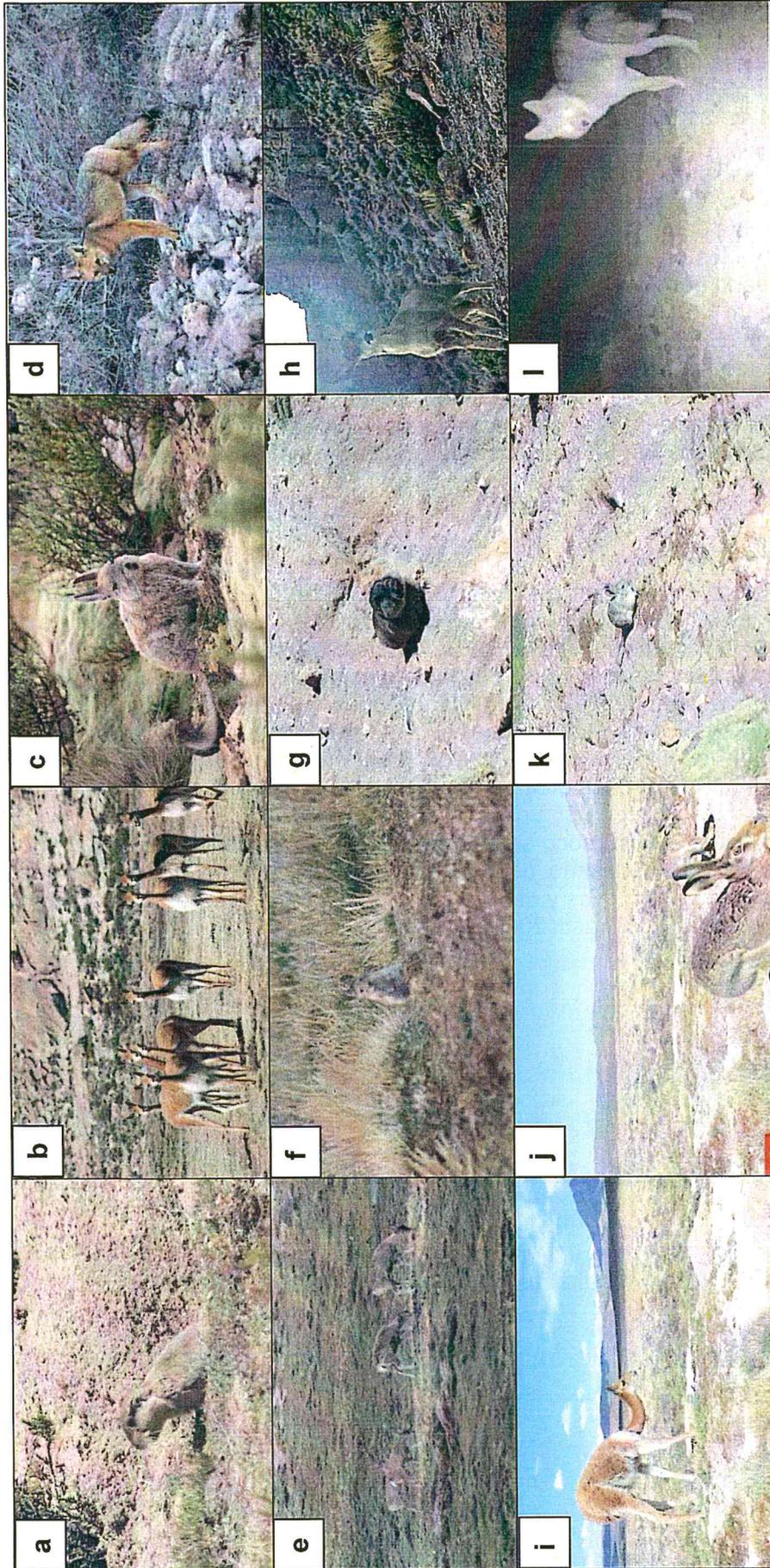


Figura 8-70. Mamíferos registrados durante las evaluaciones en el área de estudio a) tucu-tuco (*Ctenomys opimus*), registrado en el transecto 8, b) observación casual de vicuñas (*Vicugna vicugna*), alimentándose en el bofedal Parachuro, c) vizcachas (*Lagidium viscacia*), registrado en el transecto 1, d) Observación casual de zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), carretera de ingreso al anexo de Huachunta, e) taruca (*Hippocamelus antisensis*), registrado en el transecto 6, f) observación casual del ratón orejón (*Auliscomys* sp.) alimentándose en el bofedal Parachuro, g) tucu-tuco (*Ctenomys* cf *peruanus*), registrado en la cámara trampa Quella-04, h) taruca (*Hippocamelus antisensis*), registrado en la cámara trampa Quella-06, i) vicuñas (*Vicugna vicugna*), registrado en el cámara trampa Quella-12, j) liebre europea (*Lepus europaeus*), registrado en el cámara trampa Quella-12, k) ratón orejón (*Auliscomys* sp.), registrado en la cámara trampa Quella-04, l) zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), registrado en la cámara trampa Quella-07.



Handwritten signatures and initials in blue ink.



9. CONCLUSIONES

9.1 Área de operaciones

9.1.1 Calidad de agua y sedimento, y comunidades hidrobiológicas

9.1.1.1 Zona I

A. Subzona 1: Asana-Charaque

• Tributarios del río Asana

Las aguas que forman la quebrada Millune y otros tributarios del río Asana, provienen del nevado Arundaya. Este nevado corresponde a una zona de alteración hidrotermal asociada al centro volcánico Chuquiananta del Grupo Barroso con anomalías espectrales de óxidos de hierro (Fe³⁺) y arcillas, las aguas provenientes de esta zona de alteración son ácidas. A diferencia de los otros tributarios del río Asana como las quebradas Altaranito, Altarani, Sarallenque y Quimsuta que reciben sus aportes de afloramientos de flujos locales.

Los tributarios del río Asana (RAIta-1, QQuim-1 y FSara-8), presentaron valores de pH neutros y concentraciones de metales por debajo del ECA para agua Cat.3 (2008); asimismo, las características hidrogeoquímicas fueron bicarbonatadas cálcicas-sódicas y bicarbonatadas sódicas, y casi neutras con bajo contenido de metales disueltos. Sin embargo, el punto QMillu-1 (tributario del río Asana), al estar influenciado por la zona de alteración hidrotermal en su nacimiento presentó valores de pH ácido (<4,5) y concentraciones de aluminio y manganeso en ambas épocas y de hierro en época húmeda, los cuales excedieron el estándar mencionado; además, fueron clasificadas como aguas sulfatadas cálcicas, y ácidas con bajo contenido de metales disueltos en ambas épocas.

En sedimento, las concentraciones de arsénico y cobre en las quebradas Sarallenque (SED-QSara-1) y Millune (SED-QMillu-1), y de plomo en la quebrada Sarallenque (SED-QSara-1) excedieron los valores ISQG o PEL de la CEQG en época seca. La concentración de cobre en el río Altarani (SED-RAIta-1) y la quebrada Sarallenque (SED-QSara-1), y de mercurio en la quebrada Millune (SED-QMillu-1) en época húmeda, excedieron el estándar mencionado. La presencia de los metales mencionados y el pH ácido en la quebrada Millune se deberían a la influencia de la zona de alteración hidrotermal, la misma que genera drenaje ácido y movilidad de metales como aluminio, arsénico, hierro y manganeso. Además, los metales mencionados en la quebrada Sarallenque se deberían a la influencia de la granodiorita de la unidad Yarabamba, próxima al pórfido monzonítico mineralizado, la misma que contiene sulfuros (pirita, calcopirita, pirrotita, calcocita y covelita) asociadas a alteraciones potásica y filica.

El río Altarani (HID-RAIta-1) presentó las mejores condiciones para el establecimiento de la vida acuática de todos los tributarios evaluados. Aquí se observó un buen desarrollo de microalgas, macroinvertebrados bentónicos y peces, favorecido por las condiciones hidromorfológicas del río, lo que se vio reflejado en una calidad ecológica moderada en época seca y buena en época húmeda. En la época húmeda se capturaron truchas (*Oncorhynchus mykiss*), las cuales presentaron signos de buena salud y no presentaron concentraciones de metales en tejido muscular que excedan los estándares nacionales e internacionales.



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



La quebrada Millune (HID-QMillu-1) presentó la peor calidad ecológica del área de operaciones, calificándose como pésima en época seca y mala en época húmeda. Esta condición se debería a la acidez del agua y sedimento, las cuales favorecieron al incremento de las concentraciones de metales en ambas épocas, afectando el desarrollo de microalgas y macroinvertebrados bentónicos.

La quebrada Sarallénque (HID-QSara-1) pese a tener concentraciones de metales en agua (hierro) y sedimento (cobre) favoreció el desarrollo de microalgas, destacando entre ellas las diatomeas. Por otra parte, los macroinvertebrados bentónicos mostraron una gran abundancia de organismos facultativos y una muy reducida de especies sensibles, lo que se reflejó en la estimación de una calidad ecológica moderada.

Río Asana

En el río Asana afloran rocas intrusivas del pórfido monzonítico (tajo proyectado) emplazado dentro del stock de granodiorita, asociada a fallas riedel de dirección NO-SE y antiriedel del NE, que cortan al componente. Este pórfido corresponde a la zona mineralizada compuesta por calcopirita, molibdenita y pirita distribuidos en venillas y diseminados (Simmons, 2013), que en la parte superficial presenta la zona de óxidos (malaquita, crisocola, óxidos de hierro y otros remanentes sulfuros lixiviados), además, presenta anomalías de Cd, Cu, Hg, Se y Te, y en menor proporción Zn (según comparación con Wedepohl, 1994,1995); sin embargo, estos valores podrían incrementar en la zona de enriquecimiento supérgeno, ubicado en zonas más profundas.

En ambas épocas, la mayoría de puntos del río Asana presentaron valores de pH neutro y concentraciones de metales que no excedieron los ECA para agua Cat.3 (2008), excepto en RAsan-3, donde se registraron valores de pH ácido (<4,5), debido, al aporte de aguas ácidas de la quebrada Millune; además, la concentración de hierro en RAsan-2 en época húmeda, incumplió los estándares que se mencionaron. Las características hidrogeoquímicas corresponden a aguas sulfatadas cálcicas, en ambas épocas; y se clasifican como aguas casi neutras con bajo contenido de metales disueltos, excepto en el punto RAsan-3 en época húmeda, que fueron caracterizadas como ácidas con bajo contenido de metales disueltos.

El sedimento en el río Asana, ubicado aguas arriba del tajo proyectado, no excedió los valores ISQG o PEL de la CEQG en época seca; sin embargo, en época húmeda, en el punto SED-RAsan-2, el cobre excedió la concentración del valor ISQG, debido a la influencia de la granodiorita Yarabamba que aflora desde la confluencia de los ríos Altarani y Asana; así mismo, aguas abajo del tajo y depósito de desmonte proyectados, este metal se incrementó en los puntos SED-RAsan-4 y SED-RAsan-5 hasta superar el valor PEL de la CEQG por el aporte de la zona mineralizada (pórfido monzonita). Por otro lado, el pH del sedimento en el punto SED-RAsan-3 fue ácido (época húmeda), producto de la influencia de la quebrada Millune, mientras que en los demás puntos fueron cercanos a la neutralidad.

Los manantiales Altaranito (M-Alt01) y Quellaveco (FQue-1) cumplieron referencialmente con los ECA para agua Cat.3 (2008); además, sus aguas fueron clasificadas como bicarbonatadas cálcicas y sulfatadas cálcicas respectivamente, y casi neutras con bajo contenido de metales disueltos, debido a que corresponden a flujos locales asociados a rocas volcánicas del miembro Samanape. Asimismo, el piezómetro MQ-27 presenta aguas de pH cercano a neutro; sin embargo, sus concentraciones de cobre y manganeso excedieron referencialmente los ECA para agua Cat.3 (2008), además, sus aguas fueron clasificadas como bicarbonatadas cálcicas, y casi neutras con bajo contenido de metales disueltos.



Vertical handwritten notes and symbols on the left margin, including an upward arrow, a 'D', a triangle, a 'y', a circle with a dot, a downward arrow, another circle with a dot, and the letters 'Cu'.



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

Las aguas de los piezómetros MQ-23 y MQ-39 presentaron valores de pH ácido (<4,2) y valores de conductividad superiores a 1400 µS/cm, debido a la interacción de los flujos subterráneos con la zona mineralizada (pórfido monzonita). Adicionalmente, se precisa que las concentraciones de sulfatos, manganeso, cobre y cobalto en ambos puntos excedieron los ECA para agua Cat.3 (2008), mientras que las concentraciones de aluminio, cadmio, hierro y zinc solo lo excedieron en el punto MQ-39. Las aguas de ambos piezómetros se clasifican como sulfatadas cálcicas, y casi neutras con bajo contenido de metales disueltos (MQ-23) y aguas ácidas con alto contenido de metales disueltos (MQ-39).

El río Asana presentó diferentes condiciones ambientales desde su parte alta hasta su parte baja, lo cual afectó de distinta manera a las comunidades hidrobiológicas que en él se establecieron. Aguas arriba de la quebrada Millune, se observaron condiciones ecológicas favorables para el desarrollo de microalgas, macroinvertebrados bentónicos y peces, lo que se reflejó en una buena calidad ecológica en ambas épocas (HID-RAsan-1). Las truchas (*Oncorhynchus mykiss*) que se capturaron en este punto mostraron signos de buena salud y no presentaron concentraciones de metales en tejido muscular que excedan los estándares nacionales e internacionales.

Aguas arriba del tajo y depósito de desmonte proyectados, las comunidades hidrobiológicas (HID-RAsan-3), luego del aporte de aguas ácidas y con altas concentraciones de metales (aluminio y manganeso, principalmente) de la quebrada Millune, se vieron afectadas en su desarrollo, lo que se reflejó en una calidad ecológica mala (época seca) y moderada (época húmeda). En este punto, en época seca, se observó que la especie tolerante *Pentaneura* sp. (Chironomidae) representó más del 70% de la abundancia, mientras que en la época húmeda la especie facultativa *Andesiops* sp. representó más del 60%.

Aguas abajo del tajo y depósito de desmonte proyectados, se observó una calidad ecológica mala en ambas épocas. No obstante, en época húmeda, antes de su unión con el río Charaque, las condiciones ecológicas mejoraron a buena, al punto de obtener capturas de truchas (*Oncorhynchus mykiss*), las cuales mostraron signos de buena salud y no presentaron concentraciones de metales en tejido muscular que excedan los estándares nacionales e internacionales.

• **Río Charaque**

En la naciente del río Charaque (entre la quebrada Huacho y el puente Cuajone-Quellaveco) afloran rocas granodioríticas de la Unidad Yarabamba, que forman parte de la extensión de los afloramientos del río Asana. En la quebrada tributaria al río Charaque se reconocieron fallas de dirección NO-SE rellenas con roca molida y asociadas a venillas *stockwork* con sulfuros y óxidos de hierro, además de precipitados de sulfatos en las paredes rocosas. Adicionalmente, este intrusivo presentó concentraciones de cobre, mercurio, zinc, selenio, telurio y cadmio que excedieron los valores de corteza continental, de los cuales el cobre y cadmio fueron registradas en sedimento.

Todos los puntos evaluados en el río Charaque y su tributario (Q.Tr-Chara-1), presentaron aguas con valores de pH neutro y conductividad eléctrica menor a 250 µS/cm; además, las concentraciones de metales no excedieron el ECA para agua Cat.3 (2008) en ambas épocas. Las características hidrogeoquímicas del río Charaque, fueron bicarbonatadas cálcicas-sódicas y bicarbonatadas sódicas-cálcicas; sin embargo, la quebrada tributaria presentó aguas sulfatadas cálcicas. En todos los puntos se clasifica sus aguas como casi neutras con baja carga de metales disueltos.



Handwritten notes and symbols on the left margin: an upward arrow, a 'B', a 'P', a 'y', a '@', a 'J', a '↓', a '@', a 'G', a 'S', a 'M', a 'G', and a 'P'.



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

En sedimento, todos los puntos del río Charaque presentaron valores de pH casi neutros y concentraciones de cobre que excedieron los valores ISQG del CEQG en época húmeda; sin embargo, en época seca solo excedió en el punto SED-RChara-2. Adicionalmente, en el tributario sin nombre del río Charaque (SED-Q.Tr.Chara-1) se registraron concentraciones de cobre y cadmio que excedieron los valores ISQG, debido a la influencia de los afloramientos de granodiorita de la unidad Yarabamba que presenta abundantes venillas stockwork relleno con sulfuros y óxidos de hierro, asociados a fallas locales (*riedel*) que forman parte de la falla Quellaveco.

Los manantiales ubicados en la margen izquierda del río Charaque (FChara-1, FChara-3, FChara-5 y FChara-8) cumplieron con los ECA para agua Cat.3 (2008), presentando valores de pH casi neutros. Las características hidrogeoquímicas de estas aguas fueron bicarbonatadas sódicas que corresponden a flujos de circulación local, asociadas a tobas de líticos de la Formación Huaylillas y lavas del Grupo Barroso (acuitardos volcánicos fisurados). Adicionalmente, el manantial M-Cha-10 presentó las mismas características de acides; sin embargo, la concentración de sulfuros excedió los ECA para agua Cat.3 (2008) y las características hidrogeoquímicas fueron aguas bicarbonatadas cálcicas, asociado al contacto litológico de las secuencias masivas de riolitas del Miembro Asana, cubierto por andesitas y latiandesitas del Miembro Samanape. Las aguas de todos los manantiales se clasifican como casi neutras con bajo contenido de metales disueltos.

Las comunidades hidrobiológicas presentaron incrementos en los registros de riqueza de microalgas y macroinvertebrados bentónicos desde la parte alta hacia la parte baja en la época húmeda; no obstante, la calidad ecológica fue moderada en todos los puntos, condición que sería consecuencia de una aparente uniformidad de las condiciones hidromorfológicas a lo largo del río.

Los registros de perifiton a lo largo del río mostraron una mayor similitud en lo que a composición de especies se refiere, resultados que se reflejaron en el análisis de agrupamiento, donde las diatomeas *Planothidium* sp., *Nitzschia gracilis*, *Encyonema cf. minutiforme*, *Halamphora cf. coffeaeformis* y *Surirella minuta* fueron comunes a los cuatro puntos evaluados. En relación con los macroinvertebrados bentónicos, destacó la presencia de especies sensibles como *Meridialaris* sp. (Leptophlebiidae) y *Cailloma* sp. (Hydrobiosidae).

Otro aspecto resaltante fue el registro de ranas acuáticas (*Telmatobius* sp.) en la parte alta (HID-RChara-4) y en las proximidades del anexo de Tala (HID-RChara-2 e HID-RChara-3). En estos puntos, el río Charaque presentó condiciones que estarían favoreciendo su desarrollo, entre ellas la transparencia de las aguas, flujo lento, bajo caudal y abundancia de pozas.

B. Subzona II: Coscori-Tumilaca

• **Río Capillune-Huancanane**

Las características hidrogeoquímicas de las aguas superficiales de la parte alta del río Capillune (RCapi-2) cambiaron con respecto a los demás puntos aguas abajo (RCapi-1, RHuan-1 y RHuan-2), pasando de bicarbonatadas cálcicas-sódicas a cloruradas-sulfatadas sódicas; debido al aporte de afloramientos de aguas de origen magmático-volcánico y de circulación regional con largo tiempo de permanencia en las rocas, los cuales constituyen medios alcalinos con liberación de arsénico, vanadio, boro, litio y otros elementos. Asimismo, estas características fueron evidenciadas en el manantial M-Sal-03, los cuales presentaron aguas cloruradas sódicas.



Handwritten vertical text: A B M S G H J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z



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

Los parámetros evaluados en el río Capillune-Huancanane cumplieron con los ECA para agua Cat.3 (2008); sin embargo, se evidenció un incremento en sus valores de pH, conductividad eléctrica, sulfatos, cloruros, bicarbonatos, sólidos totales disueltos y algunos metales como boro, litio, entre otros, desde su parte alta (RCapi-2) hacia su parte baja (RCapi-1), en época húmeda. Este río, aguas abajo (RHuan-1) del aporte de la quebrada Papujune, también incrementó en sus valores de pH, conductividad eléctrica, sulfatos, boro y carbonatos, hasta incumplir con los ECA para agua Cat.3 (2008) en su parte baja (RHuan-2) en ambas épocas.

En sedimento, el río Capillune-Huancanane (SED-RCapi-1) presentó concentraciones de arsénico que excedieron el valor ISQG de la CEQG, solo en época húmeda. Asimismo, durante la época seca, las concentraciones de arsénico en la quebrada Papujune (SED-QPapu-2) y la parte baja de este río (SED-RHuan-2), excedieron el estándar mencionado. En ambos casos, posiblemente debido a la desorción de este metal en condiciones alcalinas del agua.

En relación con las comunidades hidrobiológicas, las condiciones fisicoquímicas de calidad de agua y sedimento no parecen haber restringido su desarrollo. Es así que, tanto las microalgas como los macroinvertebrados bentónicos presentaron un incremento notable de riqueza desde la parte alta (HID-RCapi-2) hasta la parte baja (HID-RHuan-2) en época húmeda, llegándose inclusive a encontrar ranas acuáticas (HID-RCapi-2, HID-RHuan-1 e HID-RHuan-2).

En el caso de las microalgas se observó dominancia de las diatomeas de los géneros *Achnanthisdium*, *Planothidium*, *Navicula* y *Nupela* en la parte baja (HID-RHuan-1 e HID-RHuan-2), donde mostraron tolerancia a condiciones de pH básico y altos valores de conductividad eléctrica, carbonatos, sulfatos y boro. Los macroinvertebrados bentónicos también mostraron una mayor riqueza en la parte baja del río, encontrándose un importante número de especies facultativas de las familias Aeshnidae, Baetidae, Hydroptilidae, Elmidae, Simuliidae y Tipulidae, las que representaron al menos el 50% de la riqueza total.

En este río solo se registraron ranas acuáticas (*Telmatobius* sp.) en los puntos HID-RCapi-2, HID-RHuan-1 e HID-RHuan-2 y un sapo espinoso (*Rhinella spinulosa*) en las orillas del río en el punto HID-RHuan-2. Asimismo, se resalta la tolerancia de las ranas acuáticas a un amplio rango de condiciones de calidad de agua.

Los parámetros evaluados en el piezómetro PAP-14-02, ubicado en la quebrada Salviani, y en el manantial M-Sal-03, ubicado en la parte baja de la quebrada Papujune, no excedieron los ECA para agua Cat.3 (2008). Las aguas del piezómetro PAP-14-02 fueron bicarbonatadas cálcicas y en el manantial M-Sal-03, cloruradas sódicas. Ambos, se clasifican como aguas casi neutras con bajo contenido de metales disueltos.

Río Coscori-Tumilaca

Los parámetros evaluados en los ríos Coscori-Tumilaca (RCosc-1, RCosc-2RTumi-1 y RTumi-2) cumplieron con los ECA para agua Cat.3 (2008). Estas aguas fueron clasificadas como sulfatadas cálcicas y casi neutras con bajo contenido de metales disueltos.

En sedimento, las concentraciones de cobre en todos los puntos y cadmio en el punto SED-RTumi-1, en la época húmeda, excedieron los valores ISQG de la CEQG, debido al aporte de los ríos Asana y Charaque; y durante la época seca, el punto SED-RCosc-2 registró concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc que excedieron



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



el estándar ISQG y de cromo que excedió el valor PEL de la misma norma, probablemente por influencia de los intrusivos de monzonita (Pb, Zn y Cu) y diorita (Cu y Cr) de la Unidad Yarabamba, que presentaron concentraciones anómalas de estos metales con respecto a los valores de la corteza continental.

En el río Coscori-Tumilaca las comunidades de microalgas y macroinvertebrados bentónicos mantuvieron niveles similares de riqueza a lo largo del río en época húmeda. En este río lo más resaltante fue la diversidad de peces encontrados, obteniéndose capturas de truchas en la parte alta (HID-RCosc-1), y bagres (*Trichomycterus aff. punctulatus*, *Trichomycterus rivulatus* y *Trichomycterus sp.*) y pejerrey (*Basilichthys semotilus*) en la parte baja (HID-RTumi-2) en ambas épocas.

9.1.1.2 Zona II

• Quebrada Cortadera

El contexto geológico se caracteriza por las rocas andesíticas y riolíticas de los miembros Carpanito y Yarito de la Formación Quellaveco que afloran en el área del depósito de relaves proyectado. En la parte alta y baja de la quebrada Cortadera afloran *stocks* de monzonita que cortan a las unidades volcánicas. La falla Micalaco y fallas menores se alinean a la quebrada Yarito y cortan diagonalmente a las quebradas Cortadera y Patilla, y al componente minero proyectado; adicionalmente estas estructuras están asociadas a zonas de alteración, mineralización de sulfuros (venillas y diseminados) y a la presencia de sulfatos (yesos), los cuales influyen en la calidad y el comportamiento de las aguas subterráneas.

El agua superficial en la quebrada Cortadera proviene de acuíferos que son recargados en época húmeda y descargados en filtraciones y manantiales en las áreas deprimidas de la quebrada, donde se registró incrementos en valores de la conductividad eléctrica, STD, cloruros y sulfatos desde la parte alta (QCort-1) a la baja (QYari-1) del depósito de relaves proyectado, incumpliendo el ECA para agua Cat.3 (2008) para sulfatos en la parte baja. El tipo de agua en QCort-1 fue bicarbonatada cálcica y en QYari-1, sulfatada-clorurada cálcica, las cuales estarían asociadas al tipo de flujo (circulación local) y al origen subterráneo de las aguas, respectivamente. Además, en la parte baja, se evidenció arsénico y cobre en sedimento en concentraciones que excedieron los valores PEL de la CEQG, debido a la influencia de las rocas de la unidad Monzonita Yarabamba y Miembro Carpanito, así como las estructuras asociadas a la Falla Micalaco.

En época seca, los parámetros evaluados en los manantiales MCort-4 y MCort-5, cumplieron referencialmente los ECA para agua Cat.3 (2008); y fueron de tipo cloruradas sódicas y casi neutras con baja carga de metales disueltos por tratarse de aguas de circulación regional en contacto con rocas volcánicas del Cretácico.

Las aguas de los piezómetros evaluados, solo en época seca, presentaron facies hidroquímicas de tipo sulfatadas cálcicas (PMC-3 y CD-2B), cloruradas sódicas (PCP-1), cloruradas-sulfatadas cálcicas-sódicas (S-COR-08-01), sulfatadas cloruradas sódicas-cálcicas (SCOR-08-03) y sulfatadas cloruradas sódicas (PMP-2); las mismas que se clasificaron como aguas casi neutras con baja carga de metales disueltos.

Las aguas de estos piezómetros incumplieron referencialmente parámetros de los ECA para agua Cat.3 (2008). En el punto PMC-3, las concentraciones de sulfatos, sulfuros, hierro y manganeso, se deberian a la presencia de rocas del miembro Yarito y la influencia de la Falla Micalaco. En PCP-1, sulfuros y arsénico, asociados al



Handwritten vertical text: ↑ D A y @ j ↓ @ Cu s M A A



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

contacto del Miembro Yarito con el intrusivo monzonítico que presenta fallas en dirección NO-SE. En CD-2B, sulfatos, que deberían su composición a la presencia de yesos asociados a la influencia de la Falla Micalaco. En S-COR-08-3 y S-COR-08-1, sulfatos, fluoruros y manganeso, asociados a acuíferos libres con aportes del cauce principal. Y en PMP-2, fluoruros, sulfatos, hierro y plomo, probablemente por la influencia de rocas monzonitas de carácter ácido.

La quebrada Cortadera, en la época seca, presentó un incremento de riqueza de microalgas y macroinvertebrados bentónicos en la parte baja (HID-QYari-1), en relación a la parte alta (HID-QCort-1). En la parte baja, la influencia de la temporalidad fue observada a través del cambio de calidad ecológica de mala (época seca) a buena (época húmeda) en la parte baja de la quebrada Cortadera (HID-QYari-1), debido a una mayor disponibilidad de agua en una zona de escasa precipitación.

9.1.2 Calidad de aire

Todas las concentraciones de material particulado (PM₁₀) obtenidas en los puntos CA-TALA (poblado de Tala), CA-QUIM (quebrada Quimsuta) y CA-CORT (Cerro Cortadera) no superaron el valor del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para dicho parámetro, equivalente a 100 µg/m³ para periodos de 24 horas (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM) ni el Decreto Supremo N.° 074-2001-PCM.

Adicionalmente, las concentraciones de material particulado (PM_{2,5}) obtenidas en los puntos CA-TALA (poblado de Tala) y CA-QUIM (quebrada Quimsuta) no superaron el valor del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para dicho parámetro, equivalente a 50 µg/m³ para periodos de 24 horas (Decreto Supremo N.° 003-2017-MINAM), ni el Decreto Supremo N.° 003-2008-MINAM.

Las concentraciones de metales en PM₁₀ reportadas en los puntos de muestreo CA-TALA, CA-QUIM y CA-CORT cumplieron en todos los casos con los valores de referencia de la norma canadiense (AAQC) para periodos de 24 horas.

Cabe señalar que en la zona del tajo y del depósito de desmonte proyectados, tanto el punto ubicado a sotavento (CA-QUIM) como el punto ubicado a barlovento (CA-TALA), las concentraciones fueron similares para el periodo evaluado.

9.1.3 Suelo

El área de potencial afectación de Majada y Media (NF1) corresponde a suelos del orden entisol, con textura franco arenosa, valores de pH fuertemente ácidos y baja capacidad de intercambio catiónico. El área de potencial afectación de Tala Nuevo (NF2) corresponde a suelos del orden andisol, de la consociación Samanape (Sm); además, presenta textura franco arenosa, estructura granular, valores de pH moderada a ligeramente ácido y capacidad de intercambio catiónico de baja a moderada. En ambos casos, no se presentan elementos biodisponibles; sin embargo, en condiciones de descenso de pH, el manganeso y el hierro podrían pasar a fases móviles.

Los valores de nivel de fondo y de referencia fueron calculados para 18 elementos en el APA NF1 y para 17 en el APA NF2, de los cuales, el bario y cromo no excedieron el ECA para suelos de uso agrícola o extracción/industrial. Cabe precisar que los otros elementos tóxicos (arsénico, bario, cadmio y plomo) presentaron concentraciones menores al límite de detección del análisis, por lo que no fueron considerados para el tratamiento estadístico. Además, los valores de cobre, zinc, bario, boro, calcio, potasio, magnesio, fósforo, estroncio y manganeso fueron superiores en el APA NF2.



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



Asimismo, los valores de cromo, cobalto, sodio, aluminio, hierro, manganeso, silicio, titanio y vanadio fueron superiores en el sector Majada y Media.

9.2 Área de abastecimiento de agua

9.2.1 Calidad de agua y sedimento, y comunidades hidrobiológicas

9.2.1.1 Zona III

A. Subzona 1: Vizcachas

• Río Vizcachas

El contexto geológico del río Vizcachas aguas abajo del futuro embalse, se caracteriza por las secuencias masivas de tobas líticas y lavas del Grupo Maure, la cual presenta zonas de brechas y fracturas con relleno de cuarzo amorfo y óxidos de hierro. En el área del futuro embalse predominan las tobas de cristales masivas de la Formación Vizcachas y las tobas de cristales y líticas con matriz de cenizas de la Formación Sencca. Finalmente, aguas arriba de este componente afloran secuencias sedimentarias de origen lacustre intercaladas con lavas andesíticas, ambas de la Formación Capillune, los mismos que son cubiertos discordantemente con las brechas monomíticas y lavas andesíticas del Estrato volcán Pasto Grande. Cabe precisar que, la Formación Capillune presenta intensa alteración argílica, la cual genera laderas erosionadas de coloración amarilla y disponibilidad de sedimentos finos hacia el fondo de valle y al curso de agua principal.

En la época húmeda, los parámetros evaluados en los puntos sobre el río Vizcachas (RVizc-2, RVizc-3, RVizc-4, RVizc-5 y RVizc-6), tanto aguas arriba como aguas abajo del embalse proyectado, cumplieron los ECA para agua Cat.3 (2008), a excepción de la concentración de hierro aguas abajo de este embalse (RVizc-4); además, sus aguas corresponden a aguas bicarbonatadas sódicas. En la época seca, el valor de pH ácido y la concentración registrada de manganeso en el punto RVizc-1 y de arsénico en el punto RVizc-2 incumplieron los estándares mencionados; asimismo, sus aguas corresponden a sulfatadas sódicas aguas arriba del embalse proyectado, en tanto, aguas abajo corresponden a aguas bicarbonatadas-sulfatadas sódicas. Además, las aguas de todos los puntos se clasifican como casi neutras con bajo contenido de metales disueltos, en ambas épocas; mientras que, las aguas del punto RVizc-1, se clasifica como ácida con bajo contenido de metales disueltos, en época seca.

En sedimento, aguas arriba del proyecto de embalse Vizcachas (SED-RVizc-3), las concentraciones de los parámetros evaluados en el río Vizcachas se encontraron por debajo del valor ISQG de la CEQG; sin embargo, aguas abajo las concentraciones de arsénico se incrementaron hasta exceder el valor ISQG en los puntos SED-RVizc-4 y SED-RVizc-5, y luego del aporte del río Chilota excedió el valor PEL en el punto SED-RVizc-2, en época húmeda. El origen del arsénico se debería a los aportes de la erosión de rocas volcánicas félsicas (formaciones Vizcachas y Sencca) y al transporte del sedimento del río Chilota.

El río Vizcachas, antes de la confluencia del río Chilota, presentó una calidad ecológica moderada, tanto aguas arriba como aguas abajo del proyecto de embalse Vizcachas, lo que se debería principalmente a las condiciones hidromorfológicas; sin embargo, en el punto ubicado aguas abajo de la confluencia del río Chilota, se observó una buena calidad ecológica, debido a una mayor disponibilidad de hábitats, pese al incremento de las concentraciones de arsénico. En este último punto se encontró la especie sensible de macroinvertebrado bentónico *Claudioperla* sp., no reportada



Handwritten notes and symbols: an upward arrow, the letter 'D', a checkmark, a question mark, an '@' symbol, a downward arrow, and the letters 'G', 'S', 'M', 'R'.



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

aguas arriba, además de la presencia de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) que es considerada una especie indicadora de buena calidad fisicoquímica del agua.

Tributarios del río Vizcachas

El río Huaraya y la quebrada Queullocachi, tributarios de la parte media del río Vizcachas, se encuentran influenciados por bofedales permanentes. En época húmeda, las aguas en el río Huaraya fueron caracterizadas como bicarbonatadas sódicas (RHuar-2) y bicarbonatadas cálcicas-sódicas (RHuar-1), y la quebrada Queullocachi como bicarbonatadas sódicas (QQueu-1 y QQueu-2), clasificadas como aguas casi neutras con bajo contenido de metales disueltos. Los valores de pH fueron neutros en los puntos antes del ingreso a bofedales (RHuar -1 y QQueu-1) y básicos a la salida (RHuar-1 y QQueu-2) incumpliendo los ECA para agua Cat.3 (2008), lo que se debería a la interacción de materiales biogénicos de los bofedales y los sustratos de origen lacustre de la Formación Capillune. Los demás parámetros evaluados en ambos puntos, cumplen con los estándares mencionados.

Las características hidrogeoquímicas aguas arriba del bofedal Calasaya (RCala-3), durante la época húmeda fueron sulfatadas sódicas, los mismos que cambiaron a sulfatadas cálcicas-sódicas aguas abajo de este bofedal. Asimismo, en la época seca, el punto ubicado aguas arriba del bofedal (RVila-1) y la quebrada sin nombre (QS/N), ubicada a la misma altitud, presentaron facies sulfatadas cálcicas-sódicas. Sin embargo, el río Calasaya (RCala-1) antes de la confluencia con el río Vizcachas presentó características bicarbonatadas sódicas, y se clasifican como casi neutras con bajo contenido de metales disueltos.

Esta composición hidroquímica corresponde al contacto con el centro volcánico Suches, la intensa alteración argílica y óxidos de hierro sumado a la actividad biogénica de bofedales. Y por la margen derecha, el río Chincune (RChin-1) contribuye al río Vizcachas con aguas de tipo sulfatadas-bicarbonatadas cálcicas y casi neutras con bajo contenido de metales disueltos. Todos estos cuerpos de agua presentaron valores de pH cercanos a la neutralidad, y parámetros que cumplieron con los ECA para agua Cat.3 (2008); además, en sedimento no se excedieron los valores ISQG o PEL de la CEQG.

Las comunidades hidrobiológicas presentes en los tributarios del río Vizcachas presentaron un comportamiento muy variable, encontrándose que la comunidad de microalgas fue la que mejor se desarrolló, lo que se debería a la influencia de los ecosistemas de bofedales. En el río Chincune (HID-RChin-1) se capturó el mayor número de peces de toda el área de estudio (en la época húmeda), entre ellos trece truchas (*Oncorhynchus mykiss*) y un bagre (*Trichomycterus* sp.) que mostraron signos de buena salud. Además, la concentración de metales en tejido muscular de las truchas no superó las normas referenciales nacionales e internacionales.

B. Subzona 2: Chilota

Los parámetros evaluados en los ríos tributarios (R.Tr.Chil-1 y R.Tr.Chil-2) que dan origen al río Chilota no excedieron los valores de los ECA para agua Cat.3 (2008) por tratarse de aguas provenientes de manantiales de circulación local. Estas aguas se clasificaron como bicarbonatadas sódicas y casi neutras con baja carga de metales, al igual que las aguas de los puntos RChil-3 y RChil-4. Estos últimos puntos presentaron concentraciones de hierro que excedieron los estándares mencionados en época húmeda, siendo posiblemente influenciados por bofedales aledaños, y por el centro volcánico Suches que aportaría minerales ferromagnesianos al agua. En sedimento, el punto SED-RChil-3 presentó contenido de arsénico que excedió el valor



Handwritten notes and signatures in the left margin, including a large blue arrow pointing up and various initials and marks.



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

PEL de la CEQG en época húmeda, lo que se debería a la influencia de las rocas félsicas dominantes de las unidades volcánicas del neógeno (Grupo Barroso y Grupo Maure).

En la parte media del río Chilota (RChil-1 y RChil-5), se registraron pH ligeramente básico a básico, incumpliendo en el punto RChil-5, los ECA para agua Cat. 3 (2008) en pH, carbonatos y arsénico, en época húmeda. Estas aguas fueron caracterizadas como bicarbonatadas-sulfatadas sódicas en RChil-1 en época seca, y bicarbonatadas sódicas en RChil-5 en época húmeda; ambas casi neutras con baja carga de metales. Estas diferencias, con respecto a las facies y al contenido de arsénico, se deberían a la influencia de la fuente hidrotermal Chilota aledaña a los puntos, así como al Grupo Maure sobre la alcalinidad del agua.

En la parte baja de la microcuenca, el punto RChil-2 presentó pH básico a ligeramente básico de época seca a húmeda y concentraciones de arsénico en ambas épocas que excedieron al ECA para agua Cat.3 (2008). Las aguas fueron caracterizadas como cloruradas-bicarbonatadas sódicas en época seca y bicarbonatadas sódicas en época húmeda, y casi neutras con bajo contenido de metales disueltos. La variación en las características hidroquímicas se debería a la disminución de las actividades geotermales y dilución de cloruros por influencia de las quebradas tributarias. El contenido de arsénico en SED-RChil-2 excedió los valores ISQG y PEL de CEQG en época húmeda, siendo la mayor concentración observada en toda la microcuenca, donde la acumulación por arrastre fluvial desde la parte alta de la microcuenca y las quebradas tributarias serían las responsables de la concentración encontrada.

Las comunidades hidrobiológicas del río Chilota presentaron variaciones a lo largo del río, observándose un incremento en la riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos desde sus tributarios de la parte alta hasta su parte baja. Esta última condición se reflejó en una mejora de la calidad ecológica desde una condición mala en la parte alta (HID-R.Tr.Chil-2), moderada en la parte media (HID-RChil-3 y HID-RChil-4) y buena en la parte baja (HID-RChil-5 y HID-RChil-2). Es justamente en la parte baja, el punto con mejor calidad ecológica, donde se capturaron tres individuos de truchas (*Oncorhynchus mykiss*), cuya presencia se vio favorecida por las características fisicoquímicas e hidromorfológicas del río.

Los géneros de diatomeas que mejor prosperaron a pH básico y altas concentraciones de arsénico fueron *Diademsis*, *Fragilaria*, *Cocconeis*, *Gomphonema* y *Ulnaria*; por otra parte, los géneros más abundantes en aguas con altas concentraciones de hierro fueron las diatomeas *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Fragilaria*, *Synedra* y *Ulnaria*, y en menor medida las cianobacterias *Chroococcus* y *Gloeocapsa*. A lo largo de todo el río, se observó la presencia del coleóptero *Austrelmis* sp., que fue determinada como especie indicadora del área de abastecimiento de agua y de cuerpos de agua con calidad ecológica buena según el análisis multivariado IndVal.

C. Subzona 3: Titire

La calidad del agua y sedimento en la zona de captación de agua del río Titire, está influenciada por manifestaciones hidrotermales que aportan arsénico, boro y litio, siendo mayor su aporte en la época seca; y por los aportes del río Aruntaya, que aproximadamente desde el 2015, incrementa las concentraciones de metales como cobre y zinc, siendo mayor su aporte en época húmeda.

En el río Titire (RTiti-1 y RTiti-2), las concentraciones de aluminio, arsénico, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, y los valores de pH y conductividad eléctrica incumplieron los ECA para agua Cat.3 (2008); además, las concentraciones de boro



Handwritten notes in blue ink: a vertical line with an arrow pointing up, followed by the letters 'P', 'D', 'y', 'e', 'j', 't', 'e', 'a', 's', 'H', 'A' arranged vertically.



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

y litio en RTiti-1 superaron el estándar en época seca. También, se evidenció la tendencia al incremento de la concentración de metales en agua superficial en comparación con la data histórica. En sedimento, las concentraciones de arsénico y cobre en ambas épocas, y cadmio y zinc en época seca excedieron los valores ISQG o PEL de la CEQG en el punto SED-RTiti-1.

Las condiciones ácidas de agua y sedimento y las altas concentraciones de algunos metales (aluminio, arsénico, boro, cadmio, cobalto, cobre, hierro, litio y manganeso, entre otros) afectaron el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas, lo que se observó mejor en los análisis estadísticos multivariados que muestran a los puntos del río Titire con una estructura comunitaria muy diferente del resto de puntos evaluados, tanto en el área de abastecimiento de agua como en el área de operaciones.

Las microalgas más abundantes en estas condiciones fueron las diatomeas *Achnanthydium cf. exilis*, *Nitzschia gracilis*, *Nupela sp.*, *Pinnularia pisciculus var. angusta*, *Ulnaria ulna*, y *Gomphonema cf. mexicanum*, además de la cianobacteria *Phormidiochaete crustacea*. Por otra parte, los macroinvertebrados bentónicos que mejor se adaptaron a este ambiente fueron especies tolerantes de las familias Chironomidae y Ephydriidae, y especies facultativas de las familias Baetidae, Corixidae y Elmidae.



9.2.2 Flora silvestre

Se evaluaron siete zonas, donde se identificaron seis ecosistemas frágiles (bofedales) y una zona que corresponde a unión de quebradas (donde se ubicará el futuro embalse Vizcachas); a la vez, en estas zonas se diferenciaron cuatro tipos de formaciones vegetales (bofedal, roquedales, pajonales y tolares), de los cuales la formación vegetal bofedal fue la más representativa.

Se registraron 152 especies agrupadas en 34 familias botánicas y 86 géneros, siendo las familias más diversas Asteraceae y Poaceae; y los géneros más diversos *Senecio* y *Calamagrostis*. La vegetación de roquedal fue la formación vegetal de mayor riqueza con 71 especies, seguida de la formación vegetal de bofedal con 67 especies. Sin embargo, respecto a la cobertura vegetal, la formación vegetal de roquedal presentó en promedio el menor valor de cobertura con 42 %, mientras que la formación bofedal fue la que presentó mayor cobertura con 78,90 %. Por otro lado, las herbáceas corresponden al estrato más diverso con el 84,2 % de las especies registradas en el área de estudio.

Las especies con mayor abundancia relativa en el área de estudio fueron *Lachemilla diplophylla*, *Festuca orthophylla* y *Oxychloe andina*. Siendo *Lachemilla diplophylla*, *Oxychloe andina*, *Distichia muscoides* y *Werneria pygmaea* las especies más abundantes en los bofedales; en el roquedal *Festuca orthophylla* y *Parastrephia lucida*; y *Festuca orthophylla* y *Calamagrostis vicunorum* en el pajonal; finalmente en el tolar, *Parastrephia lucida* y *Calamagrostis rigescens*, fueron las especies que registraron mayor abundancia relativa.

Las formaciones vegetales bofedal y roquedal fueron las más diversas respecto a las evaluadas en los pajonales y tolares. Por otro lado, las zonas más diversas se encontraron en los ecosistemas frágiles EF4 y EF5.

El análisis estadístico multivariado (NMDS) y de similitud, muestran que las formaciones vegetales evaluadas están bien definidas, de los cuales los bofedales poseen baja similitud con el pajonal, tolar y roquedal; sin embargo, las formaciones más similares respecto a los bofedales fueron el pajonal y roquedal.

Handwritten notes and signatures in the left margin, including an arrow pointing up and a vertical list of characters: D, D, 3, f, t, e, u, s, 4, 4.



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

Con respecto al estado de conservación o endemismo se registraron 13 especies, teniendo 9 especies protegidas según la legislación peruana, 2 especies en la IUCN y 2 especies en los listados de la Cites; asimismo, 2 especies fueron endémicas de Perú, de las cuales la especie Gentianella persquarrosa, amplía su rango de distribución hacia el departamento Moquegua.

9.2.3 Fauna silvestre

9.2.3.1 Anfibios y reptiles

En el área de estudio se registraron dos especies de anfibios, rana acuática del Perú (Telmatobius peruvianus) y rana marmoleada de cuatro ojos (Pleurodema marmoratum), y una especie de reptil, lagartija rubricauda Liolaemus cf. signifer. Los anfibios presentaron una mayor riqueza de especies con respecto a los reptiles; sin embargo, la lagartija Liolaemus cf. signifer fue la especie con mayores valores de abundancia durante la evaluación.

Los renacuajos de Telmatobius peruvianus presentaron valores altos de abundancia, debido a su tipo de desarrollo, distribuyéndose en los diferentes cuerpos de agua de los bofedales.

Las especies registradas durante la evaluación presentaron preferencia hacia aquellos hábitats que permitan el correcto desarrollo de sus actividades, siendo el bofedral y quebrada los hábitats principales para los anfibios; y el pajonal, tolar y roquedal para los reptiles.

En el área de estudio, las zonas de ecosistemas frágiles EF4 y EF2 presentaron los mayores valores de riqueza y abundancia de especies. No obstante, las zonas EF1 y EF7 presentaron abundancias altas de renacuajos de Telmatobius peruvianus en sus inmediaciones. La lagartija Liolaemus cf. signifer fue la única especie presente en todas las zonas evaluadas.

De todas las especies registradas en la evaluación, la rana acuática del Perú (Telmatobius peruvianus) se encuentra categorizada como Vulnerable (VU) por la IUCN; asimismo, esta especie se encuentra bajo la categoría de Vulnerable (VU) según la legislación nacional.

9.2.3.2 Aves

En el área de estudio, la avifauna registrada es típica de los ecosistemas altoandinos del sur de Perú. Asimismo, se registraron 43 especies pertenecientes a 20 familias y 11 órdenes. Los órdenes que presentaron mayor número de especies fueron los Passeriformes con 23 especies, seguidos de Anseriformes y Charadriiformes con 5 especies cada uno. Las familias con mayor número de especies fueron Tyrannidae (8 especies), Thraupidae (6 especies), Furnaridae (6 especies) y Anatidae (5 especies). Siendo estos grupos taxonómicos los más representativos de la Puna peruana.

De las 43 especies registradas, 41 especies son consideradas residentes y 2 especies migratorias australes (Muscisaxicola cinereus y Muscisaxicola flavinucha). Del total, 31 fueron especies terrestres y 12 de ambientes acuáticos. Asimismo, la especie con mayor número de individuos fue el Chirigüe de Lomo Brillante (Sicalis uropygialis) con 114 individuos. Además, las especies se encuentran dentro de su rango de distribución conocida.



Handwritten vertical text: D, A, y, e, J, t, e, s, H, I



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

Los hábitats evaluados presentan una mixtura de especies de aves, con presencia de aves generalistas y propias de cada hábitat. El hábitat bofedal registró la mayor riqueza de especies y presenta aves acuáticas y terrestres. El pajonal, tolar y roquedal albergan y comparten aves terrestres características de la Puna.

Las zonas de ecosistemas frágiles que presentaron mayor riqueza, abundancia e índices de diversidad fueron EF6 y EF4, debido que estas zonas albergaban la mayor diversidad de hábitats y mayor esfuerzo de muestreo. Sin embargo, las zonas que presentaron menor riqueza, abundancia y diversidad fueron EF5 y EF7.

La riqueza de especies es significativa en el área de estudio, encontrando 22 especies de interés para la conservación, que según la legislación nacional se registró una especie en Peligro Crítico (CR), el Suri (*Rhea pennata*), y dos especies Casi Amenazadas (NT), el Chorlo Cordillerano (*Phegornis mitchellii*) y la Perdiz de la Puna (*Tinamotis pentlandii*); y a la vez las dos primeras especies son consideradas como Casi Amenazadas (NT) según la IUCN. Además, se registraron 5 especies incluidas en la Cites y 12 especies que son restringidas al Bioma de los Andes Centrales.

9.2.3.3 Mamíferos

Con las metodologías de censos por transectos, entrevistas y cámaras trampa se lograron registrar 12 especies de mamíferos silvestres, 10 de ellos confirmados (transecto y cámaras trampa) y 2 especies potenciales (entrevista) para el área evaluada.

Para los censos de mamíferos silvestres se realizó un esfuerzo de 11:30:00 horas/censo, lo cual nos permitió una cobertura de 10040 m, este esfuerzo nos permitió registrar 7 especies de mamíferos silvestres.

El mayor número de evidencias en los censos por transectos ocurrieron en el transecto 8 ubicado en la zona de EF7 con 11 registros, pertenecientes a 5 especies.

El mayor valor en términos de índice de ocurrencia lo presenta la vicuña (*Vicugna vicugna*) con 45 puntos, seguido del zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) con 41 puntos y la vizcacha (*Lagidium viscacia*) con 30 puntos.

En cuanto al mayor valor en términos de índice de abundancia lo muestran la vicuña (*Vicugna vicugna*) con 42 puntos, seguido del zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) con 36 puntos y la vizcacha (*Lagidium viscacia*) con 30 puntos.

Con cámaras trampa se lograron registrar 252 registros independientes de mamíferos silvestres, pertenecientes a 8 familias, 9 géneros y 9 especies que ocurren en el área de estudio.

Los mayores números de registros independientes ocurrieron en la cámara trampa Quella-05, instalada en la zona de EF1, en una transición entre bofedal y roquedal, esta cámara captó 98 registros independientes de vizcacha (*Lagidium viscacia*).

Las cámaras donde se registraron mayor diversidad fueron Quella-04, (zona de EF1) Quella-12 (zona de EF7) y Quella-13 (zona de EF8) todas con 4 especies de mamíferos.

En las cámaras trampa Quella-09, Quella-10 (zona de EF2) y Quella-11 (zona de EF4) no registraron eventos de mamíferos silvestres.



↑

P
D
M
@
y
t
e
G
S
M
H
A



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

Las 10 especies de mamíferos registrados tanto por censos y cámaras trampa representan el 100 % de mamíferos que se encuentran en los ecosistemas frágiles y hábitats asociados del área de estudio.

De las 10 especies confirmadas para el área de estudio, resaltamos los registros del tuco-tuco (*Ctenomys cf peruanus*) por ser considerado endémica para el Perú, así mismo resaltamos el registro de la liebre europea (*Lepus europaeus*), especie considerada invasora que amplía su distribución hacia las partes altas del departamento Moquegua.

De acuerdo a la legislación nacional cuatro especies se encuentran comprendidas en alguna categoría de conservación como: Amenazada (EN), el tuco-tuco (*Ctenomys cf peruanus*); Casi Amenazada (NT), la vicuña (*Vicugna vicugna*); y Vulnerable (VU), la taruca (*Hippocamelus antisensis*) y el tuco-tuco (*Ctenomys opimus*).

En cuanto a la lista de la IUCN, la taruca (*Hippocamelus antisensis*) encuentra en la categoría de Vulnerable (VU), y con respecto al mayor número de especies se encuentra comprendida en la categoría más baja que es de Preocupación Menor (LC). En relación a la lista de la Cites, la taruca (*Hippocamelus antisensis*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*), se encuentran en el Apéndice I, y el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) en el Apéndice II.



10. ANEXOS

- ANEXO 1: Versión digital del informe N.º 091-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA
- ANEXO 2: Lista de instrumentos de gestión ambiental
- ANEXO 3: Participación ciudadana
- ANEXO 4: Mapas
- ANEXO 5: Reporte de resultados (2017-2018)
- ANEXO 6: Reportes de campo (2018)
- ANEXO 7: Análisis estadístico para nivel de fondo y referencia
- ANEXO 8: Cálculo de calidad ecológica
- ANEXO 9: Clasificación hidroquímica y balance iónico
- ANEXO 10: Geoquímica de rocas

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUA

Higueras, P., Oyarzun, R., Lillo, J., Esbrí, J.M., Lorenzo, S., Hernández, J. C., y Molina, J. A. (2005). *Distribución ambiental de mercurio en el distrito de Almadén (Ciudad Real)*.

Holdridge, L. (1976) *Mapa ecológico del Perú*. ONERN. Ministerio de Agricultura. Lima. Perú.

Siegel, F. R. (2002). *Environmental geochemistry of potentially toxic metals* (Vol. 32). Berlin: Springer.

AIRE

Buschiazzo, D. E., Panebianco, J., Guevara, G., Rojas, J., Zurita, J.J., Bran, D., López, D., Gaitán, J., y Hurtado, P. (2009). Incidencia potencial de la erosión eólica sobre la degradación del suelo y la calidad del aire en distintas regiones de la Argentina. *Ciencia del suelo*, 27(2), 255-260.

Handwritten notes and arrows on the left margin, including an upward arrow and the word 'Distribución' written vertically.



SUELO

FAO. (2012). Subíndice de Uso Sustentable del Suelo: Metodología de Cálculo. *Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura*. México. (pp. 53).

Galán, E. y Romero, A. (2008). Contaminación de suelos por metales pesados. *Revista de la sociedad española de mineralogía*, 10.

Helsel, D.R. (2012). *Statistics for Censored Environmental Data Using Minitab and R*. Second Edition. John Wiley and Sons, NY.

Kaplan y Meier (1958). Nonparametric Estimation from Incomplete Observations. *Journal of the American Statistical Association*, 53, 457-481.

Klee, R. (2014). Guidance for Calculating the 95% Upper Confidence Level for Demonstrating Compliance with the Remediation Standar Regulations. *State of Connecticut Department of Energy and Environmental Protection*. (pp. 12).

Rosner, B. (1975). On the detection of many outliers. *Technometrics*, (17), 221 -227.

Porta, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C. (2003) *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 3.' Edición. Ediciones Mundi-Prensa. (pp. 960). Madrid.

Soil Survey Staff (2014). *Keys to Soil Taxonomy* (12° Ed). United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service.

USDA. (1999). *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*. *Departamento de Agricultura de los Estados Unidos*. EEUU. (pp. 82).

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2006). *Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners*, EPA QA/G-9S. EPA/240/B-06/003. Office of Environmental Information, Washington, DC.

US EPA (2003). *Ecological Soil Screening Level Metal Contaminants*. Recuperado de <https://www.epa.gov/chemical-research/ecological-soil-screening-level-metal-contaminants>

COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS

Beghelli F., Pompêo M., Rosa A. y Moschini-Carlos V. (2016). Effects of copper in sediments on benthic macroinvertebrate communities in tropical reservoirs. *Limnética*, 35(1), 103-116.

Bray Jonathan P., Broady Paul A., Niyogi Dev K. y Harding Jon S. (2008) Periphyton communities in New Zealand streams impacted by acid mine drainage. *Marine and Freshwater Research*, 59, 1084-1091.

Calizaya, J., Avendano, M. y Delgado, I. (2013). Evaluation of the quality of river water with diatoms (Bacillariophyceae): an experience in Tacna, Peru. *Rev. peru. med. exp. salud pública*, 30 (1), 58-63.

Carrera, C. y Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Quito: EcoCiencia.



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



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

Carvacho, C. (2012). *Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limari en Chile*, Tesis, Fac. de Biología, Universidad de Barcelona, Barcelona, (pp. 62)

Castellanos-Morales, C.A. y Galvis, F. (2012). Las especies del género *Trichomycterus* (Siluriformes: Trichomycteridae) en Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 194-206.

Catenazzi, A. y Vredenburg, V.T. (2013). Conservation of the high Andean frog *Telmatobius jelskii* along the PERU LNG pipeline in the Regions of Ayacucho and Huancavelica, Peru. In: *Monitoring biodiversity: Lessons from a Trans-Andean megaproject*. A. Alonso, F. Dallmeier and G. Servat (editors). Smithsonian Scholarly Press, Washington DC.

RAGASH, P. (2009). Cedep. Manual de crianza de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).

Council of the European Communities (1991). *Directive 1991/91/271/EEC of the European parliament and of the council of 21 May 1991 concerning urban wastewater treatment*. Official Journal of the European Communities, L135, 40–52.

Cox E. (1991). What in the basis for using diatoms as monitors of river quality? En: Whitton BA, Rott E, Friedrich G, editors. *Use of algae for monitoring rivers*. Innsbruck: Institut für Botanik, Universität Innsbruck, 33-40.

Crisci, J.V. y López, M.F. (1983). *Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica*. Washington, DC: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, OEA, Serie de Biología.

Czarnecki, D. y Cawley, E. (1997). *A new species of Pinnularia (Pinnulariaceae) from iron rich, highly acidic strip-mined coal pits of south-central Iowa*. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 147, 111–117.

DOCE. (2000). *Directiva Marco en Política de Aguas de la Comunidad Europea (2000/60/CE)*, Bruselas.

Dufrené M. y Legendre P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monogr.*, 67, 345-366.

Encalada, A.C., Rieradevall, M., Ríos-Touma, B., García, N. y Prat, N. (2011). *Protocolo simplificado y guía de evaluaciones de la calidad de ríos andinos (CERA-S)*. Quito: USFQ, UB, AECIO, FONAG.

Espino, J. (2017). *Caracterización hidrobiológica y calidad de agua en la cuenca del río Acarí (Ayacucho - Arequipa)*. Tesis (Bióloga con mención en Hidrobiología y Pesquería). Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, EAP. de Ciencias Biológicas.

Galuppo, N., S. Maci, M. Pinna y A. Basset. (2007). Habitat types and distribution of benthic macroinvertebrates in a transitional water ecosistema: alimini Grande (Puglia, Italy). *Transitional Waters Bulletin*, 1, 9–19.

Gower, A.M., Myers, G., Kent, M. y Foulkes, M.E. (1995). The use of macroinvertebrate assemblages in the assessment of metal – contaminated streams.



Handwritten vertical text in blue ink: 1, D, A, y, @, j, +, @, a, s, H, A, A



In: *The Ecological Basis for River Management*, D.M. Harper and A.J.D. Ferguson, (Eds.), Wiley, Chichester, UK, 181–191.

Greenwood, J. L. y Lowe, R. L. (2006). The effects of pH on a periphyton community in an acidic wetland, USA. *Hydrobiologia*, 561, 71-82.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T. y Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological statistics Software (Version 3.15) [Software]. Disponible desde: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>

Harrison, E.T., Norris, R., Wilkinson, S.N. (2007). The impact of fine sediment accumulation on benthic macroinvertebrates: implications for river management. In: *Proceedings of the 5th Australian Stream Management Conference*; 21-25 May 2007; Albury, N.S.W. 139-144.

Hickey C.W. y Clements W.H. (1998). Effects of heavy metals on benthic macroinvertebrate communities in New Zealand streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 17 (11), 2238-2346.

Hynes, H. B. N. (1970). The ecology of running waters. Liverpool: Liverpool University Press.

Leigh, C. (2012). Dry-season changes in macroinvertebrate assemblages of highly seasonal rivers: responses to low flow, no flow and antecedent hydrology. *Hydrobiologia*, 703(1), 95-112.

Lobos, G., Rebolledo, N., Sandoval M., Canales C. y Perez-Quezada, 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*, 13, 33-43.

Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363-375.

Mazzacano, C. y Black, S.H. (2008). Using Aquatic Macroinvertebrates as Indicators of Streamflow Duration. Report prepared by the *Xerces Society for Macroinvertebrate Conservation*. (pp. 33).

McCune, B. y Grace, J.B. (2002). Analysis of Ecological Communities. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA (www.pcord.com). With a contribution by Dean L. Urban. (pp. 304)

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.

Montoya Moreno, Y. y N. Aguirre R. (2013). Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia. *Revista Gestión y Ambiente*, 16 (3), 91-11.

Morin, S., Cordonier, A., Lavoie, I., Arini, A., Blanco, S., Duong, TT., Tornés, E., Bonet, B., Corcoll, N., Faggiano, L., Laviale, M., Pérès, F., Becares, E., Coste, M., Feurtet-Mazel, A., Fortin, C., Guasch, H. y Sabater, S. (2012) Consistency in diatom response to metalcontaminated environments. In: Guasch, H., Ginebreda, A. y Geislinger, A. (Eds) Emerging and priority pollutants in rivers. Volume 19 of the series *The Handbook of Environmental Chemistry*. Springer, Berlin, Heidelberg, 117-146.



↑
D
A
M
©
↓
↓
e
a
s
M
A
A



Nimmo, D., Lafrancios, T., Willox, M., Farag, I. y Woodward, D. (1996). Macroinvertebrate metrics, toxicity studies and metals analysis to assess impacts of mine tailings above Yellowstone National Park. *Bull. N. Amer. Bentholog. Soc.*, 13, 144-145.

Ortega, H., Hidalgo, M., Correa, E., Espino, J., Chocano L., Trevejo G., Cortijo A.M. y Quispe, R. (2011). *Lista anotada de los Peces de Aguas Continentales del Perú. Estado Actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación.* Universidad Mayor San Marcos de Lima- Ministerio del Ambiente. (pp. 37).

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 y Sons.

Rincón, H.M.E. (2002). Comunidad de insectos acuáticos de la quebrada Mamarramos (Boyacá-Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 28(1), 101-108.

Ríos-Touma, B., Acosta, R. y Prat, N. (2014). The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista de biología tropical*, 62, 249-273.

Sabater, S., Guasch, H., Ricart, M., Romaní, A., Vidal, G., Klünder, C. y Schmitt-Jansen, M. (2007). Monitoring the effect of chemicals on biological communities. The biofilm as an interface. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 387, 1425-1434.

Sifuentes, M.A. (2017). Composición, distribución y ecología de la ictiofauna de la cuenca del río Cañete, Lima, Perú. Tesis para optar el Grado Académico de Magister en Recursos Acuáticos con mención en Ecología Acuática. UNMSM. Lima, Perú.

Smucker, N.J. y Vis, M.L. (2011). Acid mine drainage affects the development and function of epilithic biofilms in streams. *Journal of the North American Benthological Society*, 30, 728-738.

Sokal, R.R. y Michener, C. D. (1958). A statistical method for evaluating systematic relationships. *U. Kansas Sci. Bull.*, 38, 1409-1438.

Stoermer, E. F., y Smol, J. P. (1999). *The diatoms: Applications for the environmental and earth sciences.* Cambridge: Cambridge University Press.

Tan, X., Zhang, Q., Burford, M. A., Sheldon, F. y Bunn, S. E. (2017). Benthic Diatom Based Indices for Water Quality Assessment in Two Subtropical Streams. *Frontiers in Microbiology*, 8, 601.

Tripole, S., Vallania, E. A. y Corigliano, M. C. (2008). Benthic macroinvertebrate tolerance to water acidity in the Grande river sub-basin (San Luis, Argentina). *Limnetica*, 27(1), 29-38.

Vargas, V. (2015). *Guía de Identificación de anfibios y reptiles.* PERU LNG (ed). Lima. (pp. 111).

Verb, R. y Vis, M. (2000). Comparison of benthic diatom assemblages from streams draining abandoned and reclaimed coal mines and non-impacted sites. *Journal of the North American Benthological Society*, 19, 274-288.



Handwritten notes and symbols on the left margin, including an upward-pointing arrow, a downward-pointing arrow, and various symbols like 'A', 'y', '@', 'J', '↓', '@', 'u', 's', 'A', 'K', 'H', 's'.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Waters, T.F. (1995). *Sediment in Streams Sources, Biological Effects and Control*. Maryland, USA: *American Fisheries Society*.

Watson, A S., Fitzgerald, A.L., Damián Baldeón, 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.

Wood, P.J., y Armitage, P.D. (1997). Biological effects of fine sediment in the lotic environment. *Environmental Management*, 21, 203-217.

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA

Custodio, E., y Llamas, M.R. (1996). *Hidrología Subterránea*. 2ª ed. Barcelona, España: Omega.

Ficklin W.H., Plumlee G.S., Smith K.S., y Mc Hugh J.B. (1992). Geochemical classification of mine drainages and natural drainages in mineralized areas. En: Y. Kharaka, A. Maest (Eds.), *Proceedings of water-rock interaction* (pp. 381-384). Rotterdam. Balkema.

Favas, P. J., Sarkar, S. K., Rakshit, D., Venkatachalam, P., y Prasad, M. N. (2016). Acid Mine Drainages from Abandoned Mines: Hydrochemistry, Environmental Impact, Resource Recovery, and Prevention of Pollution. *Environmental Materials and Waste*. Elsevier Inc. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-803837-6.00017-2>

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

Acosta J., Quispe, J., Rivera, R., Valencia, M., Chirif, H., Huanacuni, D., Rodríguez, I., Villarreal, E., Paico, D., y Santisteban, A. (2017). *Mapa metalogenético del Perú: operaciones y proyectos mineros*. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Lima.

Adams, G.L. (1906). *Caudal, procedencia y distribución de aguas en los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna*. Cuerpo de Ingenieros de minas del Perú. Boletín N.º 45.

Bellido E. y Guevara C. (1963). Geología de los cuadrángulos de Punta de Bombón y Clesesí. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional N.º 5.

Bellido E. y Landa, C. (1965). Geología del Cuadrángulo de Moquegua. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional N.º 15.

Carlotto, V., Cárdenas, J., Baéz, D. y Rodríguez, R. (2008). Alto estructural Totoparas (Ayacucho): límite paleogeográfico en la evolución mesozoica de las cuencas Arequipa y Pucará. XIV Congreso Peruano de Geología y XIII Congreso Latinoamericano de Geología, Edit. *Soc. Geol. Perú*. (pp.6)

Carlotto, V., Quispe, J., Acosta, H., Rodríguez, R., Romero, D., Cerpa, L., Mamani, M., Martínez, E.D., Navarro, P., Jaimes, F., Velarde, T., Lu, S., y Cueva, E. (2009). Dominios geotectónicos y metalogénesis del Perú. *Sociedad Geológica del Perú*, boletín 103.





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

Cruz, V., Vargas, V. y Cacya, L. (2014). Caracterización y evaluación del potencial geotérmico de la región Moquegua. *Instituto Geológico Minero y Metalúrgico*. Boletín Serie C: Geodinámica e ingeniería geológica N.º 58.

France, L.J., Clark, A.H. y Farrar, E. (1984). Geochronological and petrological studies of Tertiary igneous rocks, Cordillera Occidental, Southern Peru: a preliminary report. *Instituto geológico Minero y metalúrgico*. Lima, p. 28 Inf. Inéd.

Galdós, J. y Ticona, P. (2000). Memoria explicativa de la revisión geológica del cuadrángulo de Huaitire (34v). *Instituto Geológico Minero y Metalúrgico*. Lima.

Goldschmidt, V.M. (1937). The principles of distribution of chemical elements in minerals and rocks. *J. Chem. Soc.*, (pp. 655-673).

Ingemmet (1995). Geología del Perú. Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional N.º 55.

Ingemmet (2016). Manual de estándares de cartografía para la digitalización de los mapas geológicos CGN a escala 1:100 000. *Dirección de Geología Regional*. Recuperado de: <http://www.ingemmet.gob.pe/bases-de-datos>.

Ingemmet (2018). Mapa de anomalías espectrales Landsat para óxidos y arcillas. Recuperado de: http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/arccgis/rest/services/producto_satelital/md_img_anomalias_espectrales_landsat/ImageServer?f=jsapi

Jacobs, J.A., Lehr, J.H. y Testa, S.M. (2014). Acid mine drainage, rock drainage, and acid sulfate soils: Causes, Assessment, Prediction, Prevention, and Remediation. 1ª ed. Canadá, Ney Jersey: *John Wiley y Sons, Inc.*

Mamani, M., Carlotto, V., Choquehuanca, S., Santos, A., Rodríguez, J., Cueva, E., Cereceda, C., Rodríguez, R. y Cacya, L. (2016). *Base de datos litogeoquímica del Perú*. Recuperado de: <http://www.ingemmet.gob.pe/bases-de-datos>.

Martínez, W. y Zuloaga, A. (2000). Memoria explicativa de la geología del cuadrángulo de Moquegua (35u). *Instituto Geológico Minero y Metalúrgico*. Lima.

Ng, W. (2015). *Estudio hidrogeológico de la parte alta de la cuenca del río Ilo-Moquegua* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.

Quispesivana, L. y Zapata, A. (2000). Memoria descriptiva de la geología del cuadrángulo de Omate (34u). *Instituto Geológico Minero y Metalúrgico*. Lima.

Rivera, H. (2014). *Caracterización geoquímica de los intrusivos de las super unidades de Yarabamba-Challaviento y de los volcánicos de los grupos Toquepala y Barroso y análisis correlacional con la mineralización en el sur* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Sillitoe, R.H. y Mortensen J.K. (2010). Longevity of porphyry copper formation at Quellaveco, Peru. Vol. 105. *Society of Economic Geologists, Inc.*

Simmons, A.T. (2013). *Magmatic and hydrothermal stratigraphy of Paleocene and Eocene porphyry Cu-Mo deposits in southern Peru*. (Tesis doctoral). Universidad de Colombia Británica, Vancouver, Canadá.



↑
↓
D
w
@
J
↓
e
a
s
M
F
A



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»

Tosdal R. y Clark, A. (1981). K-Ar Geochronology of the late Cenozoic volcanic rock of the cordillera Occidental, Southernmost Peru. *Journal of volcanology And Geothermal Research*. Vol. 10. (pp. 157-173).

US EPA (2003). Ecological Soil Screening Level Metal Contaminants. Recuperado de <https://www.epa.gov/chemical-research/ecological-soil-screening-level-metal-contaminants>.

Vargas L. (1969). Geología del cuadrángulo de Arequipa. Boletín Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional N.º 24.

Wedepohl, K.H. (1994). The composition of de continental crust (abstract), Mineral. Mag. 58 Suppl., (pp. 959-960).

Wedepohl, K.H. (1995). The Composition of the Continental Crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta* N.º 7, v. 59. *ndash*, 1232, 1217.

Wilson J.J. y García W. (1962). Geología de los cuadrángulos de Pacía y Palca. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional N.º 14.

Zimmermann, J.L., y Collado, A. K. (1983). Détermination par la Méthode K/Ar de l'âge des Intrusions et des Minéralisations Associées dans le Porphyre Cuprifère de Quellaveco (Sud Ouest du Pérou). *Mineralium deposita*, 18(2), 207-213.

Zweng, P.L. y Clark, A.H. (1995). Hypogene evolution of the Toquepala porphyry copper- molybdenum deposit, Moquegua, southeastern Peru. *Arizona Geological Society Digest*, 20, 566-612.

FLORA SILVESTRE

Atayupanqui Flores, V. (1987). *Caracterización de bofedales y selectividad de alpacas en dos sitios diferentes en el Sur de Perú* Proyecto de desarrollo de la crianza de alpacas (No. RISPAL-0264). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima (Perú) Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura-IVITA, Lima (Perú). Centro de Investigaciones Centro de Investigación Científica de Camélidos Sudamericanos, Lima (Perú) Cooperación Técnica Suiza, Lima (Perú).

Brako, L. y J. Zarucchi. (1993). *Catálogo de las Angiospermas y Gymnospermas del Perú*. Missouri Botanical Garden, Monographs in Systematic Botany, 45, 1-1286.

Cano, A. y N. Valencia. (1992). Composición Florística de los Bosques Nublados Secos de la Vertiente Occidental de los Andes Peruanos. En: Young, K. y N. Valencia (Eds.), *Biogeografía, Ecología y Conservación del Bosque Montano en el Perú. Memorias del Museo de Historia Natural, UNMSM (Lima)*, 21, 171-180.

Canales, C. y Tapia M. (1987). Producción y Manejo de Forrajes en los Andes del Perú (Production and Management of Forage in the Peruvian Andes). *Proyecto Investigación de los Sistemas Agropecuarios Andinos, PISA (INIPA, CIID, ACDI)*, Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga. (pp. 304). Lima.

Cerrate, E. (1969). Manera de preparar Plantas para el Herbario. Museo de Historia Natural, Serie de Divulgación, (1), 10.



A

B

C

D

E

F

G

H

M

A

A



CITES. (2012) Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

Cuadras, M. (2014). *Nuevos Métodos de Análisis Multivariante*. CMC Editions. Barcelona.

Clench, H. (1979). How to make a regional list of butterflies: some thoughts. *Journal of the Lepidopteran society*, 33, 216-231.

Ferreira, R. (1946). A revision of the Peruvian species of Monnina (Polygalaceae). *J. Arnold Arbor*, 27(2), 123-167.

Flores, E. (1992). Naturaleza y uso de los pastos naturales. Lima: *Programa TTA*, 1-15.

Gentry, A. H. (1993). Overview of Peruvian Flora. In Brako, L. y J. Zarucchi. Catalogue of Flowering Plants and Gymnosperms. *Missouri Botanical Garden, Monographs in Systematic Botany*, 45, 29-39.

Flores, M., Alegría, J., y Granda, A. (2005). Diversidad florística asociada a las lagunas andinas Pomacocha y Habascocha, Junín, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 12(1), 125-134.

Fonkén, M. M. (2014). An introduction to the bofedales of the Peruvian high Andes. *Mires and Peat*, 15(5).

Flores Martínez, A., y Malpartida Inouye, E. (1987). *Manejo de praderas nativas y pasturas en la región altoandina del Perú* (No. SB193 F4). Banco Agrario. Lima (Perú).

García, E. y S. G. Beck. (2006). Puna, pp. 51-76. En: M. Moraes, B. Øllgaard, L. P. Kivst, F. Borchsenius, y H. Balslev (eds.). *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Nacional Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2018.2. [10 de junio de 2018] Recuperado de: www.iucnredlist.org.

León, B., Roque, J., Ulloa-Ulloa, C., Pitman, N., Jorgensen P., M. y Cano, A. (2007) El libro rojo de las especies endémicas del Perú. *Revista Peruana Biología*. Número especial, 13(2), 971.

León, B. y Young, K. (1996). Aquatic plants of Perú: diversity, distribution and conservation. *Biodiversity and Conservation*, 5, 1169-1190.

Macbride, J. F., y Dahlgren, B. E. (1936). Flora of Peru (Vol. 21). *Field Museum of Natural History*.

Matteucci, S. D. y Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Monografía Científica N° 22, Serie de Biología, Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington DC.

Mostacedo, B. y Fredericksen, T. (2000) Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. *Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOS)*. Santa Cruz- Bolivia, Ed. El País, (pp. 92).



↑
↓
D
M
C
J
L
C
G
S
M
A
A



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

Mostacero, J., Ramírez, R. y Mejía, F. (2008) Caracterización biológica y química de los humedales altoandinos de la Libertad, Perú. *Rebiol.* Vol. 28, N.º 2.

Molau, V. (1990). The genus *Bartsia* (Scrophulariaceae-Rhinanthoideae). *The genus Bartsia* (Scrophulariaceae-Rhinanthoideae). *Opera Bot.* (102), 5-99.

Odum, E. (1972). *Ecología*. Editorial Interamericana. México. (pp. 639).

ONERN. (1984). Inventario y Evaluación de los recursos naturales de la zona altoandina del Perú (reconocimiento) Departamento de Huancavelica 1984. Volumen I. Lima.

Sagástegui, A. y Leiva, S. (1993) *Flora invasora de los cultivos del Perú*. 1º edición. Trujillo, Editorial Libertad E.I.R.L. (pp. 539)

Salvador, F. y Cano, A. (2002) "Lagunas y oconales: los humedales del trópico andino". Cuadernos de biodiversidad. Universidad de Alicante. *Centro Iberoamericano de la Biodiversidad*, 11, 4-9.

Smith, A. R., Pryer, K. M., Schuettpelz, E., Korall, P., Schneider, H., y Wolf, P. G. (2006). A classification for extant ferns. *Taxon*, 55(3), 705-731.

Shannon, C. E. (1948). "A Mathematical Theory of Communication". *Bell System Technical Journal* 27 (3): 379-423.

Soberón, J. y Llorente, J. (1993) The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conserv. Biol.*, 7: 480-488.

Tovar, O. (1993). *Las Gramíneas (Poaceae) del Perú* (Vol. 13). Editorial CSIC-CSIC Press.

Villareal, H. M., Álvarez, M., Córdoba-Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. y Umaña, A. M. (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventario de biodiversidad*. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, CO. (pp. 236).

Weberbauer, A. (1945). *El Mundo Vegetal de los Andes Peruanos. Estudio Fitogeográfico*. Ministerio de Agricultura. Edit. Lumen (pp. 776). Lima.

Whittaker, R. (1975). *Communities and Ecosystems*. Macmillan Publishing Co., Inc, (pp. 385). New York.

FAUNA SILVESTRE

Anfibios y reptiles

Aguilar, C., Wood Jr, P. L., Cusi, J. C., Guzman, A., Huari, F., Lundberg, M., Mortensen, E., Ramirez, C., Robles, D., Suárez, J., Ticona, A., Vargas, V. J., Venegas, P. J., Sites, J.W. (2013). *Integrative taxonomy and preliminary assessment of species limits in the Liolaemus walkeri complex (Squamata, Liolaemidae) with descriptions of three new species from Peru*. *ZooKeys*, (364), 47.

Aguilar, C., Wood, P.L. Jr., Belk, M., Duff, M.H. y Sites, J.W. Jr. (2016). Different roads lead to Rome: Integrative taxonomic approaches lead to the discovery of two new lizard



Handwritten notes and symbols on the left margin: an upward arrow, a checkmark, a signature, a date '4/20', a downward arrow, a signature, and the letters 'G', 'S', 'M', 'A', 'A'.



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

lineages in the *Liolaemus montanus* group (Squamata: Liolaemidae). *Biological Journal Linnaean Society*, 120, 448-467.

Amphibiaweb (2018). University of California, Berkeley, CA, USA. [25 junio de 2018]. Recuperado de: <http://amphibiaweb.org>.

Angulo, A., Rueda-Almonacid, J. V., Rodríguez-Mahecha, J. V., y La Marca, E. (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. (pp. 298).

Baev, P. V., y Penev, L. D. (1995). *BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis*. Pensoft, Sofia, Bulgaria.

Blaustein, A. R., Wake, D. B. y Sousa, W.P. (1994). Amphibian declines: judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. *Conservation Biology*, 8, 60-71.

Caldwell, J. y L. Vitt. (2009). *Herpetology. An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. 3rd edición. San Diego, USA; *Academic Press publications is an imprint of Elsevier*.

Carbajal, J. y Urbina, N. (2008). Patrones de Diversidad y Composición de Reptiles en Fragmentos de Bosque Seco Tropical en Córdoba, Colombia. *Tropical Conservation Science*, 1(4), 397-416.

Catenazzi, A., von May, R., y Vredenburg, V. T. (2013). High prevalence of infection in tadpoles increases vulnerability to fungal pathogen in high-Andean amphibians. *Biological Conservation*, 159, 413-421.

Catenazzi, A., von May, R., y Vredenburg, V. T. (2013). *Conservation of the high Andean frog *Telmatobius jelskii* along the PERU LNG pipeline in the Regions of Ayacucho and Huancavelica, Peru. Monitoring biodiversity: Lessons from a Trans-Andean megaproject*. Smithsonian Scholarly Press, Washington DC.

Catenazzi, A., Vredenburg, V. T., y Lehr, E. (2010). *Batrachochytrium dendrobatidis* in the live frog trade of *Telmatobius* (Anura: Ceratophryidae) in the tropical Andes. *Diseases of Aquatic Organisms*, 92(2-3), 187-191.

Coaguila, L., Machaca, J., Lizarraga, J., Ocsa, E., Quispe, F., y Zeballos, H. (2010). *Bofedales En La Reserva Nacional De Salinas Y Aguada Blanca. Diversidad biológica de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca*. DESCO, PROFONANPE, SERNANP. Lima. Perú.

Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Cites). (2017). Apéndices I, II y III. Recuperado de: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml/>.

Clarke, K. R. y Gorley, R. N. (2006). *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. Plymouth: PRIMER-E.

Crump, M. y Scott, L. (1994). *Visual Encounter Survey*. En: *Measuring and Monitoring Biological Diversity, Standard Methods for Amphibians*. Heyer, W. R., Donnelly, M.A. Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI, "Aprueban la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas".



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»

Dodd, C.K. (2010). *Amphibian ecology and conservation*. Estados Unidos de América: Oxford University Press. (pp. 527).

Frost, D.R. (2018). *Amphibian species of the world: an online reference. Versión 6.0*. Museo Americano de Historia Natural. Nueva York, <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>.

Gibbons, R. E., Zi Jia y Villalba, I. (2016). *Habitat use and seasonality of birds in the Peruvian puna with an emphasis on peatlands (bofedales)*. Boletín de la Unión de Ornitólogos del Perú (UNOP), 11 (2), 42-62.

González, P. (2016). *Diversidad de asteráceas en los humedales altoandinos del Perú*. Científica, 12(2).

Gosner, K.L. (1960). A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica*, (16), 183-190.

Gutiérrez, R., Chaparro, J. C., Vásquez, M., Quiroz, A. J., Langstroth, R. P., y Abdala, C. S. (2018). Una nueva especie de *Liolaemus* (Iguania: Liolaemidae) de Perú, y notas sobre el grupo *L. montanus*. *Cuadernos de Herpetología*, 32(2).

Gutiérrez, R., Villegas, L., López, E., y Quiroz, A. (2010). *Anfibios y reptiles de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca. Perú*. En Zeballos, H., Ochoa, J. A., y López, E. (eds.), *Diversidad biológica de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca*. Lima: DESCO, PROFONANPE, SERNANP, 219-226.

International Union for Conservation of Nature (IUCN). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-1*. [01 de junio del 2018] Recuperado de : <http://www.iucnredlist.org>.

Krebs, Ch. (1989). *Ecological Methodology*. Harper and Row Publishers, New York. (pp. 654).

Manzanilla, J. y Péfaur, J. (2000). Consideraciones sobre Métodos y Técnicas de Campo para el Estudio de Anfibios y Reptiles. *Rev. Ecol. Lat. Am.*, 7(1,2) 17-30.

Magurran, A. E. (1988). *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press, Princeton, NJ.

Martín-Torrijos, L., Sandoval-Sierra, J. V., Muñoz, J., Diéguez-Uribeondo, J., Bosch, J., y Guayasamin, J. M. (2016). Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) threaten Andean amphibians. *Neotropical Biodiversity*, 2(1), 26-36.

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. (pp.83).

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. M y T - Manuales y Tesis SEA, vol 1*, Zaragoza (pp. 84).

Navas, C. A. y Otani L. (2007). Physiology, environmental change, and anuran conservation. *Phyllomedusa*, 6(2), 83-103.

Pearson, O. P. (1954). Habits of the lizard *Liolaemus multiformis multiformis* at high altitudes in southern Peru. *Copeia*, 1954(2), 111-116.

Peet, R. K. (1974). The measurement of species diversity. *Annual review of ecology and systematics*, 5(1), 285-307.



Handwritten blue notes on the left margin: 'D', 'y', 'e', 'j', 't', 'e', 'u', 's', 'H', 'A', 'T'.



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

Peters, J. A. y Donoso-Barros, R. (1970). Catalogue of the Neotropical Squamata: Part II. Lizards and Amphisbaenians. *Bulletin of the United States National Museum*, 297, 1-293.

Rodríguez, L. O., Córdova, J. H. y Icochea, J. (1993). *Lista preliminar de los anfibios del Perú*. Publicaciones del Museo de Historia Natural. UNMSM (A), 45, 1-22.

Simmons, J. E. (2002). Herpetological collecting and collections management. *Salt Lake and Utah: Society for the Study of Amphibians and Reptiles*.

Stuart, S. N., Hoffmann, M., Chanson, J. S., Cox, N. A., Berridge, R. J., Ramani, P. y Young, B. E. (Eds.) (2008). *Threatened Amphibians of the World*. Lynx Edicions, Barcelona, Spain; IUCN, Gland, Switzerland, and Conservation International, Arlington, Virginia, USA. (pp. 758).

Stebbins, R. C. y Cohen, N. W. (1995). *A natural history of amphibians*. Princeton University Press, New Jersey.

Schulte, J. A., Losos, J. B., Cruz, F. B., y Nunez, H. (2004). *The relationship between morphology, escape behaviour and microhabitat occupation in the lizard clade Liolaemus (Iguanidae: Tropidurinae: Liolaemini)*. *Journal of evolutionary biology*, 17(2), 408-420.

Valqui, T. (2005). *Perú. Edén natural de aves*. Editorial Graph y Consult. Lima.
Uetz, P., Freed, P. y Hošek, J. (2018) *The Reptile Database*. [Consultado el 25 de junio de 2018]. Recuperado de: <http://www.reptile-database.org>

Watson, A. S., Fitzgerald, A. L., Baldeón, O. J. D., 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.

Aves

Baev, P. V., y Penev, L. D. (1995). BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. *Pensoft*, Sofia, Bulgaria.

Bibby C., Jones, M. y Marsden, S. (1998). *Expedition Field Techniques; bird surveys, expedition advisory centre*, London.

Britto B. (2017). Actualización de las Ecorregiones Terrestres de Perú propuestas en el Libro Rojo de Plantas Endémicas del Perú. *Gayana Bot.* 74(1): 15-29.
Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). (2017). [01 de junio de 2018]. Recuperado de: <https://www.cites.org>

Convention on Migratory Species (CMS). (2015). Appendices I and II. [6 de junio 2018]. Recuperado de: <http://www.cms.int/en/page/appendix-i-ii-cms>

Franke I. (2017). [Las aves de los bofedales altoandinos peruanos](http://avesecologaymedioambiente.blogspot.com/2017/04/las-aves-de-los-bofedales-altoandinos.html?q=bofedales). [Acceso 10 julio de 2018]. Recuperado de: <http://avesecologaymedioambiente.blogspot.com/2017/04/las-aves-de-los-bofedales-altoandinos.html?q=bofedales>





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»

Gibbons, R. E., Zi Jia y Villalba, I. (2016). Hábitat 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.

International Union for the Conservation of Nature (IUCN). 2018. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-1. [10 julio de 2018]. Recuperado de: <http://www.iucnredlist.org/>

Krebs, Ch. (1989). *Ecological Methodology*. Harper and Row Publishers, New York. (pp. 654).

Magurran, A. E. (1988). *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press, Princeton, NJ.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2015). Guía de inventario de la fauna silvestre. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima, Perú. (pp. 83).

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2014). Actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre, aprobada mediante Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI.

Ley N° 29895. Ley que modifica el artículo 99 de la Ley 28611, Ley General del Ambiente, e incorpora los páramos y jalcas al conjunto de ecosistemas frágiles.

Peet, R. K. (1974). The measurement of species diversity. *Annual review of ecology and systematics*, 5(1), 285-307.

Plenge, M. A. (2018). Lista de las Aves de Perú. Recuperado de <https://sites.google.com/site/boletinunop/checklist>.

Plenge, M. A. (2014). Especies y subespecies de las aves del Perú. Lima, Perú. Recuperado de: <https://sites.google.com/site/boletinunop/subespecies>

Ramírez, O., Arana, M., Bazán, E., Ramírez, A. y Cano, A. (2007). Assemblages of bird and mammal communities in two major ecological units of the Andean Highland plateau of Southern Peru. *Ecología Aplicada*, 6(1, 2)-139-148.

Salinas, L. (2007). Avifauna de Tacna en la ruta del censo de suri *Pterocnemia pennata*. Serie de Publicaciones de Flora y Fauna Silvestre. *Instituto Nacional de Recursos Naturales*, Lima, Perú.

Servat, G.P., Caballero M., K.C. y Velásquez, J. L. (2010). Lista anotada de las aves de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca (Arequipa, Perú) En: Zeballos, H., Ochoa, J. A. y López, J (eds.). 2010. Diversidad biológica de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca, Arequipa – Moquegua. Lima: desco, PROFONANPE, SERNANP. (pp. 314).

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (Serfor). (2018a). Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú. Primera edición. Lima. (pp. 532).

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (Serfor). (2018b). Ecosistemas Frágiles. Recuperado de: <https://www.serfor.gob.pe/modulos-sniffs/informacion-especializada/ecosistemas-fragiles>.



Handwritten vertical notes and arrows on the left margin, including the letters 'M.A.' and various arrows pointing up and down.



Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (Serfor). (2015). Plan nacional para la Conservación del Suri (*Rhea pennata*) periodo 2015-2020. Lima. (pp. 51).

Schulenberg, T. S., Stotz, D. F., Lane, D. F., O'Neill, J. P., y Parker III, T. A. (2010). Birds of Peru: revised and updated edition. *Princeton University Press*.

Stolz, D.F., Fitzpatrick, J. W., Parker, T.A. y Moskovits, D. K. (1996). Neotropical birds: ecology and conservation: Chicago, EE.UU. *Chicago University Press*.

Telleria, J. L., J. L. Venero y T. Santos. (2006). Conserving birdlife of Peruvian highland bogs: effects of patch-size and hábitat quality on species richness and bird numbers. *Ardeola*, 53, 271-283.

Wetlands International (2012). Waterbird Population Estimates, Fifth Edition. Summary Report. Wetlands International, Wageningen, The Netherlands. Recuperado de: <http://wpe.wetlands.org/bundles/voidwalkerswpe/images/wpe5.pdf>

Villagrán, C. y Castro, V. (1997). Etnobotánica y manejo ganadero de las vegas, bofedales y quebradas en el Loa superior, Andes de Antofagasta, Segunda Región, Chile. Chungará.

Mamíferos

Alzérreca, H., Prieto, G., Laura, J., Luna, D. y Laguna, S. (2001). Informe final. Características y distribución de los bofedales en el ámbito Boliviano, La Paz-Bolivia. Aquino, R., Cornejo, F., Cortez, L., Encarnación, F., Heymann, E., Marsh, Mittermeier, R., Rylands, A., y Vermer, J. (2015). Primates de Perú, Guía de identificación de bolsillo. *Conservación Internacional*.

Beltrán-Ortiz E.P. Cadena-Ortiz H. Brito J. (2017). Dieta del Zorro de Páramo (*Lycalopex culpaeus*) (MOLINA 1782) en un bosque seco interandino del norte de Ecuador. *Mastozoología Neotropical*, 24(2), 437-441.

Boddicker, M., Rodriguez, J. J. y Amanzo, J.(b) (2002). Indices for assessment and monitoring of large mammals within an adaptive management framework. *Environmental Monitoring and Assessment*, 76, 105 – 123.

Boubli, J.-P., Rylands, A.B., de la Torre, S. y Stevenson, P. (2008). Saimiri sciureus. *The IUCN Red List of Threatened Species 2008*: e.T41537A10494364.

Burnham, K. P., Anderson, D. R. y Laake, J. L.(1980). Estimation of density from line transects sampling of biological population. *Wildlife Monographs*, 71, 1-203.

Canales. A. Goyzueta. G. Aparicio .M. Taquila. R. Ramos. L. (2003). *Evaluación de Fauna Silvestre Altoandina del Departamento de Puno*. Instituto Nacional de Recursos Naturales. Centro para el Desarrollo Sostenible (CEDESOS-PUNO).

CITES. (2018). Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Apéndices I, II y III. [5 de setiembre de 2017]. Recuperado de: <http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml/>
Colwell, R. K. (2011). [EstimateS, Version 8.2: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples](http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml/) (Software and User's Guide).

Cossíos D.E., Maffei, L. y Fajardo, U. (2013). Ecología de pequeños félidos en los Andes de Ayacucho y Huancavelica, Perú. En: A. Alonso, F. Dallmeier and G. Servat,



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

eds. Monitoreo de biodiversidad: lecciones de un megaproyecto transandino. *Smithsonian Institution Scholarly Press*, Washington, D.C. (pp. 341-350).

Galende G.I., y Trejo A. (2003). Depredación del Águila Mora (*Geranoaetus melanoleucus*) y el búho (*Bubo magellanicus*) sobre el chinchillón (*Lagidium viscacia*) en dos colonias del noroeste de Patagonia, Argentina. *Mastozoología Neotropical / J. Neotrop. Mammal*, 10(1), 143-147.

Guzmán-Sandoval, J., Sielfeld, W., y Ferrú, M. (2007). Dieta de *Lycalopex culpaeus* (Mammalia: Canidae) en el extremo norte de Chile (región de Tarapacá). *Gayana*, 71(1), 1-7.

Díaz, N. I. (1995). Antecedentes sobre la historia natural de la taruca (*Hippocamelus antisensis* D'Orbigny 1834) y su rol en la economía andina. *Chungara*, 45-55.

Díaz-Pulido, A. y E. Payán Garrido. (2012). Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia. (pp. 32).

Emmons, L. H. y Feer, F. (1996). Neotropical rainforest mammals, a field guide. 2da ed. The University of Chicago Press.

Iribarren, L.M y Ferreyra, M. (2011). *Flora y vegetación Altoandina. Parque Nacional Los Glaciares. Zona Norte y Áreas Vecinas*. Informe Final.

IUCN International Union for the Conservation of Nature. (2018). IUCN Red List of Threatened Species. [4 setiembre de 2017]. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/>
Maldonado, F. (2014). An introduction to the bofedales of the Peruvian High Andes Mires and Peat, Volume 15 (2014/15), Article 05, 1-13. <http://www.mires-and-peat.net/>, ISSN 1819-754X.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú). (2013). Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Decreto Supremo No. 009-2013-MINAGRI.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú). (2014). Decreto Supremo que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas. Decreto Supremo No. 004-2014-MINAGRI.

Pacheco, V. (2002). Mamíferos del Perú.. En: G. Ceballos y J. Simonetti (editores) *Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales CONABIO-UNAM*. México, D.F. (pp. 503-549).

Pacheco, V., Cadenillas R., Salas E., Tello C. y Zeballos H. (2009). Diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 16(1), 5-32.
Patton, L. J., Berkeley, U. F. J. y D'Elia, P.G. (2015). *Mammals of South America*. The University of Chicago Press, Ltd., London 2015.

Redford, K. y Eisenberg, J. (Eds.). (1992). *Mamals of the Neotropics - Chile, Argentina, Uruguay and Paraguay*. The University of Chicago. United States of America. (pp. 430).



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin, including a large 'A' and several smaller marks.



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

Rodriguez, J. R. y Amanzo, J. (2001). Medium and large mammals of the southern Vilcabamba region, Peru. En: Biological and Social Assessments of the Cordillera de Vilcabamba, Peru. L. E. Alonzo, T. S. Schulenberg y F. Dollmeier (eds), (pp. 117 – 126). *Rapid Assessment Program 12. Smithsonian Institution, Monitoring and Assessment of Biodiversity Program.*

Tobler, M. (2013). Camera Base Version 1.6, User guide. Available on line at <http://www.atriumbiodiversity.org/tools/camerabase/files/CameraBaseDoc1.6.pdf>

Zeballos, H., Medina, C., Pino, K., Mejía-Ríos, A. y Pari A. (2012). La liebre europea *Lepus europaeus* (Lagomorpha: Leporidae) una especie invasora en el Perú. Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM. *Rev. peru. biol.*, 19(3), 267-273.

Romo, M.C. (1995). Food habits of the Andean fox (*Pseudalopex culpaeus*) and notes on the mountain cat (*Felis colocolo*) and puma (*Felis concolor*) in the Río Abiseo National Park, Perú. *Mammalia*, 59(3), 335-343.

Torres, H. (1992). Background, Objectives, and Limitations of the Action Plan. In: South American Camelids. Hernán Torres (ed.). *IUCN/SSC South American Camelid Specialist Group. Gland, Switzerland.* (1-4).

Travaini, A., Zapata, S., Martínez-Peck, R. y Delibes, M. (2000). Percepción y actitud humanas hacia la predación de ganado ovino por el zorro colorado (*Pseudalopex culpaeus*) en Santa Cruz, Patagonia Argentina. *Mastozoología Neotropical*, 7(2), 117-129.

Noguera, E. A., Ramírez, H. E. y Torres, M. (2016). Análisis geográfico y conservación del zorro andino *Lycalopex culpaeus* (Mammalia, Canidae) en Colombia. *Iheringia. Série Zoologia.*

SERNANP. (2010). Diversidad biológica de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca. Lima: desco, PROFONANPE. (pp. 314).



Handwritten notes and symbols on the left margin, including an upward arrow, a 'D', and a vertical list of symbols: a triangle, a 'y', an '@', a 'f', a 't', a 'G', a 's', and a '4'.