



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»



Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental



EVALUACIÓN AMBIENTAL TEMPRANA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO DE EXPLORACIÓN MINERA CORANI DE FISSION ENERGY PERÚ S.A.C., EN EL DISTRITO CORANI, PROVINCIA CARABAYA, DEPARTAMENTO PUNO, DURANTE EL 2017 Y 2018

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

2018

Handwritten signatures and initials on the left margin, including a large signature and the letters 'D.', 'F.', 'B.', 'RC'.



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»

INFORME N. ° 323-2018-OEFA/DEAM-STE

A : **FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN**
Director de Evaluación Ambiental

DE : **LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS**
Subdirector de la Subdirección Técnica Científica

LUIS ÁNGEL ANCCO PICHUILLA
Coordinador de Evaluaciones Ambientales en Minería y Energía

LLOJAN CHUQUISENGO PICÓN
Especialista en Monitoreo y Vigilancia Ambiental

DIBER ROLANDO SALDAÑA ALFARO
Tercero Evaluador

JORGE LUIS FERNANDEZ NAJARRO
Tercero Evaluador

FRANCIS JESÚS CARI ABRIL
Tercero Evaluador

JHONY ÁNGEL RÍOS GARCÍA
Tercero Evaluador

HUBER SADY TRINIDAD PATRICIO
Tercero Evaluador

ERICKA JUDITH MORG CASTELLANOS
Tercero Evaluador

JACKELINE AMANDA DELGADO CORNEJO
Tercero Evaluador

DANY ERNESTO CHUNGA BENAVIDES
Tercero Evaluador

FRAY LUIS YANAPA HUAQUISTO
Tercero Evaluador

PEDRO RAMOS MATÍAS
Tercero Evaluador

PINTO CIEZA LUCILA NATHALI
Tercero Evaluador

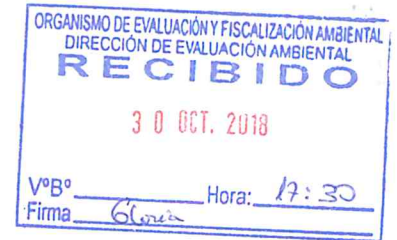
ASUNTO : Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission Energy Perú S.A.C., en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, durante el 2017 y 2018

REFERENCIA : Planefa 2018

FECHA : Lima,

30 OCT. 2018

2018-109-39600



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»

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted para informarle lo siguiente:

1. INFORMACIÓN DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL TEMPRANA

Datos generales de la evaluación ambiental temprana en el proyecto minero Corani

a.	Ubicación general	Distrito Corani, provincia Carabaya y departamento Puno.
b.	Ámbito de influencia	Área de influencia ambiental del proyecto de exploración minera Corani de Fission Energy Perú S.A.C.
c.	Antecedente	Planefa 2017 y 2018
d.	Objetivo general	Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission Energy Perú S.A.C.
e.	Tipo de evaluación	Evaluación ambiental temprana

Cantidad de puntos evaluados por matriz en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission Energy Perú S.A.C. durante el 2017 y 2018

a.	Fecha de comisión	Primera salida	23/07/2017		
		Segunda salida	26/02/2018 al 2/03/2018		
		Tercera salida	23/05/2018 al 25/05/2018		
b.	Puntos evaluados	Primera salida			
		Agua superficial	3		
		Hidrobiología	Perifiton	3	
			Macroinvertebrados	3	
		Sedimento	3		
		Suelo	12		
		Segunda salida			
		Agua superficial	12		
		Hidrobiología	Perifiton	5	
			Macroinvertebrados	7	
		Sedimento	5		
		Tercera salida			
		Suelo	14		
		Flora	Zona I (EF1)	3 transectos	
			Zona II (EF2)	3 transectos	
Fauna	Anfibios y reptiles	Zona I (EF1)	1 transecto	3 búsquedas por registro visual	
		Zona II (EF2)	1 transecto	3 búsquedas por registro visual	
	Aves	Zona I (EF1)	3 transectos		
		Zona II (EF2)	3 transectos		
	Mamíferos	Zona I (EF1)	1 transecto	1 cámara trampa	
		Zona II (EF2)	2 transectos	1 cámara trampa	

Parámetros que incumplieron la normativa en el área de influencia proyecto de exploración minera Corani de Fission Energy Perú S.A.C. durante el 2017 y 2018



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

Matriz	Parámetro	Puntos que incumplieron la norma	
		Norma del IGA ⁽¹⁾	Norma Vigente ⁽²⁾
Agua superficial	pH	Época húmeda: Manantial Quelloacocha (MQuello1) Manantial sin nombre (MSN3)	Época húmeda: Manantial Quelloacocha (MQuello1) Manantial sin nombre (MSN3)
	Oxígeno disuelto	Época húmeda: Manantial Quelloacocha: (MQuello1)	Época húmeda: Manantial Quelloacocha: (MQuello1)
	Sólidos totales suspendidos		Época húmeda: Quebrada Yurakjaja: (QYura1)
	Aluminio	Época húmeda: Quebrada Yurakjaja: (QYura1)	
	Hierro	Época húmeda: Quebrada Yurakjaja: (QYura1)	
	Plomo		Época húmeda: Quebrada Yurakjaja: (QYura1)
	Talio		Época húmeda: Quebrada Yurakjaja: (QYura1)
	Fósforo		Época seca: Quebrada Pantion Huayco (QSN5) Quebrada Huancoruni (QHuan1) Época húmeda: Quebrada Unutincoc (QSN4) Quebrada Pantion Huayco (QSN5) Quebrada Huancoruni (QHuan1) Quebrada Acsanamayu (QAcsa1) Quebrada Yurakjaja (QYura1) Quebrada Quelloacocha (QQuello1) Quebrada Huacollo (QHucac1) Manantial Acsanamayu (MAcsa1) Manantial sin nombre (MSN2) Manantial Quelloacocha (MQuello1)
Sedimento	Mercurio		Época húmeda: Quebrada Unutincoc (SED-QSN4) Quebrada Huancoruni (SED-QHuan1) Quebrada Acsanamayu (SED-QAcsa1)

⁽¹⁾ Agua: D.S. N.° 002-2008-MINAM, Categoría 3

⁽²⁾ Agua: D.S. N.° 004-2017-MINAM (Referencial), Categoría 3, Ríos de costa y sierra
Sedimento: Comparado referencialmente con la «Guía de Calidad Ambiental Canadiense para Sedimentos de Aguas Continentales» (Canadian Environmental Quality Guidelines – Sediment Quality Guidelines for freshwater)

2. PRINCIPALES CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de la evaluación ambiental se desarrollan a continuación:

- Las áreas de exploración se ubican sobre rocas volcánicas de la Formación Quenamari, específicamente sobre los miembros Sapanuta y Yapamayo. La litología consiste en tobas riolíticas (composición félsica) que presentan



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»

mineralización de uranio en fosfatos, silicatos y vanadatos mediante rellenos de fracturas y diseminado en la matriz rocosa. La mineralogía principal de uranio consiste en autunita y presenta como mineral secundario a la meta-autunita; asimismo se reportaron costras de peblenda de hábito dendrítico.

- Los parámetros evaluados en la quebrada Huancoruni (QHuan1), formada por las quebradas Unutincoc (QSN4 y QQuello1) y Pation Huayco (QSN5), evaluadas en época húmeda y seca, cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para agua en la categoría 3 (Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM). Además, presentaron facies bicarbonatadas-sódicas, y sus aguas se clasificaron como casi neutras con baja concentración de metales. Con relación a las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en época húmeda, los puntos de muestreo HID-QQuello1, HID-QSN4 y HID-QHuan1, presentaron una calidad biológica buena (Índice ABI); mientras que; el punto HID-QSN5 presentó una calidad biológica moderada; además, en estos puntos de muestreo el taxón *Claudioperla sp.* (orden Plecoptera) fue la especie de mayor densidad. Cabe precisar que los órdenes Plecoptera y Ephemeroptera comprenden taxones sensibles que son empleados como indicadores de buena calidad del agua. Asimismo, la concentración de mercurio en sedimentos en el punto QSN4 excedió referencialmente el valor PEL (*Probable Effect Level*) de la *Canadian Environmental Quality Guidelines* (CEQG), únicamente para la época húmeda.
- En la quebrada Acsanamayu (QAcsa1 y QAcsaA) y manantial Acsanamayu (MAcsa1), los parámetros evaluados en época húmeda cumplieron con los ECA para agua Cat3; presentando facies bicarbonatadas-sódicas y se clasificaron como casi neutras con baja concentración de metales. Con relación a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto de muestreo HID-QAcsa1 presentó una calidad biológica ABI moderada, con un predominio de organismos del taxón *Hyaella sp.* (Amphipoda) perteneciente a la familia Hyaellidae, que vive en aguas de corrientes y remansos de quebradas, asociado a materia orgánica en descomposición, donde se forman densas poblaciones. Cabe precisar que el orden Amphipoda pertenece al grupo de taxones «facultativos». Asimismo, la concentración de mercurio en sedimentos del punto QAcsa1 excedió referencialmente el valor ISQG (*Interine Sediment Quality Guidelines*) de la *Canadian Environmental Quality Guidelines* (CEQG), únicamente para la época húmeda.
- En la quebrada Yurakjaja (QYura1) y en los manantiales (MSN2, MSN3 y MSN4), los parámetros evaluados en época húmeda cumplieron con los ECA para agua Cat3 (2008), a excepción del hierro y aluminio total en el punto QYura1 que incumplieron este estándar; presentando facies bicarbonatadas-sódicas y se clasificaron como casi neutras con baja concentración de metales. La concentración de hierro y aluminio predomina en su estado suspendido (98 %), lo que se corrobora con la concentración de sólidos suspendidos totales que presentó una concentración de 597 mg/L en el mencionado punto, a diferencia de los demás puntos los cuales no superaron los 15 mg/L. Con relación a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto de muestreo HID-QYura1 se obtuvo una calidad biológica buena (índice ABI), debido a la presencia (aunque en bajas densidades) de taxones sensibles de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, indicadores de buena calidad de agua. Asimismo, en sedimentos del punto QYura1 los parámetros evaluados no excedieron los valores de la *Canadian Environmental Quality Guidelines* (CEQG).





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

- Con relación al nivel de fondo las concentraciones de arsénico, bario, cromo, mercurio y plomo en las áreas evaluadas para la realización del nivel de fondo presentan similar distribución espacial, donde las mayores concentraciones se ubican en la parte central del área evaluada, mientras que para el cadmio, litio y uranio las mayores concentraciones se ubican en los extremos del área evaluada (próximo a las áreas de exploración), cabe resaltar que el uranio presentó un comportamiento más homogéneo en comparación a los otros elementos.
- En la evaluación de flora silvestre en el área de estudio se registraron 77 especies agrupadas en 24 familias botánicas y 52 géneros, donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae, y los géneros más diversos fueron *Calamagrostis* y *Senecio*. La vegetación de roquedal fue la formación con mayor riqueza, con 55 especies; seguida del césped de puna con 26 y, por último, bofedal con 25. Del total de especies en el área de estudio, se registraron 3 especies en estado de conservación (*Perezia coerulescens*, *Austrocylindropuntia lagopus* y *Myrosmodes paludosa*).
- La mayor cobertura vegetal se registró en el bofedal; asimismo, las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal fueron *Calamagrostis brevifolia* y *Plantago tubulosa*; en el césped de puna, *Calamagrostis tarmensis* y *Aciachne pulvinata*; y en la vegetación de roquedal, *Calamagrostis vicunarum* y *Bougueria nubicola*.
- La formación más diversa fue la vegetación de roquedal con 2,38 nits/individuos. Además, se evidenció que las formaciones vegetales evaluadas están bien definidas, siendo las más relacionadas entre sí, el césped de puna y la vegetación de roquedal (análisis de similitud y NMDS).
- En el área de estudio se registró 1 especie de anfibio del Orden Anura, el sapo *Pleurodema marmoratum* (familia Leptodactylidae) y 1 especie de reptil del orden Squamata, la lagartija *Liolaemus* gr. *signifer* (familia Liolaemiidae), las cuales no se encuentran en ninguna categoría de amenaza.
- El tipo de hábitat más diverso fue el de césped de puna donde se registraron 2 especies (1 anfibio y 1 reptil), seguida del hábitat de roquedal donde se registró la mayor abundancia de la lagartija *Liolaemus* gr. *Signifer*; asimismo, en el hábitat bofedal no se registró ninguna especie.
- Las 2 zonas de evaluación presentan similares valores de los índices de diversidad calculados, pero en la zona EF 2 se encontró la mayor abundancia de la lagartija *Liolaemus* gr. *signifer*.
- En el área de estudio la avifauna es típica de la zona altoandina, registrándose 20 especies pertenecientes a 9 familias y 4 órdenes, de las cuales 15 especies son nuevos registros en el área de estudio; asimismo, 16 son de ambientes terrestres y 4 de ambientes acuáticos. La especie con mayor número de individuos fue *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 22, seguido de *Colaptes rupicola* «carpintero andino» con 17.
- La riqueza de especies es muy significativa en el área de estudio, sin embargo, no se han reportado especies dentro de alguna de las listas de conservación nacional o internacional. Sin embargo, se ha logrado registrar 5 especies cuyo endemismo está restringido al bioma de los Andes Centrales.





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»

- Los hábitats evaluados presentan una mixtura de especies de aves, con presencia de especies generalistas y especies propias. El bofedal y césped de puna comparten especies terrestres y acuáticas, siendo el césped de puna el de mayor riqueza de especies, mientras que el hábitat con la menor riqueza, abundancia y diversidad fue el bofedal.
- En las evaluaciones de mamíferos silvestres, se registró un total de 2 especies de mamíferos mayores pertenecientes al orden Rodentia (*Lagidium peruanum*) y Carnívora (*Conepatus chinga*), siendo el orden Rodentia el de mayor abundancia. Ninguna de estas especies se encuentra en las listas de conservación nacional o internacional.

3. RECOMENDACIONES

- Aprobar el informe de la evaluación ambiental en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission Energy Perú S.A.C. durante el 2017 y 2018, en vista que cuenta con el sustento técnico requerido.
- Remitir a la Dirección de Supervisión Ambiental en Minería y Energía para los fines que se estimen convenientes.

Atentamente:

LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS
Subdirector de la Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

LUIS ÁNGEL ANCCO PICHUILLA
Coordinador de Evaluaciones Ambientales en Minería y Energía
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

LLOJAN CHUQUISENGO PICON
Especialista en Monitoreo y Vigilancia Ambiental
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

DIBER ROLANDO SALDAÑA ALFARO
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

JORGE LUIS FERNANDEZ NAJARRO
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

FRANCIS JESUS CARI ABRIL
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

JHONY ÁNGEL RÍOS GARCÍA
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

HUBER SADY TRINIDAD PATRICIO
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

ERICKA JUDITH MORGA CASTELLANOS
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

JACKELINE AMANDA DELGADO CORNEJO
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

DANY ERNESTO CHUNGA BENAVIDES
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

FRAY LUIS YANAPA HUAQUISTO
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

PEDRO RAMOS MATÍAS
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

LUCILA NATHALI PINTO CIEZA
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

Lima, 30 OCT. 2018

Visto el Informe N.º 323 -2018-OEFA/DEAM-STEAC, la Dirección de Evaluación Ambiental ha dispuesto su aprobación.

Atentamente:

FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN
Director de Evaluación Ambiental
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA



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

ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN 1
- 2. ANTECEDENTES..... 1
- 2.1. Actividad de exploración..... 2
- 2.2. Recopilación, revisión y análisis de la información 2
- 2.2.1. Instrumentos de Gestión Ambiental 2
- 2.2.2. Acciones realizadas en el marco de la función evaluadora 3
- 3. OBJETIVOS 4
- 3.1. Objetivo general..... 4
- 3.2. Objetivos específicos..... 4
- 4. ÁREA DE ESTUDIO 4
- 5. PARTICIPACIÓN CIUDADANA 5
- 6. METODOLOGÍA 7
- 6.1. Agua..... 7
- 6.1.1. Guías utilizadas para la evaluación..... 7
- 6.1.2. Ubicación de puntos 8
- 6.1.3. Parámetros y métodos de análisis 9
- 6.1.4. Equipos utilizados..... 10
- 6.1.5. Aseguramiento de la calidad 10
- 6.1.6. Criterios de comparación..... 11
- 6.2. Sedimentos..... 12
- 6.2.1. Guías utilizadas para la evaluación..... 12
- 6.2.2. Ubicación de puntos 12
- 6.2.3. Parámetros y métodos de análisis 13
- 6.2.4. Equipos utilizados..... 13
- 6.2.5. Aseguramiento de la calidad 14
- 6.2.6. Criterios de comparación..... 14
- 6.3. Nivel de fondo..... 14
- 6.3.1. Guía utilizada para la evaluación 14
- 6.3.2. Ubicación de puntos 15
- 6.3.3. Parámetros y métodos de análisis 17
- 6.3.4. Equipos utilizados..... 17
- 6.3.5. Aseguramiento de la calidad 18
- 6.3.6. Procesamiento de datos..... 18
- 6.4. Comunidades hidrobiológicas 18





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

- 6.4.1. Guía utilizada para la evaluación 18
- 6.4.2. Ubicación de puntos 19
- 6.4.3. Parámetros y métodos de análisis 19
- 6.4.4. Equipos utilizados 20
- 6.4.5. Aseguramiento de la calidad 20
- 6.4.6. Procesamiento de datos 21
- 6.5. Evaluación hidroquímica 26
- 6.5.1. Ubicación de puntos 26
- 6.5.2. Procesamiento de datos 26
- 6.6. Caracterización geológica 29
- 6.6.1. Referencias para la caracterización geológica 29
- 6.6.2. Ubicación de puntos 30
- 6.6.3. Equipos y materiales utilizados 30
- 6.6.4. Procesamiento de datos 31
- 6.7. Flora silvestre 31
- 6.7.1. Guías utilizadas para la evaluación 31
- 6.7.2. Ubicación de transectos 32
- 6.7.3. Parámetros de análisis 32
- 6.7.4. Equipos utilizados 33
- 6.7.5. Procesamiento de datos 33
- 6.8. Fauna silvestre 36
- 6.8.1. Guía utilizada para la evaluación 36
- 6.8.2. Ubicación de puntos 37
- 6.8.3. Parámetros de análisis 41
- 6.8.4. Equipos utilizados 41
- 6.8.5. Procesamiento de datos 41
- 7. RESULTADOS 46
- 7.1. Comparación con la norma aprobada en los IGA 46
- 7.1.1. Calidad de agua superficial 46
- 7.1. Comparación referencial con estándares nacionales y de nivel internacional ... 48
- 7.1.1. Calidad de agua superficial 48
- 7.1.2. Calidad de sedimentos 51
- 7.2. Estudios especializados 52
- 7.3.1. Nivel de fondo de suelo 52
- 7.3.2. Comunidades Hidrobiológicas 53

[Handwritten scribble]

[Handwritten scribble]

[Handwritten scribble]

[Handwritten scribble]

[Handwritten scribble]



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»

7.3.3.	Evaluación Hidroquímica	64
7.3.1.	Caracterización geológica	67
7.3.2.	Flora silvestre	71
7.3.3.	Fauna silvestre	89
8.	DISCUSIONES	114
9.	CONCLUSIONES	131
10.	ANEXOS	133
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133



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

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Instrumentos de gestión ambiental aprobados del proyecto de exploración minera Corani de Fission... 3
Tabla 2-2. Parámetros que cumplieron la normativa para agua en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission... 3
Tabla 2-3. Informes del área de Monitoreo y Vigilancia Ambiental de la Dirección de Evaluación del OEFA en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani... 4
Tabla 5-1. Actores sociales en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani... 6
Tabla 5-2. Participación ciudadana de acuerdo con la ejecución de las etapas de la EAT en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission... 6
Tabla 6-1. Referencias para el muestreo de la calidad de agua superficial en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission... 8
Tabla 6-2. Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial (quebradas y manantiales) evaluados en épocas seca y húmeda... 8
Tabla 6-3. Parámetros evaluados y métodos de análisis, y cantidad de puntos de agua superficial - 2017 y 2018... 9
Tabla 6-4. Equipos utilizados para el muestreo de agua superficial en época seca (julio 2017) y en época húmeda (febrero 2018)... 10
Tabla 6-5. Controles de calidad establecidos para agua superficial (2017) y agua superficial y manantiales (2018)... 11
Tabla 6-6. Estándares de comparación para agua superficial (incluye manantiales).. 11
Tabla 6-7. Referencias para el muestreo de la calidad de sedimentos en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission... 12
Tabla 6-8. Ubicación de puntos de muestreo de sedimentos evaluados en época seca (setiembre 2017) y en época húmeda (febrero 2018)... 13
Tabla 6-9. Parámetros evaluados y métodos de análisis, y cantidad de puntos de muestreo de sedimentos - 2017 y 2018... 13
Tabla 6-10. Equipos utilizados para el muestreo de sedimentos en época seca (julio 2017) y en época húmeda (febrero 2018)... 13
Tabla 6-11. Valores estándares de comparación para metales en sedimentos de agua continental... 14
Tabla 6-12. Ubicación de puntos de muestreo de suelo evaluados... 15
Tabla 6-13. Parámetros evaluados y métodos de análisis, y cantidad de puntos de muestreo de suelos - 2017 y 2018... 17
Tabla 6-14. Equipos utilizados para el muestreo de suelos en épocas seca (julio 2017 y mayo 2018)... 17
Tabla 6-15. Ubicación de puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas evaluados en épocas seca (2017) y húmeda (2018)... 19
Tabla 6-16. Parámetros evaluados y métodos de análisis, y cantidad de puntos de comunidades hidrobiológicas - 2017 y 2018... 20
Tabla 6-17. Equipos utilizados para el muestreo de comunidades hidrobiológicas en época seca (julio 2017) y en época húmeda (febrero 2018)... 20
Tabla 6-18. Características y puntuaciones hidromorfológica según el protocolo CERA-S... 23
Tabla 6-19. Calidad hidromorfológica acuerdo a la puntuación del protocolo CERA-S... 24
Tabla 6-20. Calidad biológica de acuerdo a la puntuación del protocolo CERA-S... 24
Tabla 6-21. Calidad ecológica: recombinación entre la calidad hidromorfológica y biológica según el protocolo CERA-S... 24
Tabla 6-22. Calidad ecológica según el protocolo CERA-S... 25

Handwritten scribble

Handwritten mark

Handwritten signature

Handwritten mark

Handwritten mark

Handwritten mark



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

Tabla 7-14. Especies de anfibios y reptiles registrados en el área de influencia del proyecto minero de exploración minera Corani de Fission 89

Tabla 7-15. Esfuerzo de muestreo por formación vegetal en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission 90

Tabla 7-16. Anfibios y reptiles registrados en el hábitat de césped de puna en el área de estudio..... 91

Tabla 7-17. Anfibios y reptiles registrados en el hábitat de roquedal en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission..... 92

Tabla 7-18. Riqueza, Abundancia e índices de diversidad por tipo de hábitat 92

Tabla 7-19. Unidades y esfuerzo de muestreo por zona de evaluación 93

Tabla 7-20. Anfibios y reptiles registrados en la zona de evaluación EF 1..... 94

Tabla 7-21. Anfibios y reptiles registrados en la zona de evaluación EF 2..... 94

Tabla 7-22. Riqueza, Abundancia e índices de diversidad por zona de evaluación..... 95

Tabla 7-23. Valores del índice de Similitud de Morisita entre las zonas de evaluación 95

Tabla 7-24. Valores de los parámetros físicos y características ambientales de los transectos en hábitats acuáticos evaluados..... 97

Tabla 7-25. Orden, Familia y número de especies de aves registradas en el área de estudio..... 97

Tabla 7-26. Resumen de la Riqueza y Abundancia por hábitat 99

Tabla 7-27. Riqueza y abundancia de especies registradas en el Bofedal 100

Tabla 7-28. Riqueza y abundancia de especies registradas en césped de puna..... 101

Tabla 7-29. Riqueza de especies y abundancia registrada en roquedal 102

Tabla 7-30. Riqueza, abundancia e índices de diversidad por hábitat..... 103

Tabla 7-31. Valores del índice de Similitud de Morisita entre las unidades de vegetación en el área de estudio 104

Tabla 7-32. Riqueza de especies y abundancia registrada los ecosistemas frágiles evaluados..... 106

Tabla 7-33. Riqueza, abundancia e índices de diversidad por Ecosistema frágil (EF) 107

Tabla 7-34. Valores del índice de Similitud de Morisita entre los Ecosistemas frágiles registrados en el área de estudio 108

Tabla 7-35. Lista de especies incluidas en categorías de conservación y endémicas registradas en el área de estudio 110

Tabla 7-36. Composición de mamíferos en las cuatro zonas evaluadas..... 110

Tabla 7-37. Unidades y esfuerzo de muestreo en el área de evaluación 111

Tabla 7-38. Esfuerzo de muestreo de cámaras trampa para la evaluación de mamíferos silvestres en el área de estudio 111

Tabla 7-39. Índice de ocurrencia (IO) e Índice de abundancia (IA) de mamíferos en las dos zonas evaluadas 111

Tabla 7-40. Índice de similaridad de Jaccard de mamíferos en las dos zonas evaluadas 112

Tabla 7-41. Registros independientes de mamíferos silvestres por las cámaras trampa 113

Tabla 8-1. Caracterización de metales totales (disueltos y suspendidos) en los puntos evaluados..... 118

Tabla 8-2. Comparación referencial de los valores de nivel de fondo con los ECA para suelo..... 121





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

Tabla 6-23. Puntajes de sensibilidad asignadas a las familias de macroinvertebrados bentónicos para la obtención del índice ABI 25

Tabla 6-24. Estado de la calidad ecológica del agua según el ABI en Perú..... 26

Tabla 6-25. Valores aceptables de error aceptable en función de la conductividad eléctrica..... 27

Tabla 6-26. Referencias para la caracterización geológica en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission 30

Tabla 6-27. Ubicación de los puntos de observación geológica 30

Tabla 6-28. Equipos y materiales utilizados para la caracterización geológica en época húmeda (febrero 2018) 30

Tabla 6-29. Referencias para la evaluación de flora silvestre en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission 31

Tabla 6-30. Ubicación de transectos de flora silvestre evaluados en época húmeda (mayo 2018)..... 32

Tabla 6-31. Parámetros analizados en la evaluación de flora silvestre - 2018..... 33

Tabla 6-32. Equipos utilizados para la evaluación de flora silvestre en época húmeda (mayo 2018)..... 33

Tabla 6-33. Referencia para la evaluación de fauna silvestre en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission 36

Tabla 6-34. Ubicación de búsquedas por encuentros visuales (VES) de anfibios y reptiles evaluados en mayo 2018..... 38

Tabla 6-35. Ubicación de transectos en hábitats acuáticos evaluados en mayo 2018 . 38

Tabla 6-36. Ubicación de puntos de aves evaluados en mayo 2018..... 39

Tabla 6-37. Ubicación de transectos de evaluación de mamíferos en mayo 2018 40

Tabla 6-38. Ubicación de cámaras trampa evaluados en mayo 2018 40

Tabla 6-39. Parámetros analizados en la evaluación de los grupos taxonómicos de fauna silvestre - 2018..... 41

Tabla 6-40. Equipos utilizados para la evaluación de fauna silvestre en mayo 2018... 41

Tabla 7-1. Resultados de calidad de agua superficial que excedieron los ECA para agua (2008) en área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission..... 46

Tabla 7-2. Resultados de calidad de agua superficial que incumplen el ECA para agua (2017) en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani..... 49

Tabla 7-3. Resultados de calidad de sedimentos que excedieron los valores de la CEQG-SQG en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission 52

Tabla 7-4. Resultados de nivel de fondo y nivel de referencia de suelo en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani 53

Tabla 7-5. Diversidad alfa del perifiton vegetal en la época seca y húmeda 56

Tabla 7-6. Diversidad alfa de macroinvertebrados en la época seca (julio 2017) y húmeda (febrero 2018)..... 61

Tabla 7-7. Balance iónico de los cuerpos agua en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission 64

Tabla 7-8. Número de familias, géneros y especies por cada clase registrada en el área de estudio..... 71

Tabla 7-9. Cobertura vegetal por transecto, formación vegetal y ecosistema Frágil... 79

Tabla 7-10. Índices de diversidad alfa obtenido de los transectos evaluados en los puntos de muestreo 83

Tabla 7-11. Índices de Similitud entre las formaciones vegetales con el Índice Morisita. 85

Tabla 7-12. Índices de Similitud entre los EF, con el Índice Morisita 86

Tabla 7-13. Especies categorizadas según la Legislación Nacional DS 043-2006 AG, IUCN 2018 y en los Apéndices CITES 2015..... 89

[Handwritten scribble]

[Handwritten scribble]

[Handwritten scribbles]

[Handwritten scribble]

[Handwritten scribbles]



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

Figura 7-29. Mapa geológico del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission 69

Figura 7-30. Afloramientos de rocas volcánicas del Miembro Yapamayo A) Cerro Chaupiloma y B) Quebrada Unutimpuc..... 70

Figura 7-31. Porcentaje de especies por Clase registrado en el área de estudio..... 72

Figura 7-32. Familias más diversas, indicando número de géneros y especies, registradas en el área de estudio 72

Figura 7-33. Familias con mayor porcentaje de especies, por encima del 2 % de especies registradas en el área de estudio 73

Figura 7-34. Géneros con mayor número de especies registradas en el área de estudio 73

Figura 7-35. Formas de crecimiento de la flora vascular registrada en el área de estudio 74

Figura 7-36. Número de especies, géneros y familias presentes en las cuatro formaciones vegetales presentes en el área de estudio..... 75

Figura 7-37. Número de especies, géneros y familias ecosistema frágil 76

Figura 7-38. Familias más diversas por microcuenca, presentes en el área de estudio 76

Figura 7-39. Número de especies, géneros y familias por formación vegetal en ecosistemas frágiles 77

Figura 7-40. Familias más diversas por formación vegetal en el EF 1..... 77

Figura 7-41. Familias más diversas por formación vegetal en el EF 2..... 78

Figura 7-42. Especies con mayor abundancia relativa en el área de estudio..... 79

Figura 7-43. Especies con mayor abundancia relativa en el bofedal..... 80

Figura 7-44. Especies con mayor abundancia relativa en el césped de puna 81

Figura 7-45. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación por roquedal... 81

Figura 7-46. Especies con mayor abundancia relativa en el EF1 82

Figura 7-47. Especies con mayor abundancia relativa en el EF 2 83

Figura 7-48. Índices de diversidad alfa de las formaciones vegetales 84

Figura 7-49. Índices de diversidad alfa en ecosistemas frágiles 85

Figura 7-50. Análisis de Clúster de las formaciones vegetales, con el Índice Morisita... 86

Figura 7-51. Análisis de Clúster de los ecosistemas frágiles, con el Índice Morisita 87

Figura 7-52. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) con los transectos evaluados, con el Índice Morisita..... 87

Figura 7-53. Curva de acumulación de especies. Modelo: $v2=(a*v1)/(1+(b*v1))$. Función de Clench..... 88

Figura 7-54. Abundancia de las especies de anfibios y reptiles registradas en el ámbito del proyecto minero de exploración minera Corani de Fission 90

Figura 7-55. Abundancia y riqueza de anfibios y reptiles registrados en VES, por tipo de hábitat en el área estudio 91

Figura 7-56. Dendrograma de similaridad de la comunidad de anfibios y reptiles de los hábitats evaluados..... 93

Figura 7-57. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles registrados en VES y transectos, por zona de evaluación..... 94

Figura 7-58. Dendrograma de similaridad de la comunidad de anfibios y reptiles de los hábitats evaluados..... 95

Figura 7-59. Curva de acumulación de especies..... 96

Figura 7-60. Familias con mayor número de especies de aves 98

Figura 7-61. Especies con mayor abundancia total registrada en el área de estudio 99

Figura 7-62. Índices de diversidad por hábitat registrado en el área de estudio 103

Figura 7-63. Dendrograma de Similitud de Morisita entre unidades de vegetación 104

Figura 7-64. Índices de Diversidad por ecosistema frágil (EF) registrado en el área de estudio..... 107

Figura 7-65. Dendrograma de Similitud de Morisita entre Ecosistemas frágiles..... 108





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

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4-1. Ubicación geográfica del proyecto de exploración minera Corani..... 5

Figura 6-1. Diagrama de Stiff 28

Figura 6-2. Diagrama de Piper 28

Figura 6-3. Clasificación geoquímica (diagrama de Ficklin) para el agua, basado en la suma de metales disueltos y el pH..... 29

Figura 7-1. Valores de pH comparados con el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2..... 47

Figura 7-2. Valores de oxígeno disuelto comparados con el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2..... 47

Figura 7-3. Valores de aluminio total comparados con el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2..... 48

Figura 7-4. Valores de hierro total comparados con el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 48

Figura 7-5. Valores de pH comparados con el ECA para agua Cat4E2 50

Figura 7-6. Valores de oxígeno disuelto comparados con el ECA para agua Cat4E2 . 50

Figura 7-7. Valores de fósforo total comparados con el ECA para agua Cat4E2 50

Figura 7-8. Valores de plomo total comparados con el ECA para agua Cat4E2 51

Figura 7-9. Valores de talio total comparados con el ECA para agua Cat4E2 51

Figura 7-10. Concentración de mercurio total, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG 52

Figura 7-11. Número de especies de perifiton (microalgas) según el phylum durante las épocas seca (julio 2017) y húmeda (febrero 2018)..... 54

Figura 7-12. Número de especies de perifiton vegetal (microalgas) según el phylum durante la época húmeda 55

Figura 7-13. Abundancia de perifiton vegetal (microalgas) según el phylum en épocas seca (julio 2017) y húmeda (febrero 2018) 55

Figura 7-14. Abundancia de perifiton vegetal (microalgas) según el phylum en época húmeda 56

Figura 7-15. Diversidad alfa del perifiton vegetal (microalgas) en la época húmeda 57

Figura 7-16. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por conglomerados) de perifiton vegetal (microalgas) en época húmeda 57

Figura 7-17. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos según el orden durante las épocas seca (julio 2017) y húmeda (febrero 2018)..... 58

Figura 7-18. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos según el orden en época húmeda (febrero 2018) 59

Figura 7-19. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según el orden en épocas seca (julio 2017) y húmeda (febrero 2018) 60

Figura 7-20. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según el orden, durante la época húmeda (febrero 2018)..... 61

Figura 7-21. Diversidad alfa de macroinvertebrados en época húmeda (febrero 2018). 62

Figura 7-22. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por conglomerados) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos época húmeda 63

Figura 7-23. Valores del índice ABI de macroinvertebrados bentónicos en época húmeda 63

Figura 7-24. Diagramas de Piper en épocas seca y húmeda..... 65

Figura 7-25. Diagramas de Stiff en épocas seca y húmeda..... 66

Figura 7-26. Clasificación hidroquímica según el diagrama de Ficklin en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani en época húmeda .. 66

Figura 7-27. Contexto tectónico y metalogenético del proyecto de exploración minera Corani de Fission 67

Figura 7-28. Tobas riolíticas con mineralización de autunita en fracturas, acompañado de óxidos de hierro. 68

Handwritten scribble

Handwritten arrow pointing up

Handwritten vertical text: E, R, G, PE, A.

Handwritten symbol resembling a stylized 'D'

Handwritten vertical text: T, LPC

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

Figura 7-66.	Curva de acumulación de especies presentes en el área estudio.....	109
Figura 7-67.	Cluster de similaridad de especies compartidas entre zonas evaluadas .	112
Figura 7-68.	Curva de acumulación de especies.....	113
Figura 8-1.	Distribución de puntos de muestreo en época húmeda y seca	114
Figura 8-2.	Distribución de puntos de muestreo que exceden los ECA para agua (2008) en época seca y húmeda.....	115
Figura 8-3.	Sección geológica de las áreas de exploración 1 y 2	116
Figura 8-4.	Comparación de los metales traza del Miembro Sapanuta con respecto a los valores de corteza continental propuesto por Rudnick (1995).....	116
Figura 8-5.	Comparación de los metales traza del Miembro Yapamayo con respecto a los valores de corteza continental propuesto por Rudnick (1995).....	116
Figura 8-6.	Comparación de los resultados reportados de OEFA con la línea de base respecto al a) aluminio, b) arsénico, c) hierro y f) plomo	117
Figura 8-7.	Quebradas evaluadas a y b) proceso de erosión en la quebrada Yurakjaja, c y d) presencia de sólidos suspendidos en la quebrada Yurakjaja	119
Figura 8-8.	Comportamiento de uranio en las quebradas Unutincoc, Patión Huayco, Huancoruni, Yurakjaja y Acsanamayu.....	120
Figura 8-9.	Comportamiento de la concentración del uranio en agua y sedimentos..	120
Figura 8-10.	Ubicación de las áreas de nivel de fondo.....	121
Figura 8-11.	Distribución de la concentración de arsénico, bario, cromo, mercurio, plomo, uranio y litio en el nivel de fondo	122
Figura 8-12.	Formaciones vegetales identificadas en el área de estudio a) bofedal en el EF 1, b) bofedal en el EF 2, c) vegetación de roquedal y d) césped de puna	123
Figura 8-13.	Especies amenazadas presentes en el EF 1, a) <i>Perezia coerulescens</i> y b) <i>Austrocylindropuntia lagopus</i>	124
Figura 8-14.	Especies amenazadas presentes en el EF2, a) <i>Austrocylindropuntia lagopus</i> y b) <i>Myrosmodos paludosa</i>	125
Figura 8-15.	<i>Pleurodema marmoratum</i> , registrado en la evaluación del VES Co-He-V36, en el ámbito de la quebrada Huacollo (EF 2).....	126
Figura 8-16.	<i>Liolaemus gr. signifer</i> a) madriguera y refugio, b) hábitat de césped de puna y roquedales al fondo donde esta especie fue abundante y c) individuo adulto termoregulando, registrado en el VES Co-He-V36	127
Figura 8-17.	Especies de aves registradas en el área de estudio: a) <i>Phrygilus punensis</i> «fringilo peruano», b) <i>Muscisaxicola maculirostris</i> «dormilona chica», c) <i>Upucerthia validirostris</i> «bandurrita de Jelski» y d) <i>Sicalis uropygialis</i> «chirigüe de lomo brillante»	128
Figura 8-18.	Especie <i>Gallinago andina</i> «becasina de la puna» registrada en el área de estudio.....	129
Figura 8-19.	a) Registro de individuo de <i>Lagidium peruanum</i> «vizcacha» por medio de recorridos, b) excavación de <i>Conepatus chinga</i> «zorrino o añás» por medio de recorridos, c y d) registros de individuos de <i>L. peruanum</i> «vizcacha» en la cámara trampa FisMaCT-2.....	130

7.

LPC



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»

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde a la evaluación ambiental temprana realizada durante el 2017 y 2018, en el ámbito de influencia del proyecto de exploración minera Corani desarrollado por Fission Energy Perú S.A.C., contiene los resultados, análisis y conclusiones de los estudios realizados por la Subdirección Técnica Científica de la Dirección de Evaluación Ambiental del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), como parte de Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental 2018 (Planefa 2018).

El proyecto de exploración minera Corani desarrollado por Fission Energy Perú S.A.C. (en adelante, Fission) se encuentra ubicado en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, se desarrolla entre los 4200 y 4800 m s. n. m. (aproximadamente a 200 km de la ciudad de Puno). El proyecto se emplaza en el área de la comunidad campesina de Corani Aconsaya. Las áreas específicas de exploración se ubican en los sectores de los cerros Pilliranepata y Jatunsoapiña, los mismos que se encuentran dentro de las concesiones mineras Roca Muerto 2 y Suyupia 2004 B respectivamente¹.

Los ríos Macusani y Corani se encuentran en el área de influencia indirecta del proyecto de exploración minera Corani. El río Macusani abarca una extensión de 1205 km² desde las nacientes hasta la confluencia con el río Corani. El río Corani presenta un rumbo general de oeste a este de carácter permanente, con una extensión de 980.1 km², siendo el tributario de mayor importancia del río San Gaban-Ollachea².

La ejecución de la Evaluación Ambiental Temprana (en adelante, EAT) en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission en época seca se realizó del 22 al 24 de julio de 2017, cuyos resultados se presentan en el Informe N.º 089-2017-OEFA-SDCA/CMVA, la ejecución en época de lluvia se realizó del 26/02 al 02/03 de 2018 (Reporte de campo N.º 004-2018-STEMC) y el 23 y 24 de mayo de 2018 (Reportes de Campo N.º 014-2018-STEMC y N.º 046 -2018-STEMC, Anexo 3).

En tal sentido, el Planefa 2018, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N.º 037-2017- OEFA/CD y publicado el 30 de diciembre de 2017 en el diario oficial El Peruano, establece como parte de la función evaluadora, generar diagnósticos ambientales que contengan un análisis integral del estado de los diversos componentes ambientales; dentro de las cuales, la evaluación ambiental temprana, se ejecuta durante la etapa de exploración y antes del inicio de las operaciones, bajo un enfoque preventivo y con participación ciudadana de la sociedad civil, en el marco del «Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del OEFA³».

La información contenida en este informe constituirá como soporte técnico para futuras acciones de fiscalización y supervisión ambiental a cargo del OEFA.

2. ANTECEDENTES

Para conocer el estado de la calidad ambiental relacionada al área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission, se procedió a identificar las actividades exploratorias del administrado y otras de importancia, que se desarrollan

¹ Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani (2013)

² Modificación de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani (2016)

³ Aprobado por Resolución de Consejo Directivo N.º 032-2014-OEFA/CD y modificado por la Resolución de Consejo Directivo N.º 003-2016-OEFA/CD.



en la zona. De esta manera, se realizó la investigación, recopilación, revisión, análisis y síntesis de información ambiental existente en el proyecto y su área de influencia.

2.1. Actividad de exploración

El proyecto de exploración minera Corani tiene como finalidad realizar trabajos de exploración que permitan cuantificar las reservas de uranio existentes en el área de las concesiones mineras de la empresa Fission Energy Perú S.A.C. en 2 áreas específicas, definidas actualmente para las actividades de exploración minera. El alcance del proyecto comprende la perforación diamantina en un total de 20 plataformas de perforación, 11 trincheras, utilizándose dos equipos de perforación. Las plataformas se ubicarán en las concesiones mineras Suyupia 2004 B y Roca Muerto 2⁴.

Las actividades de perforación consistirán en la ejecución de sondajes diamantinos por cada plataforma, distribuidos en 20 plataformas de perforación. En cada plataforma se realizará una perforación vertical y una inmersión de 55 grados con respecto a cada una de las orientaciones al este, oeste, norte y sur. Las actividades de perforación permitirán sacar testigos de la roca para el análisis de caracterización geológica, mineralógica y química.

Para efectos de prevenir posibles derrames de lodo excedente durante la etapa de exploración, se consideró necesario la habilitación de una poza de sedimentación para cada una de las plataformas de perforación, las cuales tienen una capacidad aproximada de 25 m³.

Se estima consumir 4,09 m³/día de agua industrial, correspondiente a una demanda requerida para la perforación diamantina de 30 m por día. La recirculación del agua se realizará (agua 90 % y 10 % de sedimentos) en las pozas de sedimentación ubicadas en zonas adyacentes a las plataformas. Se implementará una poza de lodos por cada plataforma de perforación. Luego del proceso de sedimentación, el agua será bombeada a las pozas y nuevamente se recirculará para la perforación. El material sedimentado será considerado como residuo peligroso y será manejado por una Empresa Prestadora del Servicio de Residuos Sólidos (EPS-RS).

2.2. Recopilación, revisión y análisis de la información

2.2.1. Instrumentos de Gestión Ambiental

Se realizó la revisión de los instrumentos de gestión ambiental (IGA) asociados al proyecto de exploración minera Corani de Fission, los cuales se detallan en la Tabla 2-1.

⁴ Primer Informe Técnico Sustentatorio de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani, 2015.



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

Tabla 2-1. Instrumentos de gestión ambiental aprobados del proyecto de exploración minera Corani de Fission

N.º	Administrado	Título del IGA	Número de Resolución	Fecha de aprobación	Organismo que aprobó
1	Fission Energy Perú S.A.C.	Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani, distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno	R.D. N° 194-2013-MEM/AAM	17 de junio de 2013	MINEM
2		Informe Técnico Sustentatorio (ITS) de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani	R.D. N° 249-2015-MEM/DGAAM	19 de junio de 2015	MINEM

De acuerdo con la información descrita en los IGA aprobados para el proyecto de exploración minera Corani de Fission, los cuerpos de agua ubicados en el área de influencia cumplieron con la normativa nacional establecida en el 2008⁵ (Tabla 2-2).

Tabla 2-2. Parámetros que cumplieron la normativa para agua en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission

N.º	Ubicación	Titular	Proyecto	Resolución de aprobación	Zonas de Posible Influencia
1	Distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno	Fission Energy Perú S.A.C.	Corani Fission	R.D. N.º 194-2013-MEM/AAM	Las quebradas Unutincoc, Pantion Huayco, Toma Parque, Huacollo, Acsanamayu, Jaljata y S/N. Los valores de conductividad eléctrica, pH y oxígeno disueltos, se encuentran dentro del rango establecido por el ECA categoría 3- riego de vegetales (D.S N° 002-2008-MINAM), asimismo, la concentración de arsénico y mercurio fueron menores al límite de detección analítico
2				R.D. N.º 249-2015-MEM/DGAAM	

2.2.2. Acciones realizadas en el marco de la función evaluadora

La Dirección de Evaluación⁶ del OEFA emitió el informe N.º 086-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA, referente al monitoreo de agua superficial, sedimentos, comunidades hidrobiológicas y suelo, realizado en época seca (julio de 2017) de la EAT en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission (EAT 2017), los resultados se detallan en la Tabla 2-3.

⁵ Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM. Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, publicado el 31 de julio de 2008.
⁶ Actualmente Dirección de Evaluación Ambiental de acuerdo con el Decreto Supremo N.º 013-2017-MINAM, «Aprueban el Reglamento de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)». Publicado el 21 de diciembre de 2017.

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



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

Tabla 2-3. Informes del área de Monitoreo y Vigilancia Ambiental de la Dirección de Evaluación del OEFA en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani

Informe	Número de Informe	Fecha de aprobación	Resultados		
			Componente	Zona crítica	Parámetro que exceden la norma
Informe de evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission Energy Perú S.A.C y zonas aledañas, en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, durante el año 2017	INFORME N° 086-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA	29 de diciembre de 2017	Agua superficial ^(a)	No se registran	Los parámetros evaluados no exceden
			Sedimento ^(b)	No se registran	Los parámetros evaluados no exceden
			Suelo ^(c)	No se registran	Los parámetros evaluados no exceden

a. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3 «Riego de vegetales y bebida de animales» - subcategorías D1 «Riego de vegetales» y D2 «Bebida de animales», aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

b. Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life – Canadian Council of Ministers of the Environmental. 2001

c. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos de uso agrícola, aprobado mediante Decreto Supremo N° 011 -2017-MINAM.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission Energy Perú S.A.C.

3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la calidad de agua, sedimentos y caracterizar las comunidades hidrobiológicas en las quebradas Unutincoc, Pationhuayco, Huancoruni, Acsanamayu, Yurakjaja, Quelloacocha y Huacollo.
- Determinar el nivel de fondo de suelo en las áreas de potencial afectación aledañas al área de exploración.
- Describir el contexto geológico en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani.
- Evaluar la flora silvestre en ecosistemas frágiles (bofedales) con sus formaciones vegetales asociadas.
- Evaluar la fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) en ecosistemas frágiles (bofedales) con sus hábitats asociados.

4. ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto de exploración minera Corani de Fission se encuentra ubicado en el distrito Corani, provincia Carabaya, departamento Puno. Geográficamente se localiza en la zona Suroriental del Perú (Figura 4-1). Para una mejor visualización de la ubicación geográfica en mención ver Anexo 1.

El área del proyecto de exploración minera Corani se emplaza en la cabecera de la vertiente del Atlántico, los ríos que se encuentran en el área de influencia directa



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

ambiental (en adelante, AIDA) y área de influencia indirecta ambiental (en adelante, AIIA) del proyecto Corani forman parte de la cuenca del río San Gabán.

Cabe señalar que en el área del proyecto de exploración minera Corani no se ha identificado pasivos ambientales mineros. Por otro lado, se realizó la prospección arqueológica en el área del proyecto, donde se ubicarán las plataformas de perforación para los sondajes proyectados y sus componentes, no registrándose ningún sitio arqueológico ni evidencias arqueológicas a nivel superficial en toda el área estudiada⁷.

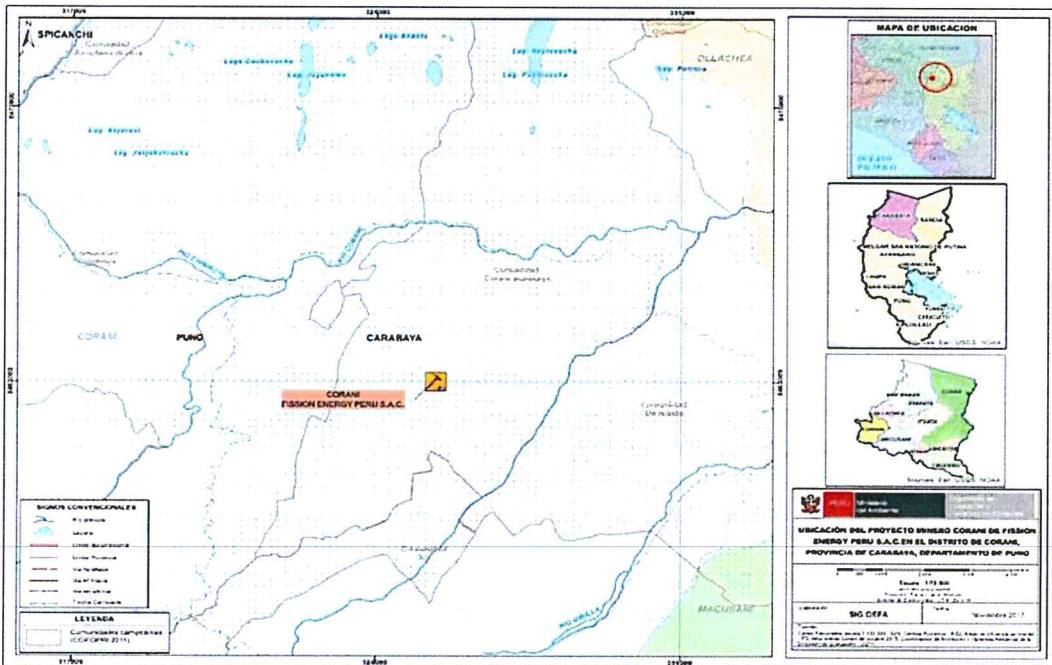


Figura 4-1. Ubicación geográfica del proyecto de exploración minera Corani

5. PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Para el OEFA, la participación de la ciudadanía en el proceso de la fiscalización ambiental es de vital importancia. En consecuencia, la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA vio conveniente desarrollar la Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani con participación ciudadana, que se basó en el Reglamento de Participación Ciudadana en las Acciones de Monitoreo Ambiental (en adelante, Reglamento), aprobado en el 2014⁸ y modificado en el 2016⁹.

5.1. Visita de reconocimiento

La visita de reconocimiento se realizó del 19 al 23 de junio de 2017 y del 31 de enero al 06 de febrero de 2018, su objetivo fue establecer un primer contacto con las poblaciones y autoridades de la zona a evaluar, identificar la situación social y ambiental, conocer su percepción respecto a la realización de la EAT, y reconocer técnica y logísticamente el área de evaluación.

⁷ Modificación de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani (2016).
⁸ Resolución de Consejo Directivo N.º 032-2014-OEFA-CD.
⁹ Resolución de Consejo Directivo N.º 003-2016-OEFA-CD.



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

Como resultado de esta visita se definió el área de estudio, se identificaron los componentes ambientales a ser evaluados, se determinó la red de puntos de muestreo, los parámetros a evaluar y el tiempo requerido para la evaluación.

Los actores sociales involucrados en la EAT en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission están conformados por representantes de las comunidades campesinas, centro poblados y municipalidades distritales, las cuales son presentadas en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1. Actores sociales en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani

Actores	Distrito	Provincia	Departamento
Centro poblado Chimboya (Aymaña)	Corani	Carabaya	Puno
Centro poblado Isivilla	Corani	Carabaya	Puno
Comunidad campesina Corani – Aconsaya	Corani	Carabaya	Puno
Comunidad campesina Quelcaya	Corani	Carabaya	Puno
Comunidad campesina Chacaconiza	Corani	Carabaya	Puno
Municipalidad distrital Corani	Corani	Carabaya	Puno
Municipalidad provincial Carabaya	Macusani	Carabaya	Puno
Municipalidad distrital Corani	Corani	Carabaya	Puno

5.2. Desarrollo de la EAT

La EAT en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission, se desarrolló conforme a las etapas tipificadas en el Reglamento las cuales son las siguientes:

- Etapa 1. Coordinación previa con los actores involucrados
- Etapa 2. Convocatoria
- Etapa 3. Inscripción en los programas de inducción
- Etapa 4. Realización de la inducción
- Etapa 5. Taller para la presentación de la propuesta del plan de monitoreo
- Etapa 6. Ejecución del monitoreo ambiental participativo
- Etapa 7. Taller para la presentación de los resultados del monitoreo realizado

En la Tabla 5-2, se muestra la cantidad de personas por género que participaron en cada una de las etapas de la EAT en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani, durante el 2017 y 2018. Las actas y listas de asistencia se detallan en el Anexo 4.

Tabla 5-2. Participación ciudadana de acuerdo con la ejecución de las etapas de la EAT en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission

Etapa	Fecha	Participantes		Fecha	Participantes		Total
	2017	hombres	mujeres	2018	hombres	mujeres	
Etapa preliminar Visita de reconocimiento (A)	Del 18 al 23 de junio de 2017	---	---	---	---	---	---
Etapa 1 Coordinación previa con los actores involucrados	Del 18 al 23 de junio de 2017	18	5	Del 31 de enero al 6 de febrero de 2018	9	0	32
Etapa 2 Convocatoria(B)	Del 9 al 12 de julio de 2017	51	25	---	---	---	76
Etapa 3							

**Tabla 6-1.** Referencias para el muestreo de la calidad de agua superficial en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission

Componente ambiental	Referencia	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Agua superficial	Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales	Capítulo 6	Perú	Autoridad Nacional del Agua	Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA	2016

6.1.2. Ubicación de puntos

Los puntos de muestreo fueron ubicados considerando la información obtenida en la visita de reconocimiento del 2017 y de los instrumentos de gestión ambiental aprobados para el proyecto de exploración minera Corani.

Los recursos hídricos evaluados comprenden las quebradas Unutincoc, Pationhuayco, Huancoruni, Acsanamayu, Yurakjaja, Quelloacocha y Huacollo, así como manantiales encontrados en el área de influencia ambiental del proyecto de exploración minera Corani de Fission.

La primera ejecución se desarrolló en el mes de julio 2017, correspondiente a la época seca, donde se evaluaron un total 3 puntos de muestreo de agua; mientras que, la segunda ejecución se desarrolló en el mes de febrero 2018, correspondiente a la época húmeda, donde se evaluaron un total de 12 puntos de muestreo de agua.

De acuerdo con los criterios señalados para cada época de evaluación, la ubicación y descripción de los puntos de muestreo de agua se presenta en las Tablas 6-2.

Tabla 6-2. Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial (quebradas y manantiales) evaluados en épocas seca y húmeda

N.º	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	QSN4 ^a	325629	8463754	4329	Quebrada Unutincoc, ubicado a 15 m antes de la confluencia con la quebrada Pation Huayco
2	QSN5 ^a	325633	8463749	4350	Quebrada Pation Huayco, ubicado a 17 m antes de la confluencia con la quebrada Unutincoc
3	QHuan1 ^a	325661	8463806	4342	Quebrada Huancoruni, ubicado a 50 m después de la confluencia entre las quebradas Pation Huayco y Unutincoc
4	QAcsa1 ^b	321254	8461593	4287	Quebrada Acsanamayu, ubicado al noroeste de las plataformas de perforación
5	MAcsa1 ^b	321784	8460362	4540	Manantial Acsanamayu, ubicado a 600 m al noroeste de las plataformas
6	MSN2 ^b	321404	8459989	4526	Manantial sin nombre, ubicado a 450 m al oeste de las plataformas
7	MSN3 ^b	321342	8459475	4546	Manantial sin nombre, ubicado a 300 m al oeste de las plataformas
8	MSN4 ^b	321038	8459149	4498	Manantial sin nombre, ubicado a 300 m al oeste de las plataformas
9	QYura1 ^b	320123	8459831	4355	Quebrada Yurakjaja, ubicado aguas abajo de los manantiales sin nombre (MSN2, MSN3 y MSN4)
10	QQuello1 ^b	322583	8460337	4652	Quebrada Quelloacocha, ubicada a 50 m del manantial Quelloacocha, al norte de las plataformas de perforación
11	MQuello1 ^b	322542	8460294	4647	Manantial Quelloacocha, ubicado al norte de las plataformas de perforación



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»

N.º	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
12	QHucac1 ^b	322713	8458624	4533	Quebrada Huacollo, ubicado al este de las plataformas de perforación

a: punto de muestreo considerado en épocas seca (2017) y húmeda (2018). Las altitudes corresponden a lo registrado en el monitoreo del 2018.

b: punto de muestreo considerado en época húmeda (2018).

Nota: la evaluación de la época seca se encuentra detallada en el informe N.º 086-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA.

6.1.3. Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros considerados para evaluar la calidad del agua superficial fueron seleccionados en función de las actividades productivas del área de estudio del proyecto de exploración minera Corani de Fission, se tomaron en cuenta los parámetros relacionados a las características más representativas de los cuerpos de agua.

En los puntos de muestreo se realizaron (*in situ*) mediciones de los parámetros de campo como son: potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), temperatura (T) y potencial óxido-reducción (ORP). En la Tabla 6-3 se muestra los parámetros, y métodos de análisis considerados por los laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Calidad (Inacal), que proporcionaron materiales (coolers, frascos y preservantes) para la evaluación de calidad de agua superficial (2017 y 2018); además de mostrar la cantidad de puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018.

Tabla 6-3. Parámetros evaluados y métodos de análisis, y cantidad de puntos de agua superficial - 2017 y 2018

N.º	Parámetros (mg/L)	Cantidad de puntos muestreados	Método de ensayo de referencia	Laboratorio de ensayo acreditado
Julio 2017 (época seca)				
1	Sólidos suspendidos totales	3	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2540D, 22nd Ed.2012	Inspectorate Services Perú S.A.C.
2	DQO		SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 22nd Ed. 2012	
3	Cloruros		EPA Método 325.3, revisado en marzo de 1983	NSF Envirolab S.A.C.
4	Sulfatos		EPA Método 375.4, revisado en marzo 1983	
5	Carbonatos		SMEWW-APHA-AWWA-WEF part. 4500-CO ₂ , 22nd Ed. 2012.	
6	Bicarbonatos		SMEWW-APHA-AWWA-WEF parte 4500 CO ₂ , 22nd Ed. 2012.	
7	Mercurio total y disuelto		EPA Método 245.7 (validado), febrero 2005	
8	Metales totales y disueltos		EPA Método 200.7, revisado 4.4, mayo 1994	
9	Sulfuros		SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500-S=D, 22nd Ed.2012	
10	Nitrógeno Amoniacal		SMEWW Part 4500-NH ₃ -F, 22nd, Ed 2012	
11	Nitratos		EPA. Método 352.1 Rev. marzo 1983	
12	Nitrógeno Total kjeldahl		SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500 Norg-B (Organic). 22nd Ed. 2012	



Handwritten signature and initials: pc, ab.

Handwritten initials: D, f, x, LPC



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»

N.º	Parámetros (mg/L)	Cantidad de puntos muestreados	Método de ensayo de referencia	Laboratorio de ensayo acreditado
13	Sólidos totales disueltos		SM 2540 C Ed. 22	AGQ Perú S.A.C.
Febrero 2018 (época húmeda)				
14	Carbonato	12	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 b, 22nd Ed. 2012	ALS LS PERÚ S.A.C.
15	Bicarbonato		SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 b, 22nd Ed. 2012	
16	Cloruros		SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CI-B, 22nd Ed. 2012.	
17	Metales disueltos		EPA 6020A, Ver. 1 February 2007	
18	Metales totales		EPA 6020A, Ver. 1 February 2007	
19	Sólidos Totales Disueltos		SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 22nd Ed. 2012	
20	Sólidos Totales Suspendidos		SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	
21	Sulfatos		SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SO4(2) -E, 22nd Ed. 2012	



6.1.4. Equipos utilizados

Antes de salir a campo se realizaron los ajustes y verificaciones de los equipos de monitoreo de agua. En el caso de la presente EAT se emplearon los equipos que se presentan en la Tabla 6-4.

Tabla 6-4. Equipos utilizados para el muestreo de agua superficial en época seca (julio 2017) y en época húmeda (febrero 2018)

N.º	Equipo	Marca	Modelo	Serie
Julio 2017				
1	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU004984
				4HU004985
2	Multiparámetro portátil digital (pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica)	HACH	HQ40d	15050000917
				15050000923
Febrero 2018				
3	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU005019
				4HU004978
4	Multiparámetro portátil digital (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, potencial óxido-reducción)	HACH	HQ40d	15050000896
				15050000921

Una mayor descripción de los equipos listados y aquellos que no se describen, en la tabla anterior, se detalla en el informe N.º 086-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA (Anexo 6) y reporte de campo N.º 004-2018-STECA (Anexo 3).

6.1.5. Aseguramiento de la calidad

De acuerdo con lo señalado en el inciso 6.17 de la Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA, se consideraron dentro del aseguramiento de calidad: blanco de campo (1 muestra), blanco viajero (1 muestra) y duplicados (1 por cada 10 muestras colectadas) para el parámetro metales totales (Tabla 6-5).



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»

Tabla 6-5. Controles de calidad establecidos para agua superficial (2017) y agua superficial y manantiales (2018)

Tipo de control	Número de muestras		Total, de muestras
	2017	2018	
Blanco de campo	1	1	2
Blanco de viajero	1	1	2
Duplicados	1	1	2

6.1.6. Criterios de comparación

Es necesario señalar que las quebradas que recorren la zona a evaluar son: Unutincoc, Pationhuayco, Huancoruni, Acsanamayu, Yurakjaja, Quelloacocha y Huacollo, que de acuerdo al anexo 1 de la Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA «Clasificación de cuerpos de Agua Continentales Superficiales», no poseen categorización alguna. En relación a lo mencionado en la tercera disposición complementaria transitoria de la norma de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (en adelante, ECA para agua), aprobado mediante Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, «... En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del recurso hídrico al que éste tributa, previo análisis de dicha autoridad»; en ese sentido, las quebradas en mención tributan al río Corani, el cual a lo largo de su recorrido es afluente al río San Gabán el cual se encuentra clasificado como Categoría 4, en ese sentido a los resultados obtenidos en las quebradas en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission se compararon con el ECA para agua Categoría 4.

Los puntos de manantiales fueron considerados como agua superficial en amparo del artículo 226º del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, la cual indica que «...Los manantiales como puntos o áreas aflorantes de las aguas subterráneas serán considerados como aguas superficiales para los efectos de evaluación y otorgamientos de derechos de uso de agua, toda vez que para su utilización no se requiere la realización de mecanismos ni obras específicas de extracción».

Los estándares de comparación para agua se detallan en la Tabla 6-6.

Tabla 6-6. Estándares de comparación para agua superficial (incluye manantiales)

Norma vigente y aprobada en el IGA ¹¹ del administrado	Norma referencial
Agua superficial	
Categoría 3 «Riego de vegetales y Bebida de animales», subcategorías Cat3D1 y Cat3D2, de los ECA para agua, Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM	Categoría 4 «Conservación del ambiente acuático-Ríos de la Sierra» (Cat4E2), de los ECA para agua, Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM
Manantiales*	
No aplica	Categoría 4 «Conservación del ambiente acuático-Ríos de la Sierra» (Cat4E2), de los ECA para agua, Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM

*: la comparación de resultados fue de manera referencial.

¹¹ Informe Técnico Sustentatorio (ITS) de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani, aprobado mediante R.D. N.º 249-2015-MEM/DGAAM, con fecha 19 de junio de 2017.



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

6.2. Sedimentos

En los apartados siguientes se muestra la metodología desarrollada para evaluar la calidad del componente sedimentos, consignándose el procedimiento para la toma de muestras, la ubicación de los puntos de muestreo, parámetros y métodos de análisis, equipos utilizados, aseguramiento de la calidad y criterios de comparación.

Para la evaluación de la calidad de sedimentos, se consideró realizar una caracterización del principal cuerpo de agua y sus tributarios (para las evaluaciones realizadas durante el 2017 y 2018), ya contemplados para el componente agua, ubicados en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission.

6.2.1. Guías utilizadas para la evaluación

Debido a que no se cuenta con un protocolo nacional aprobado para la toma de muestras de sedimento, se utilizó a modo referencial, las guías indicadas en la Tabla 6-7.

Tabla 6-7. Referencias para el muestreo de la calidad de sedimentos en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission

Referencia	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Manual técnico Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimento para análisis químicos y toxicológicos de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (<i>Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: technical manual, 2001</i>)	Todas	Estados Unidos	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	---	2001
Procedimiento de Operación Estándar – Standard Operating Procedure (SOP). #2016, Muestreo de Sedimento, de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos ¹²					2003

6.2.2. Ubicación de puntos

Los puntos de muestreo para la evaluación de calidad de sedimentos, evaluados en el 2017 y 2018, se localizaron en los mismos puntos de muestreo de calidad de agua superficial, concretamente en los ubicados sobre las orillas de las quebradas Unutincoc, Pationhuayco, Huancoruni, Acsanamayu, Yurakjaja, Quelloacocha y Huacollo. La relación de puntos de muestreo se presenta en la Tabla 6-8.

La primera ejecución se desarrolló en el mes de julio 2017 correspondiente a la época seca, donde se evaluaron un total de 3 puntos de muestreo para la evaluación de los sedimentos. Mientras que, la segunda ejecución se desarrolló en el mes de febrero 2018 correspondiente a la época húmeda, donde se evaluaron un total de 5 puntos de muestreo para la evaluación de los sedimentos.

¹² Environmental Protection Agency (EPA). Standard Operating Procedure-SOP #2016, Sediment Sampling https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/r8-src_eh-Q2.pdf

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
OEFA



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

Tabla 6-8. Ubicación de puntos de muestreo de sedimentos evaluados en época seca (setiembre 2017) y en época húmeda (febrero 2018)

N.º	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	SED-QSN4 ^a	325629	8463754	4329	Quebrada Unutincoc, ubicado a 15 m antes de la confluencia con la quebrada Pantion Huayco
2	SED-QSN5 ^a	325633	8463749	4350	Quebrada Pantion Huayco, ubicado a 17 m antes de la confluencia con la quebrada Unutincoc
3	SED-QHuan1 ^a	325661	8463806	4342	Quebrada Huancoruni, ubicado a 50 m después de la confluencia entre las quebradas Pantion Huayco y Unutincoc
4	SED-QAcsa1 ^b	321254	8461593	4287	Quebrada Acsanamayu, ubicado al noroeste de las plataformas de perforación
5	SED-QYura1 ^b	320123	8459831	4355	Quebrada Yurakjaja, ubicado aguas abajo de los manantiales sin nombre (MSN2, MSN3 y MSN4)

a: Puntos de muestreo considerados en época húmeda y seca (2017 y 2018)

b: Puntos de muestreo considerado en época húmeda (2018)

Nota: la evaluación de la época seca se encuentra detallada en el informe N.º 086-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA.

6.2.3. Parámetros y métodos de análisis

Para la selección del parámetro a analizar, se priorizó en función a la actividad minera, siendo los metales totales los que se evaluaron en ambas campañas.

En la Tabla 6-9 se muestra los parámetros, y métodos de análisis considerados por los laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Calidad (Inacal), que proporcionaron materiales (coolers, frascos y preservantes) para la evaluación de calidad de sedimentos (2017 y 2018); además de mostrar la cantidad de puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018.

Tabla 6-9. Parámetros evaluados y métodos de análisis, y cantidad de puntos de muestreo de sedimentos – 2017 y 2018

Nº	Parámetros (mg/kg PS)	Cantidad de puntos muestreados	Método de ensayo de referencia	Laboratorio de ensayo acreditado
Julio de 2017 (época seca)				
1	Metales totales	3	EPA Método 200.8, Revisión 5.4. 1994	AGQ Perú S.A.C.
Febrero de 2018 (época húmeda)				
2	Metales totales	5	EPA 200.8, Rev 5.4, 1994	J. Ramón del Perú S.A.C.

PS: peso seco

6.2.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para el muestreo de sedimentos en épocas seca y húmeda, para la EAT en campo (*in situ*) se muestran en la Tabla 6-10.

Tabla 6-10. Equipos utilizados para el muestreo de sedimentos en época seca (julio 2017) y en época húmeda (febrero 2018)

N.º	Equipo	Marca	Modelo	Serie
Julio 2017				
1	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU004984
				4HU004985
Febrero 2018				
2	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU005019 4HU004978



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

Una mayor descripción de los equipos listados y aquellos que no se describen, en la tabla anterior, se detalla en el informe N.º 086-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA (Anexo 6) y reporte de campo N.º 004-2018-STECC (Anexo 3).

6.2.5. Aseguramiento de la calidad

Debido a que no se cuenta con un protocolo nacional para el monitoreo y evaluación de sedimentos se tomó los mismos criterios de aseguramiento de agua, como duplicado hasta el 10 % del total de muestras a ser analizadas para el parámetro metales totales.

6.2.6. Criterios de comparación

Debido a que el Perú aún no cuenta con estándares nacionales de calidad ambiental para sedimentos, para el caso de los resultados de concentraciones de metales en sedimentos, estos fueron comparados referencialmente con los valores de los estándares de la guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales (*Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life – CEQG-SQG, 2002*). En la Tabla 6-11, se muestran los valores de calidad para sedimentos de agua continental para siete metales, los cuales son: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc.

Los CEQG-SQG establecen dos tipos de valores límites: (i) *Interim Sediment Quality Guidelines (ISQG)*, que corresponde al nivel por debajo del cual no se esperan efectos biológicos adversos, y (ii) *Probable Effect Level (PEL)*, que corresponde al nivel de concentración química más bajo que -usualmente o siempre- está asociado a efectos biológicos adversos (Tabla 6-11).

Tabla 6-11. Valores estándares de comparación para metales en sedimentos de agua continental

Parámetro	Norma Canadiense (CEQG-SQG)	
	ISQG (mg/kg)	PEL (mg/kg)
Arsénico	5,9	17
Cadmio	0,6	3,5
Cobre	35,7	197
Cromo	37,3	90
Mercurio	0,17	0,486
Plomo	35	91,3
Zinc	123	315

Fuente: *Canadian Council of Ministers of the Environmental - CCME (1999, actualizado en 2002)*.

6.3. Nivel de fondo

Esta sección proporciona las metodologías aplicadas para la evaluación de calidad del suelo en área de potencial afectación.

El desarrollo de la metodología servirá para identificar, si los suelos evaluados podrían ser alterados por la actividad o son propias de las características naturales del sitio, realizando niveles de fondo.

6.3.1. Guía utilizada para la evaluación

El muestreo de suelo consideró los tipos de muestreo (sección 1.3), la determinación de puntos de muestreo (sección 5) y el anexo N.º 2 de la Guía para muestreo de



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



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

suelos, aprobada el 9 de abril de 2014, mediante Resolución Ministerial N.º 085-2014-MINAM, por el Ministerio del Ambiente (Minam).

6.3.2. Ubicación de puntos

Para determinar los puntos de muestreo de suelo para nivel de fondo se consideró el tipo de suelo, capacidad de uso mayor de suelos y geología. Asimismo, se tuvo en cuenta el uso actual de los suelos, ya que, en algunos casos existen zonas de uso agrícola que tienen distintos tipos de suelo y geología. La ubicación de puntos de muestreo por tipo de suelo se detalla en la Tabla 6-12.

Para determinar las zonas donde se establecieron los puntos de muestreo de nivel de fondo se consideró el tipo de suelo y la geología regional. Los puntos de nivel de fondo se establecieron en zonas próximas de los futuros componentes mineros del proyecto Corani, los cuales están establecidos en la asociación Jarapamapa – Huanca Huanca Oquecaja (Ja-HH) y en la unidad geológica familia Quenamari miembro Yapamayo; la asociación Jarapamapa – Huanca Huanca Oquecaja (Ja-HH), está conformada por las siguientes consociaciones:

- Consociación Jarapampa (Ja) está conformada predominantemente por el suelo Jarapampa (*Typic ustorthents*), presentes en laderas empinadas de colinas y montañas, compuestos de material residual y relieves ondulados. Son suelos muy pedregosos, presentan vegetación de pastos naturales. Su erosión es muy ligera. Se presentan en las fases por pendiente: empinada (40 – 60 %). Es un suelo profundo de color negro sobre gris rojizo claro a pardo rojizo; textura media (franco) en las capas superficiales, textura fina (arcilloso) en la capa intermedia y textura gruesa (arenosa) en la capa más profunda, además presenta buen drenaje. Este suelo presenta una reacción extremada a fuertemente ácida (pH 4,10 – 5,20).
- Consociación Huanca Huanca – Oquecaja (HH) está conformada predominantemente por el suelo Huanca Huanca – Oquecaja (*Humic Dystrustepts*), presentes en laderas inclinadas, conformadas por material residual en relieve ondulado. Libre de pedregrosidad superficial, vegetación de gramíneas de porte bajo, su erosión es muy ligera. Se presenta en fases por pendiente: fuertemente inclinada (15 – 25 %). Este es un suelo profundo, color rojo sobre pardo amarillento oscuro a grisáceo en la capa más profunda; textura moderadamente fina (franco) en las capas superficiales a textura gruesa (arena franca) en las capas más profundas; presenta drenaje moderado; este suelo presenta una reacción extremada a muy fuertemente ácida (pH 4,37 – 4,81).

Tabla 6-12. Ubicación de puntos de muestreo de suelo evaluados

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS 84 Zona - 19		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	SUE-FIS1ª	322750	8459804	4680	Ubicado en zona de pastoreo entre la primera y segunda campaña del proyecto de exploración minera Corani



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin

Vertical handwritten notes and signatures at the bottom 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»

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS 84 Zona - 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
2	SUE-FIS2 ^a	322770	8459824	4679	Ubicado en zona de pastoreo entre la primera y segunda campaña del proyecto de exploración minera Corani
3	SUE-FIS3 ^a	322789	8459858	4675	Ubicado en zona de pastoreo entre la primera y segunda campaña del proyecto de exploración minera Corani
4	SUE-FIS4 ^a	322866	8459930	4670	Ubicado en zona de pastoreo entre la primera y segunda campaña del proyecto de exploración minera Corani
5	SUE-FIS5 ^a	323895	8461065	4624	Ubicado en zona de pastoreo entre la primera y segunda campaña del proyecto de exploración minera Corani
6	SUE-FIS6 ^a	323844	8461040	4622	Ubicado en zona de pastoreo entre la primera y segunda campaña del proyecto de exploración minera Corani
7	SUE-FIS7 ^a	323706	8461436	4619	Ubicado en zona de pastoreo entre la primera y segunda campaña del proyecto de exploración minera Corani
8	SUE-FIS8 ^a	323751	8461413	4622	Ubicado en zona de pastoreo entre la primera y segunda campaña del proyecto de exploración minera Corani
9	SUE-FIS9 ^a	325417	8463029	4546	Ubicado en zona de pastoreo dentro del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani
10	SUE-FIS10 ^a	325378	8463040	4548	Ubicado en zona de pastoreo dentro del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani
11	SUE-FIS11 ^a	325258	8462785	4550	Ubicado en zona de pastoreo dentro del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani
12	SUE-FIS12 ^a	325295	8462772	4550	Ubicado en zona de pastoreo dentro del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani
13	NFF-01 ^b	321536	8459278	4699	Ubicado en zona de pastoreo dentro del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani
14	NFF-02 ^b	321519	8459303	4674	Ubicado en zona de pastoreo dentro del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani
15	NFF-03 ^b	321947	8459304	4661	Ubicado en zona de pastoreo dentro del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani
16	NFF-04 ^b	321463	8459318	4643	Ubicado en zona de pastoreo dentro del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani
17	NFF-05 ^b	321442	8459323	4632	Ubicado en zona de pastoreo dentro del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani
18	NFF-06 ^b	321414	8459334	4611	Ubicado en zona de pastoreo dentro del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani
19	NFF-07 ^b	324889	8463144	4530	Ubicado en zona de pastoreo dentro del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani
20	NFF-08 ^b	324863	8463137	4530	Ubicado en zona de pastoreo dentro del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani
21	NFF-09 ^b	324851	8463113	4534	Ubicado en zona de pastoreo dentro del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani
22	NFF-10 ^b	324823	8463100	4540	Ubicado en zona de pastoreo dentro del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani
23	NFF-11 ^b	324811	8463087	4543	Ubicado en zona de pastoreo dentro del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani



Handwritten signature and initials on the left margin



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

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS 84 Zona - 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
24	NFF-12 ^b	324795	8463068	4551	Ubicado en zona de pastoreo dentro del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani
25	NFF-13 ^b	324887	8463978	4550	Ubicado en zona de pastoreo dentro del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani
26	NFF-14 ^b	324878	8463001	4550	Ubicado en zona de pastoreo dentro del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani

a: Puntos de muestreo considerados en temporada seca (2017) en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission Energy Perú S.A.C.

b: Puntos de muestreo considerados en temporada húmeda (2018) en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission Energy Perú S.A.C.

Nota: la evaluación de la época seca se encuentra detallada en el informe N.º 086-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA.



6.3.3. Parámetros y métodos de análisis

La Tabla 6-13 muestra los parámetros, y métodos de análisis considerados por los laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Calidad (Inacal), que proporcionaron materiales (coolers y bolsas con cierre hermético) para la evaluación de calidad de suelos para muestreo de nivel de fondo (2017 y 2018); además muestra la cantidad de puntos de muestreo evaluados en 2017 y 2018.

Tabla 6-13. Parámetros evaluados y métodos de análisis, y cantidad de puntos de muestreo de suelos – 2017 y 2018

N.º	Parámetros (mg/kg PS)	Cantidad de puntos muestreados	Método de ensayo de referencia	Laboratorio de ensayo acreditado
Julio de 2017 (época seca)				
1	Metales totales	12	EPA Method 200.8 Rev 5.4 (1994)	AGQ Perú S.A.C.
Mayo 2018 (época seca)				
2	Metales totales	14	EPA 3050 B: 1996 / EPA 6010 B: 1996	ALS LS PERÚ S.A.C.
3	Mercurio total		EPA 7471 B, Rev 2, February 2007	

PS: Peso seco.

6.3.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para el muestreo de suelos en épocas seca (2017 y 2018) para la presente EAT se detallan en la Tabla 6-14.

Tabla 6-14. Equipos utilizados para el muestreo de suelos en épocas seca (julio 2017 y mayo 2018)

Equipos	Marca	Modelo	Serie
2017			
Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Oregon 650	62051001043
2018			
Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU004995 4HU005171

Una mayor descripción de los equipos listados y aquellos que no se describen, en la tabla anterior, se detalla en el informe N.º 086-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA (Anexo 6) y reporte de campo N.º 004-2018-STE (Anexo 3).



6.3.5. Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad consistió en realizar muestras duplicados, ocho en el 2017 y dos en el 2018, el parámetro analizado fue metales totales con la finalidad de garantizar datos fiables y comparables.

6.3.6. Procesamiento de datos

El procesamiento de datos se realizó de la siguiente manera:

Primero, se procesaron el total de datos reportados por el laboratorio, para cada metal. Posteriormente se identificaron los valores por debajo del límite inferior de cuantificación (valores censurados) y también se identificaron los valores perdidos, los cuales fueron remplazados por valores estimados mediante el uso del programa R-Studio. Mediante el test de Dixon (1953) y el test de Rosner (1975) con la finalidad de identificar los valores anómalos.

Segundo, se procesaron los datos que estuvieron por debajo del límite de cuantificación mediante un método estadístico robusto (Kaplan-Meier, 1958), que sustituyó los valores no detectados con valores que coincidieron con la distribución del conjunto de datos (Klee, 2014).

Finalmente, se determinó el comportamiento de cada variable (metales), mediante el tratamiento estadístico univariante¹³ del conjunto de datos por tipo de suelo y por tipo de metal, mediante el software ProUCL 5.0 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), para obtener los valores de nivel de fondo y referencia.

Las variables analizadas fueron: aluminio (Al), antimonio (Sb), arsénico (As), bario (Ba), berilio (Be), bismuto (Bi), boro (B), cadmio (Cd), calcio (Ca), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), estaño (Sn), estroncio (Sr), fósforo (P), hierro (Fe), litio (Li), magnesio (Mg), manganeso (Mn), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), plomo (Pb), potasio (K), selenio (Se), silicio (Si), sodio (Na), talio (Tl), titanio (Ti), vanadio (V) y zinc (Zn).

6.4. Comunidades hidrobiológicas

En los apartados siguientes se muestra información acerca de la evaluación de las comunidades hidrobiológicas (perifiton y macroinvertebrados bentónicos) consignándose el procedimiento para la toma de muestras, la ubicación de los puntos de muestreo, parámetros y métodos de análisis, equipos utilizados, aseguramiento de la calidad y criterios de comparación.

6.4.1. Guía utilizada para la evaluación

La metodología aplicada en la evaluación de las comunidades hidrobiológicas tuvo como base la guía «Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú»¹⁴, donde se establecen los criterios técnicos y lineamientos generales a aplicarse, como la logística mínima necesaria, establecimiento de los

¹³ El tratamiento estadístico univariante consiste en un análisis descriptivo de cada una de las variables, mediante la estimación de estadísticos de tendencia central, distribución de frecuencias y estadísticos de dispersión.

¹⁴ Ministerio del Ambiente (MINAM). (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Lima. Por Samanez, V.I., Rimarachín, C.V., Palma, G.C., Arana, M.J., Ortega, T.H., Correa, R.V. & Hidalgo, D.M.



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

puntos de muestreo, preparación de materiales, equipos en indumentaria de protección, procedimiento para la toma de muestras, preservación, almacenamiento, conservación y transporte de muestras, entre otros.

6.4.2. Ubicación de puntos

Los puntos de muestreo de se establecieron considerando los recursos hídricos superficiales más representativos, en ambientes lóticos (quebradas). La descripción y ubicación de los puntos de muestreo evaluados en julio 2017 (época seca) y febrero 2018 (época húmeda) se presentan en la Tabla 6-15.

Tabla 6-15. Ubicación de puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas evaluados en épocas seca (2017) y húmeda (2018)

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	HID-QYura1 ^a	320123	8459831	4355	Quebrada Yurakjaja, ubicado aguas debajo de los manantiales sin nombre (MSN2, MSN3 y MSN4)
2	HID-QAcsa1 ^a	321254	8461593	4287	Quebrada Acsanamayu, ubicado al noroeste de las plataformas de perforación
3	HID-QHuaco1 ^a	322713	8458624	4533	Quebrada Huacollo, ubicado al este de las plataformas de perforación
4	HID-QQuello1 ^a	322583	8460337	4652	Quebrada Quelloacocha, ubicada a 50 m del Manantial Quelloacocha, al norte de las plataformas de perforación
5	HID-QSN5 ^b	325633	8463749	4350	Quebrada Pantion Huayco, ubicado a 17 m antes de la confluencia con la Quebrada Unutincoc
6	HID-QSN4 ^b	325629	8463754	4329	Quebrada Unutincoc, ubicado a 15 m antes de la confluencia con la Quebrada Pantion Huayco
7	HID- QHuan1 ^b	325661	8463806	4342	Quebrada Huancoruni, ubicado a 50 m después de la confluencia entre las Quebradas Pantion Huayco y Unutincoc

a: Puntos de muestreo considerado en época húmeda (2018)

b: Puntos de muestreo considerados en época seca y húmeda (2017 y 2018)

Nota: La evaluación de la época seca se encuentra en el informe N.º 086-2017-OEFA-DE-SDCA-CMVA

6.4.3. Parámetros y métodos de análisis

En esta sección se detallan las comunidades hidrobiológicas muestreadas, los parámetros analizados y los métodos empleados para el análisis de las muestras, según el parámetro a determinar, como se especifica en la Tabla 6-16.



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

Tabla 6-16. Parámetros evaluados y métodos de análisis, y cantidad de puntos de comunidades hidrobiológicas – 2017 y 2018

N.º	Parámetro	Unidad	Cantidad de puntos muestreados	Método de ensayo de referencia	Laboratorio de ensayo acreditado
Julio de 2017 (época seca)					
1	Macroinvertebrados bentónicos	Organismos/ 0,27 m ²	3	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 500 C, 22nd Ed. 2012	OEFA*
2	Perifiton	Organismos/ cm ²	3	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 300 C, 22nd Ed. 2012	OEFA*
Febrero de 2018 (época húmeda)					
4	Macroinvertebrados bentónicos	Organismos/ 0,27 m ²	7	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 500 C, 22nd Ed. 2012	OEFA*
6	Perifiton	Organismos/ cm ²	7	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 300 C, 22nd Ed. 2012	

* Las muestras fueron evaluadas por especialistas taxónomos de la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA. SMEWW: Estándar Métodos para la Examinación de Agua y Agua Residuales.

6.4.4. Equipos utilizados

Antes de salir a campo, se realizaron los ajustes y verificaciones de los equipos de monitoreo de agua. En el caso de la presente EAT se emplearon los equipos que se presentan en la Tabla 6-17.

Tabla 6-17. Equipos utilizados para el muestreo de comunidades hidrobiológicas en época seca (julio 2017) y en época húmeda (febrero 2018)

N.º	Equipo	Marca	Modelo	Serie
Julio 2017				
1	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU004984 4HU004985
2	Multiparámetro portátil digital (pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica)	HACH	HQ40d	150500000917 150500000923
Febrero 2018				
3	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU005019 4HU004978
4	Multiparámetro portátil digital (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, potencial óxido-reducción)	HACH	HQ40d	150500000896 150500000921

Una mayor descripción de los equipos listados y aquellos que no se describen, en la tabla anterior, se detalla en el informe N.º 086-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA (Anexo 6) y reporte de campo N.º 004-2018-STEC (Anexo 3).

6.4.5. Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad en la colecta de las comunidades hidrobiológicas y su posterior análisis se basa en las indicaciones descritas en la publicación «Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú», de las secciones 4.3 Aseguramiento de la calidad (perifiton) y 5.3 Aseguramiento de la calidad (macroinvertebrados bentónicos).



6.4.6. Procesamiento de datos

Para el análisis de los resultados obtenidos en la evaluación de comunidades hidrobiológicas, se procedió a caracterizar las comunidades del perifiton y macroinvertebrados bentónicos, teniendo en cuenta lo presentado a continuación.

6.4.6.1. Composición, riqueza y abundancia

Se representó la clasificación taxonómica (phylum, clase, orden, familia y especie) de las comunidades de perifiton (microalgas y microorganismos) y de macroinvertebrados bentónicos evaluados en los ambientes lóticos correspondientes al área de influencia del proyecto de exploración minera Corani. Esta clasificación taxonómica se encuentra en los anexos del presente informe (Anexo 2).

La evaluación de la riqueza y densidad (abundancia) de las comunidades de perifiton (microalgas y microorganismos) se desarrollaron en base a la categoría taxonómica phylum. La evaluación de la riqueza y la abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos se desarrolló en base a la categoría taxonómica orden.

Es necesario indicar que los resultados de abundancia se analizaron en base a la densidad de la muestra, representándose los resultados para perifiton (microalgas y microorganismos) en organismos/cm² y para macroinvertebrados bentónicos en organismos/muestra.

6.4.6.2. Diversidad alfa

La diversidad alfa está relacionada al número de especies de un grupo indicador que se encuentra en una determinada estación o área que puede variar mucho de un lugar a otro, aún dentro de un mismo tipo de comunidad y en un mismo ecosistema (Moreno y Halffter, 2000).

- **Números de Hill (diversidad verdadera)**

Los índices de diversidad verdadera son modificaciones de los índices comunes de Shannon (H') y Simpson (D) con la finalidad de ajustar la sensibilidad para determinar el comportamiento de la diversidad. En base a esta modificación, se empezó a hacer uso el término «números efectivos de especies», que son las unidades de medición de la diversidad verdadera (Moreno *et al.*, 2011). De ese modo, los datos obtenidos de las comunidades hidrobiológicas se analizan con números efectivos de especies (Hill, 1973; Jost, 2006).

Para la evaluación de diversidad de especies (diversidad alfa) se utilizaron los índices de diversidad verdadera (números de Hill) en base al número de especies de cada punto de muestreo para cada comunidad hidrobiológica. Para ello, se usó la variable N1 como la modificación del índice Shannon-Wiener (H') (Jost, 2006) que tiene como fórmula:

$$N1 = exp(H') \tag{6.1}$$

Donde:

H': índice de Shannon-Wiener

Por otro lado, se usó la variable N2 como la modificación del índice de Simpson (D) (Jost, 2006) que tiene como fórmula:

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»

$$N2 = \frac{1}{\text{Índice de Simpson}} \quad (6.2)$$

Por último, se desarrolló el índice de equidad de Pielou, el cual mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Pielou, 1975). Su fórmula es la que se indica a continuación:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \quad (6.3)$$

Donde:

- J': índice de equidad de Pielou
- H': índice de diversidad de Shannon-Wiener
- H' max: Ln(S)
- S: número de especies

6.4.6.3. Diversidad beta

Para la evaluación de diversidad beta se utilizó el coeficiente de similitud de Bray Curtis en base a la similitud de especies entre puntos de muestreo para cada comunidad hidrobiológica.

Para determinar el índice de Bray Curtis se empleó la fórmula:

$$B = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S |X_{ij} - X_{ik}|}{\sum_{i=1}^S [X_{ij} + X_{ik}]} \quad (6.4)$$

Donde:

- B: medida de Bray Curtis entre las muestras j y k
- X_{ij}: número de individuos de la especie i en la muestra j
- X_{ik}: número de individuos de la especie i en la muestra k
- S: número de especies

Para facilitar el análisis de los valores de similitud de manera visual, se procedió a la elaboración de dendogramas mediante la unión de pares promedio (Sokal y Michener, 1958; Crisci y López, 1983) utilizando el programa estadístico PAST (Hammer *et al.*, 2001). Esa gráfica resume la similitud de las especies entre dos puntos de muestreo.

6.4.6.4. Calidad ecológica según los macroinvertebrados bentónicos

La calidad ecológica en los distintos sectores evaluados se realizó a través del índice biótico *Andean Biotic Index* (denominado como ABI por sus siglas en inglés) y el protocolo de calidad ecológica de ríos altoandinos simplificado (CERA-S).

- **Calidad ecológica de ríos altoandinos (CERA-S)**

El protocolo CERA-S da como resultado el estado ecológico de los ríos mediante la combinación de la valoración hidromorfológica (Tabla 6-18) y la calidad biológica (macroinvertebrados bentónicos). La base del protocolo es la valoración de la calidad biológica del río y las características de su entorno y su representación mediante una combinación sencilla de colores que permite, a quien no tiene una formación científica



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



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

especializada, observar rápidamente cual es el estado de salud de un río (Encalada et al., 2011).

Tabla 6-18. Características y puntuaciones hidromorfológica según el protocolo CERA-S

Table with 4 columns: Características, Presencia o tipo, Puntuación. Rows include: Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera (Paramo o puna, Bosque), Continuidad de la ribera, Conectividad de la vegetación de ribera con otros elementos del paisaje adyacentes, Presencia de basura y escombros, Naturalidad del canal fluvial, Composición del sustrato*, Regímenes de la velocidad y profundidad del río**, Elemento de heterogeneidad.



Handwritten blue ink notes and signatures on the left margin.



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

Características y puntuaciones hidromorfológica		
Características	Presencia o tipo	Puntuación
	Vegetaciones acuáticas sumergidas (Algas)	1

*: se suman cada tipo de sustrato.

** : se suma cada tipo y si están las 4 opciones se suma 1 adicional.

La sumatoria obtenida se compara con la tabla de «calidad hidromorfológica» (Tabla 6-19).

Tabla 6-19. Calidad hidromorfológica acuerdo a la puntuación del protocolo CERA-S

Puntuación hidromorfológica	Estado ecológico
>35	Excelente
29 – 35	Bueno
21 – 28	Moderada
11 – 20	Mala
0 – 10	Pésima

En la Tabla 6-20 están clasificados los invertebrados indicadores de calidad más comunes presentes en los ríos altoandinos, lo cual se obtiene la calidad biológica mediante la presencia o ausencia de los macroinvertebrados.

Tabla 6-20. Calidad biológica de acuerdo a la puntuación del protocolo CERA-S

Presencia de macroinvertebrados bentónicos					Calidad biológica
Blephariceridae	Plecoptera	Leptoceridae	Limnephilidae	Leptophlebiae	Excelente*
Hyaella	Elmidae	Scirtidae	Hidrobiosidae	Leptohyphydae	Bueno**
Chironomidae verde	Simuliidae	Hirudinea	Gateropoda	Baetidae	Moderada ***
Chironomidae rojo	Syrphyidae	Oligochaeta			Mala****
Sin vida					Pésima*****

*: solo si encuentras al menos dos de los invertebrados de la fila azul.

** : solo si encuentras como mínimo dos invertebrados de la fila verde o uno de la azul y otro del verde o amarillo.

***: si encuentras solo uno de la fila verde y uno amarillo, o dos de la fila amarillo.

****: si encuentras solo un invertebrado de la fila azul, verde o amarillo con otros de la fila naranja, o solo dos naranjas.

*****: si solo encuentras un tipo de invertebrado o ninguno.

La calidad ecológica se obtiene mediante la recombinación de la calidad hidromorfológica y la calidad biológica, lo cual en la Tabla 6-21 se observa el patrón de la recombinación entre las diferentes calidades.

Tabla 6-21. Calidad ecológica: recombinación entre la calidad hidromorfológica y biológica según el protocolo CERA-S

Recombinación de las calidades	Calidad biológica				
	Excelente	Bueno	Moderada	Mala	Pésima
Calidad hidromorfológica	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
	Mala	Mala	Mala	Mala	Mala
	Pésima	Pésima	Pésima	Pésima	Pésima

En la Tabla 6-22 se obtiene el resultado final de las diferentes calidades ecológicas según el protocolo CERA-S, después de la recombinación de la calidad hidromorfológica y la calidad biológica.



Handwritten notes and signatures on the left margin

Handwritten notes and signatures at the bottom left



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

Tabla 6-22. Calidad ecológica según el protocolo CERA-S

Table with 2 columns: Quality level and corresponding color. Levels: Excelente (blue), Bueno (green), Moderada (yellow), Mala (orange), Pésima (red).

Índice Biótico Andino (Andean Biotic Index - ABI)

La calidad de los hábitats acuáticos en los distintos grupos evaluados se realizó a través del ABI (índice biótico andino en inglés Andean Biotic Index). Este índice fue desarrollado para ríos altoandinos (sobre los 2000 m s. n. m.) y se obtiene sumando los valores de sensibilidad de cada familia de macroinvertebrados bentónicos presente en cada punto de muestreo (Tabla 6-23). Cabe indicar que índice ABI, forma parte de un protocolo de evaluación de la Calidad Ecológica de los Ríos Andinos (CERA) (Acosta et al., 2009).

Tabla 6-23. Puntajes de sensibilidad asignadas a las familias de macroinvertebrados bentónicos para la obtención del índice ABI

Table with 6 columns: Orden / Clase, Familia, Puntaje, Orden / Clase, Familia, Puntaje. Lists various insect families and their assigned sensitivity scores.



Handwritten notes and signatures on the left margin, including 'D.', 'f', 'X', and 'LRC'.



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

Orden / Clase	Familia	Puntaje	Orden / Clase	Familia	Puntaje
	Philopotamidae	8			

Fuente: Acosta *et al.*, 2009

La sumatoria obtenida se compara con la tabla de «estados de calidad ecológica de agua» (Tabla 6-24) propuesta por (Acosta *et al.*, 2009).

Tabla 6-24. Estado de la calidad ecológica del agua según el ABI en Perú

Estado de la calidad ecológica	ABI	Color
Muy bueno	>74	Azul
Bueno	45 – 74	Verde
Moderado	27 – 44	Amarillo
Malo	11 – 26	Naranja
Pésimo	<11	Rojo

6.5. Evaluación hidroquímica

La evaluación de los aspectos químicos del agua y los tipos de reacciones que ocurren en este medio, consideró la totalidad de los resultados de agua (quebradas y manantiales) ubicados en el área de estudio. Es importante mencionar que Custodio y Llamas (1976) considera que los análisis de calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonatos, sulfatos, cloruros y parámetros de campo como la conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto y pH, son suficientes para el estudio de los principales procesos químicos en la mayoría de acuíferos y sistemas hidrológicos.

Pulido (2014) define a un manantial como la surgencia de agua subterránea a la superficie, procedente de un acuífero; bajo este criterio técnico, para la evaluación hidroquímica, los manantiales se consideran como fuentes de agua subterránea.

6.5.1. Ubicación de puntos

Los puntos de muestreo considerados en esta sección corresponden a los puntos en quebradas y manantiales evaluados durante el 2017 y 2018 (Tabla 6-2).

En julio de 2017 (en adelante, época seca), se evaluaron un total 3 puntos de muestreo para los cuerpos de quebradas; mientras que, la segunda ejecución se desarrolló en febrero de 2018 (en adelante, época húmeda), donde se evaluaron un total de 12 puntos de muestreo, de los cuales 7 fueron quebradas y 5 fueron manantiales.

6.5.2. Procesamiento de datos

El procesamiento de datos se realizó de la siguiente manera:

6.5.2.1. Balance iónico

Se inicia con el control de calidad de los resultados reportados por el laboratorio, que consiste en realizar el balance iónico (BI), este análisis se basa en el equilibrio porcentual de cargas en las muestras. Cuando las sales se disuelven en agua para formar iones, los aniones son atraídos al polo positivo del agua mientras que los cationes son atraídos al polo negativo (Arnórsson, 2000).

$$BI = 100 * \frac{\sum \text{Cationes} - \sum \text{Aniones}}{\sum \text{Cationes} + \sum \text{Aniones}} \quad (6.5)$$



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

Handwritten notes and signatures in blue ink at the bottom left corner, including the letters 'D.', 'F.', 'T.', and 'LPC'.



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

Para los rangos de error aceptables se ha tomado de referencia lo planteado por Custodio y Llamas (1976) basado en el valor de conductividad eléctrica (Tabla 6-25).

Tabla 6-25. Valores aceptables de error aceptable en función de la conductividad eléctrica

Conductividad Eléctrica (µs/cm)	50	200	500	2000	>2000
Error aceptable (%)	±30	±10	±8	±4	±4

Fuente: tomado de Custodio y Llamas, 1976.

6.5.2.2. Selección de la serie analítica

Se seleccionó la serie analítica con la finalidad de describir las propiedades de los componentes hidroquímicos del agua. Los parámetros analizados fueron los siguientes:

- Parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y bicarbonatos.
- Parámetros Inorgánicos: sulfatos y cloruros.
- Metales totales y metales disueltos: Al, Ag, Sb, As, Be, Ba, B, Bi, Cd, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Hg, Se, Si, Sn, Sr, Tl, Ti, V y Zn, siendo estos los principales (serie estándar para metales totales y disueltos).



6.5.2.3. Diagramas hidroquímicos

El análisis de resultado comprendió la elaboración de diagramas hidroquímicos que permitan caracterizar las aguas en función a su concentración de sales, predominancia catiónica y aniones (tipo de agua) e interacción con la parte orgánica y roca.

Para la obtención de los diagramas hidroquímicos (facies e índices) se utilizó el software libre Aqion versión 6.2.6 y Diagrammes.

- **Diagrama de Stiff**

Esta gráfica está compuesta por tres ejes horizontales, cada uno de ellos uniendo un catión y un anión. Todos los cationes se disponen al costado izquierdo del diagrama, y los aniones al derecho. Siempre el Na⁺ se confronta con el Cl⁻, el Ca⁺² con el HCO₃⁻ y el Mg⁺² con el SO₄⁻² (a veces también se pueden mostrar otros dos iones, como el Fe⁺² contra el NO₃). Todos los ejes horizontales están a la misma escala (lineal) y las concentraciones están dadas en meq/L.

Dos características sobresalen en este tipo de diagrama: por un lado, permite visualizar claramente diferentes tipos de agua (cada una con una configuración particular) y, en forma simultánea, permite dar idea del grado de mineralización (ancho de la gráfica). En la Figura 6-1 se muestran algunas apreciaciones de este diagrama que caracterizan varios tipos de aguas.

También los diagramas de Stiff se presentarán en un mapa el mismo que tomará la denominación de mapa hidroquímico, con lo que se visualizará la variación espacial de la mineralización del agua en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission.

Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a large signature and the letters 'LRC' at the bottom.



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

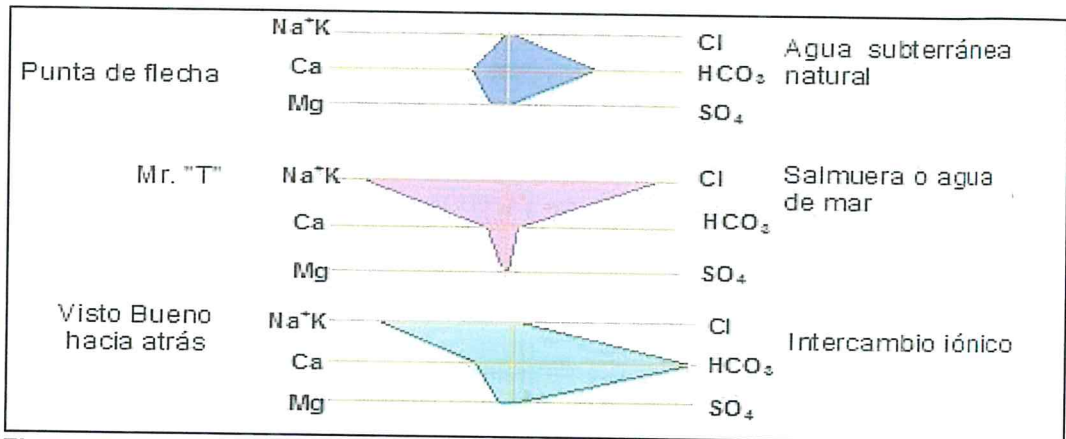


Figura 6-1. Diagrama de Stiff
Fuente: Tomado de Custodio y Llamas (1976)

Diagrama de Piper

Es una de las gráficas más utilizadas, en él se incluyen aniones y cationes en forma simultánea. Este gráfico permite representar muchos análisis sin dar origen a confusiones. Las aguas geoquímicamente similares quedan agrupadas en áreas bien definidas (Custodio, 1976).

Está formado por dos triángulos equiláteros, donde se representan los cationes y aniones mayoritarios. Los vértices del triángulo de cationes son Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺. Los vértices del triángulo de aniones son SO₄²⁻, Cl⁻ y HCO₃⁻. Los datos de los diagramas triangulares se proyectan en un rombo central en el que se representa la composición del agua deducida a partir de aniones y cationes.

Las concentraciones de los iones dadas en meq/l se expresan como porcentaje con respecto a la suma de aniones y cationes respectivamente. En cada triángulo se reúnen solo tres aniones y tres cationes. A cada vértice le corresponde el 100 % de un anión o catión (Figura 6-2).

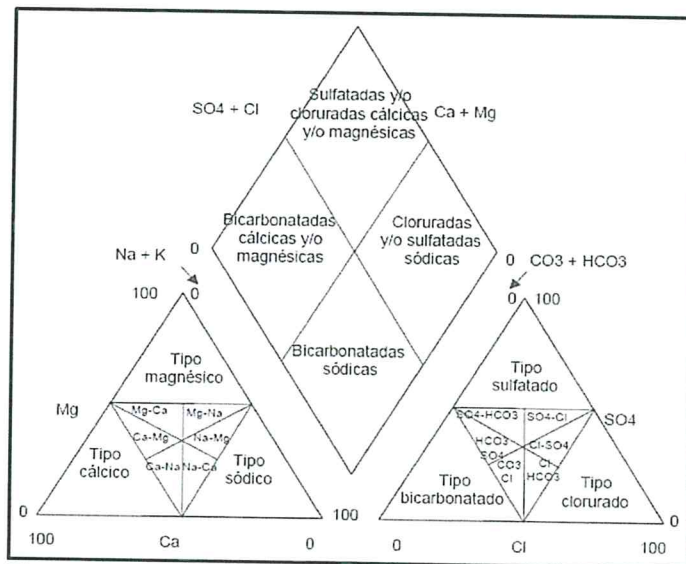


Figura 6-2. Diagrama de Piper
Fuente: tomado de Custodio y Llamas (1976)



Handwritten blue notes and arrows on the left margin.

Handwritten blue initials 'D. f. K. APC' at the bottom left.



6.5.2.4. Índices hidroquímicos

En este ítem se integrará los aspectos hidroquímicos con los geoquímicos, a través de indicadores, que se obtienen de los análisis de las aguas y su interacción con su medio circundante. El agua subterránea y el agua superficial puede ser influenciado por el medio que lo rodea, quiere decir que puede influir sobre la relación de iones disueltos; también pueden darse procesos modificadores que inciden sobre los aspectos recién mencionados.

- **Diagrama de Ficklin**

Se empleó la clasificación del diagrama de Ficklin, basada en el pH vs. metales combinados (pesados), donde las aguas de mina pueden ser clasificadas de acuerdo con el pH y contenido total de metales disueltos (Figura 6-3).

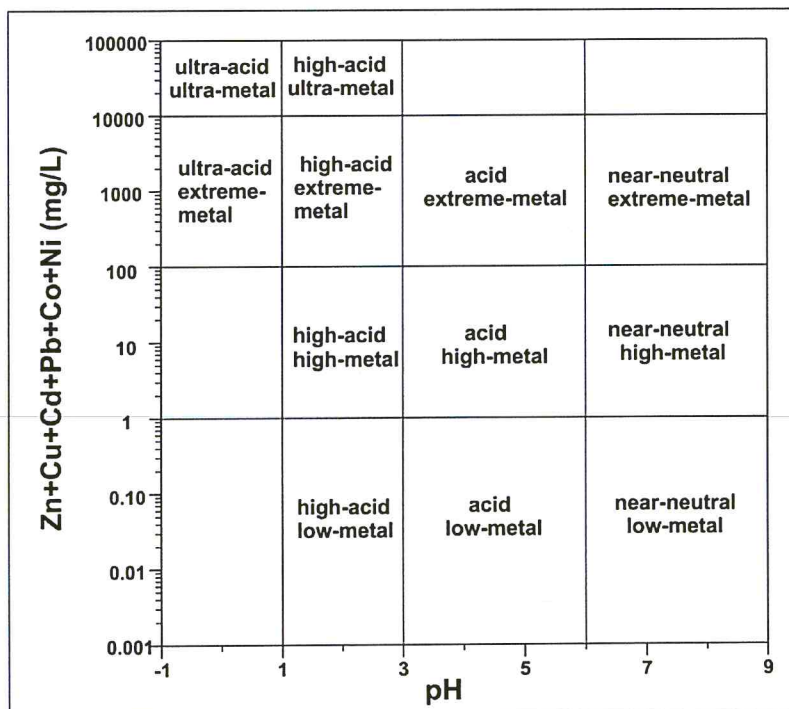


Figura 6-3. Clasificación geoquímica (diagrama de Ficklin) para el agua, basado en la suma de metales disueltos y el pH
Fuente: Adaptado de Ficklin *et al.* (1992) y Plumlee *et al.* (1999)

6.6. Caracterización geológica

La caracterización geológica consistió en la descripción litológica, estructural, alteraciones y mineralización en zonas aledañas a los componentes mineros proyectados y el análisis litogeoquímico de las unidades estratigráficas, durante febrero 2018 (época seca).

6.6.1. Referencias para la caracterización geológica

Los estándares o protocolos tomados como referencia para la caracterización geológica corresponden a los servicios geológicos del Perú, Colombia y Estados Unidos. Las recomendaciones mencionadas en las guías y manuales internacionales que se listan en la Tabla 6-26.



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

Tabla 6-26. Referencias para la caracterización geológica en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission

Referencia	Sección	País	Institución o autor	Año
Manual de estándares de cartografía para la digitalización de los mapas geológicos CGN a escala 1:100 000	Todas	Perú	Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingemmet)	2016
<i>Basic Geological Mapping</i>	Todas	Reino unido	Richard J. Lisle, Peter Brabham, y John Barnes	2011
<i>Geological field techniques</i>	Todas	Reino unido	Angela L. Coe, Tom W. Argles, David A. Rothery y Robert A. Spicer	2010
<i>FGDC Digital Cartographic Standard for Geological Map Symbolization</i>	Todas	Estados Unidos	Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, en inglés <i>United States Geological Survey</i>)	2006
<i>Geological Structures and Maps</i>	Todas	Reino unido	Richard J. Lisle	2004
Estándares cartográficos y de manejo de información gráfica para mapas geológicos	Todas	Colombia	Servicio Geológico Colombiano (Ingeominas)	2001

Las referencias de la geología regional corresponden a los cuadrángulos de Nuñoa-29u1 (Gómez *et al.*, 2014) y Corani-34u2 (Rodríguez *et al.*, 2015), que forma parte de la carta geológica nacional (CGN) a escala 1:50 000 del INGEMMET. La referencia local corresponde a los estudios realizados en los instrumentos de gestión ambiental (IGA) del administrado.

6.6.2. Ubicación de puntos

La caracterización geológica se realizó en el área de influencia ambiental del proyecto de exploración minera Corani. Los puntos de observación geológica (POG) se ubicaron estratégicamente en la zona asociada a los componentes mineros proyectados (Tabla 6-37).

Tabla 6-27. Ubicación de los puntos de observación geológica

N.º	Puntos de observación geológica	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)	Litología
		WGS84 – zona 19 L			
		Este (m)	Norte (m)		
1	CG-FI-01	322583	8460337	4846	Ubicado en la zona asociada a los componentes mineros proyectados

6.6.3. Equipos y materiales utilizados

Los equipos y materiales utilizados para la caracterización geológica se detallan en la Tabla 6-28. La verificación del correcto funcionamiento se realizó previo a la actividad de campo.

Tabla 6-28. Equipos y materiales utilizados para la caracterización geológica en época húmeda (febrero 2018)

Equipos y materiales	Marca	Modelo	Serie
Equipos			
Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU004069
Brújula	Brunton	S/M	5060309436
Materiales			
Lápiz rayador imantado	General	N.º 88CM	UPC 31116



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»

Lupa 20X	Bausch y Lomb	Coddington magnifer	---
Ácido clorhídrico	7647-01-0	2626	---
Picota	Estwing	22 Oz	---

6.6.4. Procesamiento de datos

Las mediciones y descripciones macroscópicas de afloramientos rocosos y depósitos superficiales se realizaron *in situ*, en la cual se tomaron datos de rumbo/azimut, buzamiento y dirección de buzamiento de estratos (EN), fallas geológicas (FA), diaclasas (DI), fracturas (FR), estructuras geológicas (EG: diques, y venillas), estructuras mineralizadas (EM: galerías, vetas y mantos). La descripción macroscópica consistió en determinar la litología, minerales de alteración, minerales primarios, secundarios y accesorios, y minerales con contenido metálico.

Los puntos de control geológico y el mapa de campo fueron georreferenciados y digitalizados en el software ArcGis 10.3 para preparar el mapa geológico local. Además, se generó secciones geológicas a escala 1:10 000, con la finalidad de entender el contexto geológico del subsuelo en zonas aledañas a los componentes mineros proyectados.

El procesamiento de los datos obtenidos de la caracterización geológica se detalla a continuación.

6.6.4.1. Mapa geológico local

Los datos obtenidos en el cartografiado de campo fueron interpretados y plasmados en un mapa geológico local, el mismo que contiene las unidades litológicas, litoestratigráficas, estructuras (diaclasas, fracturas, fallas, pliegues, diques, etc.), alteraciones y zonas con mineralización. Se generaron secciones geológicas relacionadas a los componentes mineros y ambientales, adicionalmente, las unidades litológicas fueron descritas de forma detallada. Esta información permitió entender el contexto geológico sobre el cual se desarrollarán las actividades mineras.

6.7. Flora silvestre

Se presenta la metodología de la evaluación de flora silvestre realizado en época húmeda (mayo 2018¹⁵).

6.7.1. Guías utilizadas para la evaluación

Las referencias que se utilizaron para la evaluación de flora silvestre se detallan en la Tabla 6-29.

Tabla 6-29. Referencias para la evaluación de flora silvestre en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission

Referencia	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Guía de inventario de la flora y vegetación del Ministerio del Ambiente	Todas	Perú	Minam	R.M. N.° 059-2015-MINAM	2015
Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal	Todas	Bolivia	Bolfor	---	2000

¹⁵ En zonas altoandinas, como el departamento Puno (lugar donde se ubica en proyecto minero Corani), para el componente de flora silvestre, mayo 2018, aún corresponde a un mes de época húmeda.



Las muestras colectadas fueron analizadas en el Laboratorio de Florística del Museo de Historia Natural, mediante el uso claves especializadas como las de Ferreyra (1944 y 1946); Molau (1990); Sagástegui y Leiva (1993); Tovar (1993); entre otros. Además, las determinaciones fueron corroboradas cuando fue necesario por consulta a especialistas y/o comparación con muestras del Herbario San Marcos (USM) y base de datos de herbarios virtuales como las del Missouri Botanical Garden (MO) y Field Museum Herbarium (F).

Para el ordenamiento de especies de angiospermas se utilizó el Sistema de Clasificación del Angiosperm Phylogeny Group III (APG III) y para los pteridofitos y afines el Sistema de Clasificación propuesto por Smith *et al.* (2006).

6.7.2. Ubicación de transectos

Los transectos fueron ubicados sobre lugares que presentaron la cobertura vegetal típica de la formación vegetal en estudio. Durante este estudio se evaluaron seis transectos, ubicados en dos zonas de evaluación y a la vez en dos ecosistemas frágiles¹⁶. En la Tabla 6-30, se evaluaron dos transectos en bofedal, dos en roquedal y tres en césped de puna.

Tabla 6-30. Ubicación de transectos de flora silvestre evaluados em época húmeda¹⁷ (mayo 2018)

Zona	Código inicio	Código final	Coordenadas UTM				Altitud (m s.n.m.)	Descripción
			WGS84 – Zona 17M		WGS84 – Zona 17M			
			Inicio		Final			
			Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)		
EF1	EF1-FLb1	FL1	325166	8461843	325197	8461886	4475	Transecto en bofedal
	EF1-FLb2	FL2	325285	8462033	325307	8462080	4475	Transecto en Césped de puna
	EF1-FLr1	FL3	325263	8461622	325288	8461654	4457	Transecto en roquedal
EF2	EF2-FLb1	FL4	322761	8458560	322741	8458570	4535	Transecto en bofedal
	EF2-FLp1	FL5	322577	8458271	322611	8458304	4545	Transecto en Césped de puna
	EF2-FLr1	FL6	322484	8459074	322506	8459030	4637	Transecto en roquedal

6.7.3. Parámetros de análisis

Los parámetros analizados en las comunidades de flora silvestre de manera cualitativa y cuantitativa se detallan en la Tabla 6-31.

¹⁶ Ley General del Ambiente – Ley N.º 28611. Título III Integración de la legislación ambiental, Capítulo 2. Conservación de la diversidad biológica. Artículo 99 De los ecosistemas frágiles.

¹⁷ Para el caso de flora silvestre el mes de mayo aún corresponde a época húmeda.



Handwritten signature and date '14/05/2018' written vertically on the left margin.

Handwritten initials 'D.', 'LPC', and 'LPC' on the left margin.



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

Tabla 6-31. Parámetros analizados en la evaluación de flora silvestre - 2018

N.º	Parámetros a evaluar	Cantidad de zonas de muestreo	Observaciones
1	Riqueza de especies	6 transectos de muestreo en 2 zonas	Los transectos y cuadrantes detallados se presentan en la Tabla 6-24
2	Diversidad de especies		
3	Abundancia		
4	Equidad		
5	Similitud		

6.7.4. Equipos utilizados

Los equipos utilizados para la evaluación de flora silvestre se detallan en la Tabla 6-32.

Tabla 6-32. Equipos utilizados para la evaluación de flora silvestre en época húmeda (mayo 2018)

N.º	Equipo	Marca	Modelo	Serie
1	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU005169
2			Oregón 650	30D046674

Una mayor descripción de los equipos listados y aquellos que no se describen, en la tabla anterior, se detalla en el reporte de campo N.º 046-2018-STE (Anexo 3).

6.7.5. Procesamiento de datos

Los índices de riqueza, diversidad y equidad fueron obtenidos mediante la utilización del programa PAST (Versión 1.7). A continuación, se detallan los criterios de análisis (índices biológicos) utilizados.

6.7.5.1. Riqueza de especies (d)

Representa el número de especies en una unidad muestral, un número específico de individuos, área o biomasa. Si es expresada por unidad de área, es conocida como la densidad de la especie. Para tal efecto, fórmula utilizada es:

$$d = (S - 1) / \log N \quad (6.6)$$

Donde:

d = riqueza de especies o número de especies.

S = número de especies presentes.

N = número total de individuos presentes.

6.7.5.2. Índice de Shannon-Wiener (H)

El índice de Shannon-Wiener, también conocido como función Shannon-Wiener, mide la diversidad de especies mediante el uso de la Teoría de la Información (Shannon, 1948). Se emplea como indicador del comportamiento del ecosistema o la organización a la que ha llegado el ecosistema, también mide las perturbaciones o desorganización del mismo ecosistema.

La diversidad específica de una comunidad depende del número de especies, que se puede llamar riqueza y la abundancia relativa de las especies, llamada generalmente equidad.



Handwritten signature and date: 14/05/2018

Handwritten initials: D. f. J. HC



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

$$H = - \sum p_i \text{Log}^2 p_i \quad (6.7)$$

Donde:

H = diversidad (bits/individuo).

$p_i = n_i / N$ = frecuencia de ocurrencia de la especie i.

$N = \sum n_i$ = número total de individuos registrados en el transecto.

6.7.5.3. Índice de dominancia de Simpson (1-D)

Utilizado para hallar la diversidad de las especies. Muestra la probabilidad de que dos individuos dentro de una comunidad sean de la misma especie al ser tomados al azar. Para tal efecto, la fórmula utilizada es:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s (p_i)^2 \quad (6.8)$$

Donde:

D = Índice de diversidad de Simpson.

p_i = Proporción de individuos del taxón «i» en la comunidad.

s = El número total de especies.

El índice de Simpson da menor peso a especies raras y mayor peso a especies más comunes. El rango de valores rige desde 0 (baja diversidad) a un máximo de 1-1/s.

6.7.5.4. Abundancia como cobertura vegetal

La cobertura de una especie, es la proporción del terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada y sirve para determinar la dominancia de las especies (Matteucci y Colma, 1982). Por ello, la fórmula utilizada fue:

$$\text{Cobertura vegetal} = \frac{\text{N}^\circ \text{ toque por especie}}{\text{N}^\circ \text{ toques totales}} \times 100 \quad (6.9)$$

6.7.5.5. Equidad (E)

Mide la tendencia de las especies a presentarse de manera igualmente frecuente. Una alta equidad ocurre cuando las especies son igualmente frecuentes en la comunidad. De modo contrario, la dominancia implica que unas cuantas especies (o una sola especie) presentan un mayor número de individuos, mientras que la mayoría de las especies presentan bajo número de individuos.

La riqueza (d) y el índice de Shannon-Wiener (H') nos permiten calcular la medida de uniformidad E, expresada como la relación entre diversidad observada (H') y diversidad máxima ($\log_e d$). Para tal efecto, la fórmula utilizada fue:

$$E = \frac{H}{H_{max}} = \frac{H}{\text{Log}_e d} \quad (6.10)$$

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



6.7.5.6. Índice de similitud de Morisita-Horn

Los coeficientes de similitud han sido utilizados, especialmente para comparar comunidades con atributos similares. Los índices de similitud pueden ser calculados en base a datos cualitativos (presencia/ausencia) o cuantitativos (abundancia) (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Uno de los modelos más utilizados para cuantificar semejanza es el de Morisita-Horn. Este índice relaciona en la riqueza de especies con la abundancia. Sin embargo, es fuertemente influenciado por la abundancia de la especie más común. Para evitar esto, existe una versión modificada. La expresión utilizada es:

$$IM - H = \frac{2 \sum (a_i x b_i)}{(d_a + d_b) a_N x b_N} \quad (6.11)$$

Donde:

- a_N : número de individuos de la comunidad A.
- a_i : número de individuos de la i -ésima especies en A.
- d_a : $\sum a_i^2 / a_N^2$.

De los modelos de tipo cuantitativo se ha señalado que la versión antes presentada del índice de Morisita es la más satisfactoria (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición y abundancia de especies.

6.7.5.7. Curva de acumulación de especies

Una curva de acumulación de especies representa gráficamente la forma como las especies van apareciendo en las unidades de muestreo, o de acuerdo con el incremento en el número de individuos. Es por esto que, en una gráfica de curvas de acumulación, el eje Y es definido por el número de especies acumuladas y el X por el número de unidades de muestreo o el incremento del número de individuos. Cuando una curva de acumulación es asintótica indica que, aunque se aumente el número de unidades de muestreo o de individuos censados, es decir, aumente el esfuerzo, no se incrementará el número de especies, por lo que tenemos un buen muestreo (Villarreal et al., 2006).

Para evaluar el muestreo realizado se usó el modelo de Clench, el cual predice la riqueza total y el esfuerzo requerido para añadir un número determinado de especies a la muestra. Esto se realiza con el valor del número de especies al cual una curva de acumulación de especies alcanza la asíntota (Soberón y Llorente, 1993). Su expresión matemática es:

$$S_n = a \cdot n / (1 + b \cdot n) \quad (6.12)$$

Donde:

- a : tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario.
- b : parámetro relacionado con la forma de la curva.
- n : unidades de fuerza de muestreo.



Handwritten notes and arrows pointing to the stamp

Handwritten notes and initials

Handwritten initials



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

El modelo se ajusta a una regresión no lineal, con dos parámetros, usando el algoritmo Quasi-Newton. Se utilizaron los programas EstimateS Win 8.20 y Statistica 7.

6.7.5.8. Especies de interés para la conservación

Para determinar el estado de las especies en estado de conservación registradas en el Área de Estudio se determina su presencia o ausencia en tres listas de conservación, dos a nivel internacional (Cites y UICN) y una a nivel nacional. Para el nivel internacional: la lista roja de especies amenazadas de la Internacional Union for Conservation of Nature¹⁸ (por sus siglas en inglés, IUCN) (2018), y los apéndices de la Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (en adelante, Cites) (2015) en donde el Apéndice I señala las especies en peligro y los Apéndices II y III señalan las especies que están más relacionadas con la extracción y comercio. Para el nivel nacional se consideró la lista de categorización de especies amenazadas de flora silvestre, aprobado según Decreto Supremo N.º 043-2006-AG.

6.7.5.9. Especies endémicas

Las especies endémicas son aquellas entidades biológicas que presentan una distribución geográfica restringida a un área determinado (León *et al.*, 2006) y son un componente importante para la conservación. Para la determinación de las especies endémicas se empleó el libro rojo de las Plantas Endémicas del Perú realizada por León *et al.*, (2006) y literatura específica para cada grupo taxonómico cuando fue necesario.

6.7.5.10. Análisis multivariado

El análisis multivariado (AM) es la parte de la estadística y del análisis de datos que estudia, analiza, representa e interpreta los datos que resultan de observar más de una variable estadística sobre una muestra de individuos. Se realizó el análisis de escalonamiento multidimensional no métrico (NMDS), el cual determina la cercanía entre un grupo de elementos reduciendo el número de dimensiones, realizando iteraciones para explicar las distancias observadas en base a similitudes predichas mediante un número de ejes (Oksanen, 2011). Los datos se analizaron con el Índice de similitud de Morisita.

6.8. Fauna silvestre

A continuación, se describe la metodología que se consideró para la evaluación de fauna silvestre (aves, anfibios, reptiles y mamíferos silvestres), en mayo 2018.

6.8.1. Guía utilizada para la evaluación

La guía que se utilizará para la evaluación de fauna silvestre se detalla en la Tabla 6-33.

Tabla 6-33. Referencia para la evaluación de fauna silvestre en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission

Grupo taxonómico	Referencia	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Anfibios y reptiles	Guía de inventario	Capítulo 5	Perú	Minam	R. M. N.º 057-2015-MINAM	2015
Aves		Capítulo 6				

¹⁸ Traducido al español como Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

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



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

Grupo taxonómico	Referencia	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Mamíferos	de la fauna silvestre	Capítulo 4				

6.8.2. Ubicación de puntos

En esta sección se detalla la ubicación de los puntos de muestreo de fauna silvestre tanto para anfibios y reptiles, aves y mamíferos silvestres. Los puntos de muestreo se ubicaron tomando en cuenta la presencia de ecosistemas frágiles¹⁹ específicamente bofedales y hábitats aledaños, considerando la disposición de los componentes mineros propuestos en el instrumento de gestión ambiental (IGA) del administrado, y el riesgo de futuros impactos sobre los hábitats y/o formaciones vegetales producidos por las operaciones y actividades mineras futuras.

6.8.2.1. Anfibios y reptiles

La evaluación de anfibios y reptiles en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission se realizó el 24 de mayo de 2018. Se emplearon los métodos de búsquedas por encuentros visuales (en adelante, VES) y evaluación de transectos de 100 m en hábitats acuáticos. En general, las evaluaciones se realizaron en el horario diurno entre las 10:00 y 18:00 horas, habiéndose invertido en las VES un esfuerzo de 6,31 horas/hombre (Tabla 6-34) y en los transectos un esfuerzo de 2,36 horas/hombre (Tabla 6-35).

6.8.2.2. Aves

En el área de estudio se evaluaron dos zonas. En estas zonas se ejecutaron en total 6 transectos lineales. La ubicación y descripción de los transectos lineales y conteo total se encuentran en la Tabla 6-36.

6.8.2.3. Mamíferos

Para la evaluación de mamíferos se realizaron tres transectos de evaluación y se instalaron dos cámaras trampa, cuya ubicación y descripción de los mismos se muestran en las Tablas 6-37 y 6-38 respectivamente.

¹⁹ Ley General del Ambiente – Ley N.º 28611. Título III Integración de la legislación ambiental, Capítulo 2. Conservación de la diversidad biológica. Artículo 99 De los ecosistemas frágiles.



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 6-34. Ubicación de búsquedas por encuentros visuales (VES) de anfibios y reptiles evaluados en mayo 2018

N.º	Ecosistema frágil	Punto	Fecha	Hora inicio	Hora final	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19L		Altitud (m s.n.m.)	Formación vegetal	Descripción
						Este (m)	Norte (m)			
1		Co-He-V39	24/05/2018	16:20	16:50	325057	8461623	4443	Roquechal asociado a pajonal	Ladera de montaña ubicada en la margen derecha de la quebrada Pantion Huayco sector Chaquimayo
2	EF 1	Co-He-V40	24/05/2018	17:00	17:30	325383	8461648	4453	Césped de puna	Borde noroeste del bofedal Turpani, se ubica en el sector Chaquimayo
3		Co-He-V41	24/05/2018	13:50	18:10	325394	8462217	4427	Césped de puna	Margen derecha de la quebrada Pantion Huayco, sector Yanaspata
4	EF 2	Co-He-V36	24/05/2018	11:20	11:50	322516	8458871	4585	Césped de puna	Ladera de montaña ubicada a 100 m. al norte del bofedal Quelloacocho
5		Co-He-V37	24/05/2018	12:02	12:34	322333	8458433	4567	Césped de puna	Ladera ubicada en la margen derecha de la quebrada Huacollo 50 m al sur del límite del área efectiva, Roca Muerta 2
6		Co-He-V38	24/05/2018	12:40	13:12	323158	8458590	4565	Roquechal asociado a pajonal	Ladera con roquechal ubicada a 400 m al oeste del bofedal Quelloacocho.

Tabla 6-35. Ubicación de transectos en hábitats acuáticos evaluados en mayo 2018

N.º	Ecosistema frágil	Punto	Fecha	Hora inicio	Hora final	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19L		Altitud (m s.n.m.)	Formación vegetal	Descripción
						Este (m)	Norte (m)			
1	EF 1	Co-He-T11	24/05/2018	15:40	16:11	325073	8461721	4435	Césped de puna	Quebrada Pantion Huayco, ubicada a 65 m al sur del bofedal Turpani
2	EF 2	Co-He-T12	24/05/2018	13:20	14:00	322745	8458639	4520	Bofedal	Ubicado en las nacientes de la quebrada Huacollo, en el sector noroeste del bofedal Quelloacocho



Handwritten signatures and initials in blue ink.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Tabla 6-36. Ubicación de puntos de aves evaluados en mayo 2018

N.º	Ecosistema frágil	Puntos	Fecha	Hora	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19 L inicio		Altitud (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19 L inicio		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
					Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)		
1	EF 2	Av01	24/05/2018	11:16	322558	8459038	4682	322262	8458715	4688	Césped de Puna, ubicado al lado norte de la quebrada Huacollo
2	EF 2	Av02	24/05/2018	12:25	322260	8458678	4685	322016	8458352	4643	Césped de Puna, ubicado al lado noroeste de la quebrada Huacollo
3	EF 2	Av03	24/05/2018	13:26	322645	8458270	4572	322928	8458634	4587	Césped de Puna, ubicado al lado noreste de la quebrada Huacollo
4	EF 1	Av04	24/05/2018	15:27	325483	8462193	4527	325435	8461699	4540	Roqedal, ubicado al lado noreste de la quebrada Pantion huayco
5	EF 1	Av05	24/05/2018	16:26	325392	8461619	4520	325037	8461375	4535	Roqedal, ubicado al lado sureste de la quebrada Pantion huayco
6	EF 1	Av06	24/05/2018	17:10	324888	8461426	4507	325090	8461882	4502	Roqedal, ubicado al lado sur de la quebrada Pantion huayco



[Handwritten signature]



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 6-37. Ubicación de transectos de evaluación de mamíferos en mayo 2018

N.º	Ecosistema frágil	Punto	Coordenadas UTM WGS84 Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
1	EF 1	FisMaln-3	inicio	8462048	4537	Roquedal, asociado a vegetación de pajonal. Se inicia a la altura de la localidad de Huantacucho y culmina a unos 100 metros de distancia de bofedal Turpani
			final	8460924		
2	EF 2	FisMaln-1	inicio	8458975	4626	Roquedal, asociado a vegetación de pajonal ubicado al sur del área efectiva 2, Roca Muerta 2. En la margen derecha de la quebrada Huacollo
			final	8458288		
3	EF 2	FisMaln-2	inicio	8458092	4508	Roquedal, asociado a vegetación de pajonal de pendiente pronunciada. Se ubica en la margen izquierda de la quebrada Huacollo
			final	8458413		

Tabla 6-38. Ubicación de cámaras trampa evaluados en mayo 2018

N.º	Ecosistema frágil	Punto	Coordenadas UTM WGS84 Zona 19 L		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
			Este (m)	Norte (m)		
1	EF 1	FisMaCT -2	325546	8462129	4517	Cámara instalada en formación de roquedal asociado a pajonal. Ubicado al norte del bofedal Turpani, en el sector Yanaspata
2	EF 2	FisMaCT-1	323034	8458166	4591	Cámara instalada en formación de roquedal asociado a pajonal y matorral mixto. Ubicado a 600 metros en dirección este del bofedal Quelloacocho



[Handwritten signature and initials]



6.8.3. Parámetros de análisis

Los parámetros que se evaluarán en las comunidades de fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) serán: composición taxonómica, riqueza de especies, abundancia (número de individuos), diversidad alfa y diversidad beta. Estos parámetros se obtendrán de una evaluación cuantitativa y cualitativa (Tabla 6-39).

Tabla 6-39. Parámetros analizados en la evaluación de los grupos taxonómicos de fauna silvestre - 2018

Parámetros		Grupo de fauna silvestre		
		Anfibios y reptiles	Aves	Mamíferos
Composición de especies		x	x	x
Riqueza de especies		x	x	x
Abundancia		x	x	x
Índices de diversidad alfa	Índice de Shannon-Wiener (H')	x	x	x
	Índice de Simpson (1-D)	x	x	x
	Índice de equidad de Pielou (J)	x	x	
Índices de diversidad beta	Índice de Morisita	x	x	
	Índice de Jaccard			x

6.8.4. Equipos utilizados

Antes de salir a campo, se verificaron y ajustaron los equipos. Los registros de verificación y los certificados de calibración del equipo de la evaluación de fauna silvestre, se muestra en los reportes de campo en el Anexo 3.

Tabla 6-40. Equipos utilizados para la evaluación de fauna silvestre en mayo 2018

N.º	Equipo	Marca	Modelo	Serie
1	Multiparámetro portátil digital	HACH	HQ40D	150500000066
2				150500000299
3	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU005169
4				4HU005183
5			Oregon 650	30D046674
6				30D058635
7				30D048604
8	Cámara trampa	Bushnell	119877	B170313955
9	Cámara trampa	Bushnell	119877	B170316232

Una mayor descripción de los equipos listados y aquellos que no se describen, en la tabla anterior, se detalla en el reporte de campo N.º 046-2018-STE (Anexo 3).

6.8.5. Procesamiento de datos

La información obtenida de los muestreos de campo será analizada posteriormente de acuerdo con los métodos cuantitativos y cualitativos usados para las evaluaciones ecológicas. Para la fauna silvestre además de los índices de diversidad alfa, beta:



6.8.5.1. Composición, riqueza y abundancia

Se realizó la clasificación taxonómica por cada grupo evaluado de fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) siguiendo orden taxonómico (orden, familia y especie).

Para la determinación taxonómica de las especies de anfibios y reptiles registrados o colectados durante las evaluaciones se utilizaron claves taxonómicas especializadas (Peters y Donoso-Barros, 1979; Rodríguez *et al.*, 1993), descripciones científicas, bases de datos internacionales, así como colecciones científicas de referencia (Colección de Herpetología de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco). Para la clasificación taxonómica, respecto a los anfibios se seguirá la taxonomía utilizada por Frost (2018) y en cuanto a los reptiles se siguió la taxonómica usada por Uetz (2018).

En el caso de aves, el listado de las aves se siguió la clasificación taxonómica de la lista de aves de Perú (Plenge, 2017). Para la caracterización de las aves se presentará la riqueza de especies por hábitats evaluado en el área de estudio.

En los resultados se presentó la riqueza total de especies por grupo de fauna silvestre evaluado.

En el caso de los mamíferos mayores, la evaluación por transecto también permite estimar su abundancia (Peres, 1999); para lo cual se emplearon los índices de ocurrencia (IO) y abundancia (IA) de especies de Boddicker (Boddicker *et al.*, 2002).

La abundancia es la suma total de los individuos de una especie o especies obtenida mediante un muestreo (Bibby *et al.*, 1998). Esta abundancia junto con la riqueza de especies obtenida de la evaluación cuantitativa se utilizará para el cálculo de los índices de diversidad alfa y beta.

6.8.5.2. Diversidad alfa

Se usaron índices de diversidad alfa como el Índice de Shannon-Wiener, el índice de Simpson y de Pielou.

El *índice de Shannon-Wiener* (H'), expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Moreno, 2001). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie o comunidades poco diversas, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos representando comunidades de máxima equidad (Magurran, 1988 citado en Moreno, 2001). Su fórmula es:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad (6.13)$$

Donde:

H' : índice de diversidad de la muestra

p_i : Proporción del total de la muestra que corresponde a la especie i



Vertical handwritten signature and initials

Vertical handwritten initials



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

El *índice de diversidad de Simpson*, manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Moreno, 2001). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse mediante la fórmula:

$$1 - D = 1 - \sum pi^2 \quad (6.14)$$

Donde:

pi : abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

El *índice de equidad de Pielou* se empleó para medir la proporción de la diversidad observada en cada estación con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran 1988). El cálculo se efectuó según la siguiente expresión:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \quad (6.15)$$

Donde:

- H'_{max} : $\ln S$
- J: Índice de equidad de Pielou
- H' : Índice de Shannon-Wiener
- S: riqueza de especies

6.8.5.3. Diversidad beta

Para la evaluación de la diversidad beta, se usarán índices de similitud, ampliamente empleados y recomendados para los inventarios biológicos (Moreno, 2001), y se fueron calculados en el programa PAST.

El *índice de Morisita*, expresa cuan semejantes son dos muestras en base a la abundancia proporcional de cada especie en dichas muestras (Magurran, 1988; Krebs, 1989; Moreno, 2001). Este índice está definido por:

$$Morisita_{jk} = \frac{2 \sum_{i=1}^S (x_{ij} x_{ik})}{(\lambda_1 + \lambda_2) \sum_{i=1}^S x_{ij} \sum_{i=1}^S x_{ik}} \quad (6.16)$$

Donde:

- X_{ij}, X_{ik} : Número individuos de la especie i en las muestras j y k
- $N_j: \sum X_{ij}$: Total de individuos en la muestra j
- $N_k: \sum X_{ik}$: Total de individuos en la muestra k

El *índice de Jaccard* se usó para determinar las similitudes entre dos muestras en base a las especies presentes en ellas, por lo que son una medida inversa de la diversidad, que se refiere al recambio de especies (Moreno, 2001). Los valores que se aproximan a 1 indican mayor similitud entre las comunidades de mamíferos comparadas y 0 indica que ninguna especie es compartida. La fórmula es la siguiente:

$$I_j = a/a+b+c \quad (6.17)$$



Handwritten notes and signatures on the left margin, including 'D', 'H', 'P', 'A', 'F', 'A.', 'D.', 'L', 'A.', 'IPC'



Donde:

- a: Número de especies en ambas comunidades o muestras (compartidas)
 b: Número de especies en la comunidad «b» pero no en la «a»
 c: Número de especies en la comunidad «a» pero no en la «b»

Para facilitar el análisis de los valores de similitud de manera visual, se procederá a la elaboración de dendrogramas mediante la unión de pares promedio (Sokal y Michener, 1958; Crisci y López, 1983) utilizando el programa estadístico PAST (Hammer *et al.*, 2001).

6.8.5.4. Curva de acumulación de especies

Para el cálculo de las especies potencialmente presentes en el área de estudio se utilizó la *curva de acumulación de especies de Clench*. La ecuación de Clench está recomendada para estudios en sitios de área extensa y para protocolos en los que, cuanto más tiempo se pasa en el campo (es decir, cuanta más experiencia se gana con el método de muestreo y con el grupo taxonómico), mayor es la probabilidad de añadir nuevas especies al inventario (Soberón y Llorente, 1993). Su expresión matemática es:

$$S_n = a \cdot n / (1 + b \cdot n) \quad (6.18)$$

Donde:

- a: tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario
 b: parámetro relacionado con la forma de la curva
 n: unidades de fuerza de muestreo

Respecto a la evaluación de anfibios y reptiles, para determinar la eficiencia del inventario de especies se calculó la *cobertura de muestreo* para el área de estudio (Chao y Jost, 2012). Es una medida de la completitud del inventario con respecto al tamaño de la comunidad, indica la probabilidad de que un individuo próximo capturado al azar pertenezca a una de las especies ya registradas en el muestreo. Varía entre 0 a 1, y también puede representarse en porcentaje, así una comunidad bien muestreada debería tener una cobertura de 100 % (Chao y Jost 2012).

$$\hat{C} = 1 - \frac{f_1}{n} \left[\frac{(n-1)f_1}{(n-1)f_1 + 2f_2} \right] \quad (6.19)$$

Donde:

- f_1 : es el número de *singletons*
 f_2 : es el número de *doubletons* y n es el total de la abundancia de individuos registrados.

Se utilizó el enfoque de rarefacción/extrapolación basado en el número de muestras (datos de incidencia) para estimar la tasa de aumento de la riqueza de especies en base al número de búsquedas por encuentros visuales evaluados (VES). Se construyeron las curvas de acumulación, mediante una técnica de remplazamiento con un *bootstrap* de 100 repeticiones, para calcular los intervalos de confianza (0.95) en el paquete iNEXT para R (Oksanen *et al.*, 2017)



6.8.5.5. Análisis multivariado

Para visualizar la estructura de la comunidad de especies de anfibios y reptiles, ponderados por su abundancia en función del tipo de hábitat, se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS). Este análisis se llevó a cabo en base a la distancia de Bray Curtis con 1000 permutaciones en el paquete Vegan para R (Oksanen *et al.*, 2011).

Para caracterizar los transectos evaluados, de la comunidad de anfibios y reptiles, se calculó el promedio de los valores medidos, en el punto de inicio y punto de fin, para cada uno de los parámetros ambientales: pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxígeno disuelto (mg/L) y altitud (m s.n.m.). Luego, se realizó el análisis de componentes principales (PCA) con el objetivo de simplificar el total de parámetros obtenidos durante las evaluaciones y visualizar la relación de los transectos en relación a las variables asociadas a los ejes del PCA que mayor porcentaje de variación explicaron. Este análisis se realizó en el programa estadístico PAST V. 3.0.

6.8.5.6. Determinación de especies endémicas y amenazadas de fauna silvestre

En cuanto a los anfibios y reptiles, las especies endémicas se determinaron mediante la revisión de bibliografía especializada como las descripciones originales de las especies o aquellas que indiquen su rango de distribución de la. Adicionalmente se consultaron bases de datos en línea como «Reptile Database» (Uetz y Hošek, 2017), «Amphibian species of the world» (Frost, 2017), Amphibiaweb (2018) y la página de la Lista Roja de especies amenazadas de la UICN (2018).

Para aves, las especies endémicas y migratorias de Perú se determinaron según Schulenberg *et al.* (2010) y Plenge (2017), las especies endémicas de los biomas se determinaron según Stolz *et al.* (1996) y las especies endémicas según el *Endemic Bird Area*²⁰ (por sus siglas en inglés, EBA) se determinaron de acuerdo a la lista de los EBA de la BirdLife Internacional.

Las especies endémicas de mamíferos se determinaron utilizando la información de Pacheco *et al.*, (2009) sobre diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú.

Para determinar las especies amenazadas de fauna silvestre (anfibios y reptiles, aves, y mamíferos) obtenidas, se contrastó con la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas, aprobado según Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI, y con la clasificación internacional según UICN (2018). Asimismo, se listarán las especies incluidas en los apéndices de la Cites (2018) y las especies incluidas en los apéndices de la *Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals*²¹ (por sus siglas en inglés, CMS) (2015).



Handwritten vertical text: A, P, B, with an arrow pointing to the stamp

Handwritten vertical text: D, J, J, IPC

²⁰ Traducido al español como área de aves endémicas.

²¹ Traducido al español como Convención sobre la conservación de las especies migratorias de animales silvestres.



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

7. RESULTADOS

En este capítulo se analiza los resultados obtenidos durante la EAT en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission Energy Perú S.A.C., de las matrices evaluadas: agua superficial (quebradas y manantiales) y sedimentos; además de, estudios especializados como nivel de fondo, comunidades hidrobiológicas, evaluación hidroquímica, caracterización geológica, flora y fauna silvestre. Cabe precisar, que la presente evaluación contempla los resultados obtenidos durante el 2017 y 2018.

Los resultados son presentados en tres partes, la primera parte corresponde a la comparación con las normas ambientales aprobados en el IGA²² de Fission Energy Perú S.A.C., la segunda parte corresponde a la comparación con normas vigentes o referencias internacionales, y la tercera a estudios especializados considerados en la EAT presente, los cuales son presentados a continuación.

7.1. Comparación con la norma aprobada en los IGA

7.1.1. Calidad de agua superficial

De acuerdo al Informe Técnico Sustentatorio (ITS) de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani, aprobado mediante Resolución Directoral R.D. N° 249-2015-MEM/DGAAM, con fecha 19 de junio de 2017, los resultados de calidad de agua superficial fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua categorías 3, aprobados mediante Decreto Supremo N.° 002-2008-MINAM (en adelante, ECA para agua Cat3): Categoría 3 «riego de vegetales y bebida de animales», se consideró la subcategoría D1 «riego de vegetales» y subcategoría D2 «bebida de animales».

Los resultados de aquellos parámetros evaluados que excedieron los ECA para agua Cat3 se exponen mediante representaciones gráficas. En el Anexo 2 se encuentra el detalle de los resultados de calidad de agua superficial de los parámetros evaluados, comparados con los estándares referidos.

La evaluación se realizó en julio de 2017 (en adelante, época seca), donde se muestrearon 3 puntos en quebradas; mientras que en febrero de 2018 (en adelante, época húmeda), se monitorean 12 puntos, de los cuales 7 corresponden a quebradas y 5 a manantiales.

Tabla 7-1. Resultados de calidad de agua superficial que excedieron los ECA para agua (2008) en área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission

Punto	2017 (época seca)		2018 (época húmeda)	
	Decreto Supremo N.° 002-2008-MINAM			
	Categoría 3		Categoría 3	
	Riego de vegetales	Bebida de Animales	Riego de vegetales	Bebida de Animales
MSN3	NE	NE	pH	pH
QYura1	NE	NE	Aluminio, hierro	Aluminio, hierro
MQuello1	NE	NE	pH, oxígeno disuelto	pH, oxígeno disuelto

NE: No evaluado/No realizado

---: no excede los ECA para agua Cat3:D1 y D2

²²

Informe Técnico Sustentatorio (ITS) de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani, aprobado mediante Resolución Directoral R.D. N° 249-2015-MEM/DGAAM, con fecha 19 de junio de 2017.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including 'A', 'PE', 'G.', 'D.', 'f', 'B', 'LPC'.



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

En la Figura 7-1 los valores de pH varían entre 8,01 y 8,29 en época seca y; entre 5,88 y 7,6 en época húmeda. De la evaluación época húmeda los valores de pH, los puntos MSN3 y MQuello1 se encuentran por debajo del rango inferior de la Cat3D1 y Cat3D2.

De la evaluación en época húmeda, únicamente el punto MQuello1 presenta una concentración de oxígeno disuelto inferior al valor del ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2 (Figura 7-2).

Con respecto a la concentración de aluminio total en época húmeda en solo el punto QYura1 excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat3: D1 y D2 (Figura 7-3).

En tanto que, la evaluación en época húmeda, la concentración de hierro total, en el punto QYura1 excedió el valor establecido en los ECA para agua Cat3: D1 y D2 (Figura 7-4).

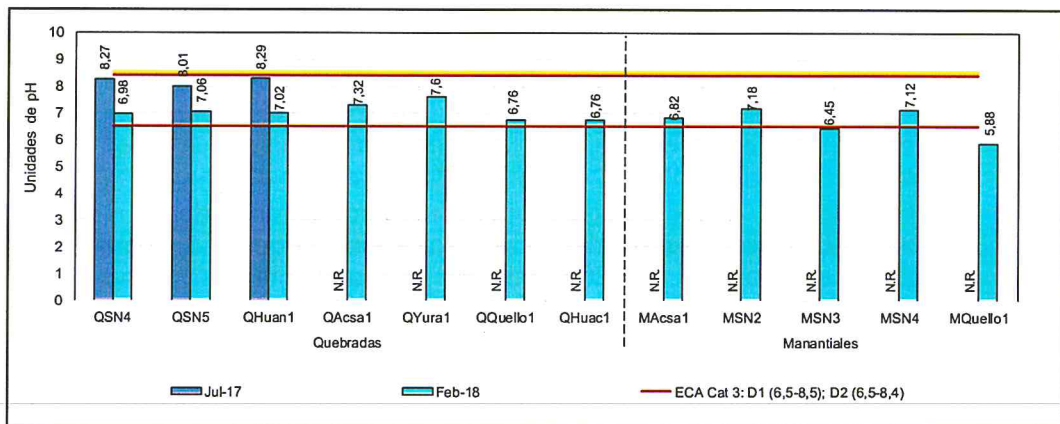


Figura 7-1. Valores de pH comparados con el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2
NR: no realizado o evaluado

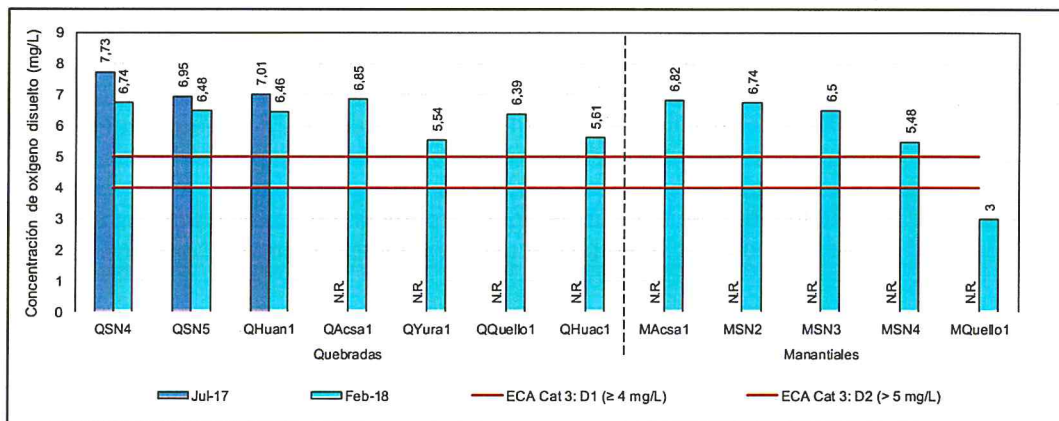


Figura 7-2. Valores de oxígeno disuelto comparados con el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2
NR: no realizado o evaluado

Handwritten signature and date

Handwritten signature and date



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

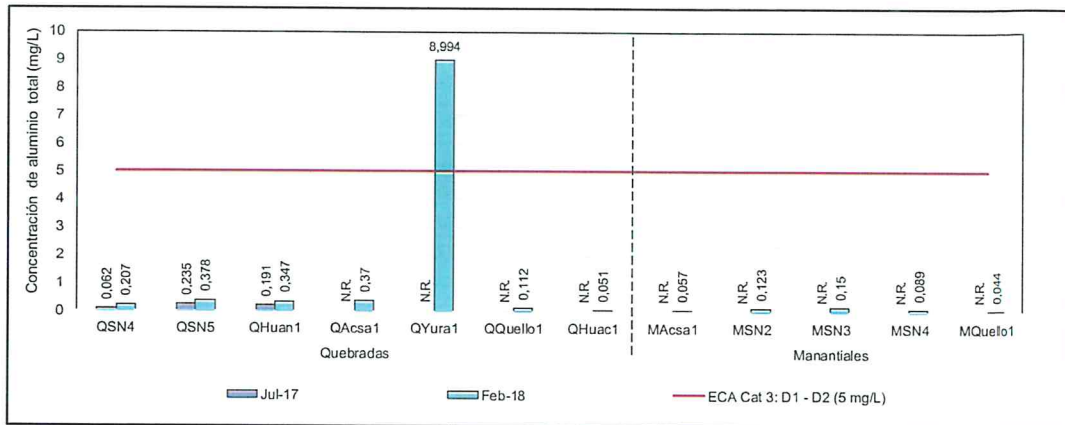


Figura 7-3. Valores de aluminio total comparados con el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2
NR: no realizado o evaluado

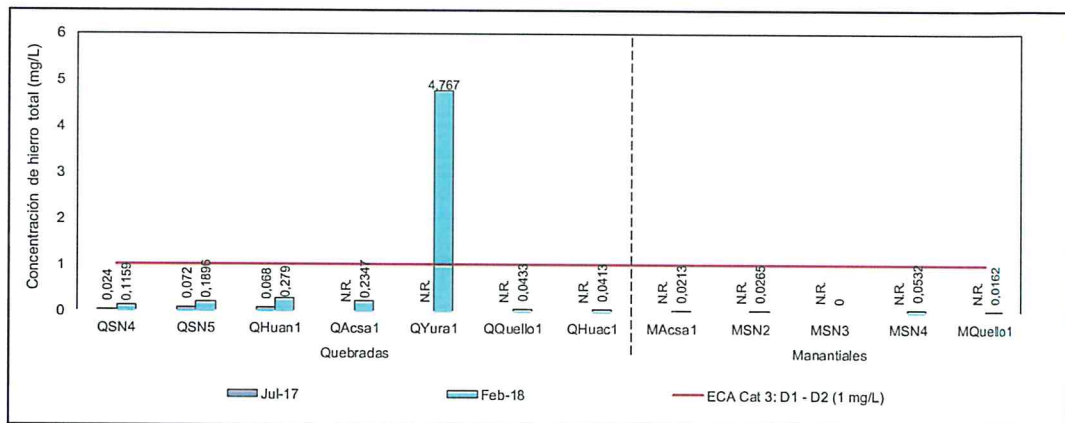


Figura 7-4. Valores de hierro total comparados con el ECA para agua Cat3D1 y Cat3D2
NR: no realizado o evaluado

7.2. Comparación referencial con estándares nacionales y de nivel internacional

7.2.1. Calidad de agua superficial

Los puntos de manantiales fueron considerados como agua superficial en amparo del artículo 226° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, la cual indica que «...Los manantiales como puntos o áreas aflorantes de las aguas subterráneas serán considerados como aguas superficiales para los efectos de evaluación y otorgamientos de derechos de uso de agua, toda vez que para su utilización no se requiere la realización de mecanismos ni obras específicas de extracción»

La comparación referencial de las concentraciones obtenidas de los parámetros analizados fue con los valores establecidos en el ECA para agua (D.S. N.° 004-2017-MINAM). Para las quebradas y manantiales considerados en la presente evaluación se compararon con los valores establecidos en los ECA para agua, categoría 4, subcategoría E2 «Ríos Costa y Sierra» (Cat4E2).

A continuación, se mostrarán solo los parámetros que hayan excedido los valores establecidos en los ECA para agua, en el Anexo 2 se encuentra el detalle de los resultados de todos los parámetros evaluados comparados con el estándar referido.



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including 'LPC' at the bottom.



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

Tabla 7-2. Resultados de calidad de agua superficial que incumplen el ECA para agua (2017) en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani

Punto	2017 (época seca)	2018 (época húmeda)
	Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM	
	Categoría 4	Categoría 4
	Ríos de costa y sierra	Ríos de costa y sierra
QSN4	--	fósforo
QSN5	fósforo	fósforo
QHuan1	fósforo	fósforo
QAcsa1	NE	fósforo
QYura1	NE	SST, plomo, talio, fósforo
QQuello1	NE	fósforo
QHuac1	NE	fósforo
MAcsa1	NE	fósforo
MSN2	NE	fósforo
MSN3	NE	pH
MQuello1	NE	pH, oxígeno disuelto, fósforo

NE: No realizado o evaluado

En la Figura 7-7 los valores de pH varían entre 8,01 y 8,29 época seca y; entre 5,88 y 7,6 en época húmeda. Asimismo, de la evaluación en época húmeda los valores de pH, los puntos MSN3 y MQuello1 se encuentran por debajo del rango inferior de la Cat4E2.

De la evaluación en época húmeda, la concentración de oxígeno disuelto, únicamente en el punto MQuello1, incumplió referencialmente el valor establecido en los ECA para agua Cat4E2 (Figura 7-6).

En la Figura 7-7, la concentración de fósforo total en época seca en los puntos QSN5 y QHuan1; y en época húmeda en los puntos QSN4, QSN5, QHuan1, QAcsa1, QYura1, QHuac1, MAcsa1, MSN2 y MQuello1 excedieron referencialmente el valor establecido en los ECA para agua Cat4E2, esto se debería a la defecación a campo abierto que realiza la tanto la fauna silvestre y doméstica, los mismo a que a través de escorrentías llega a los cuerpos de agua.

De la evaluación en época húmeda, la concentración de plomo total en época húmeda en el punto QYura1 excedió referencialmente el valor establecido en los ECA para agua Cat4:E2 (Figura 7-8).

En la Figura 7-9, la concentración de talio total en época húmeda en el punto QYura1, excedió referencialmente el valor establecido en los ECA para agua Cat4E2.



Vertical handwritten notes in blue ink: A, H, E, A, P, A.

Vertical handwritten notes in blue ink: D, J, A, PC



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

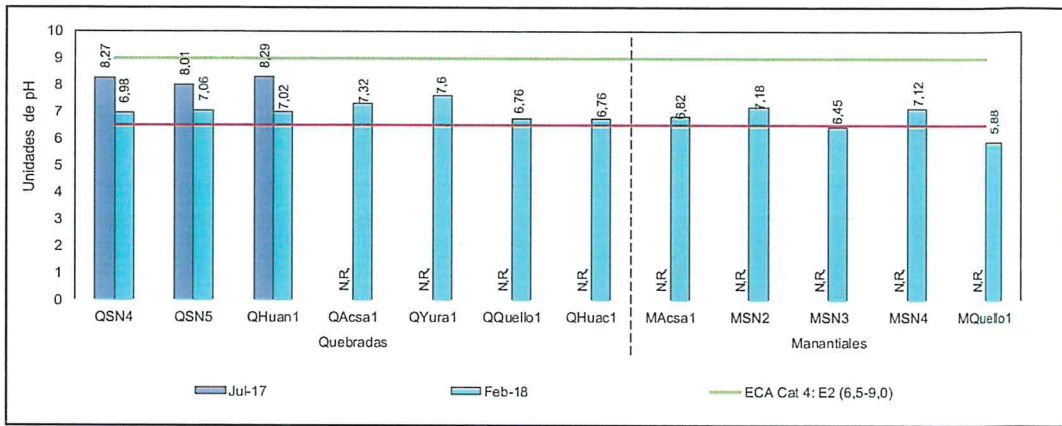


Figura 7-5. Valores de pH comparados con el ECA para agua Cat4E2
NR: no realizado o evaluado

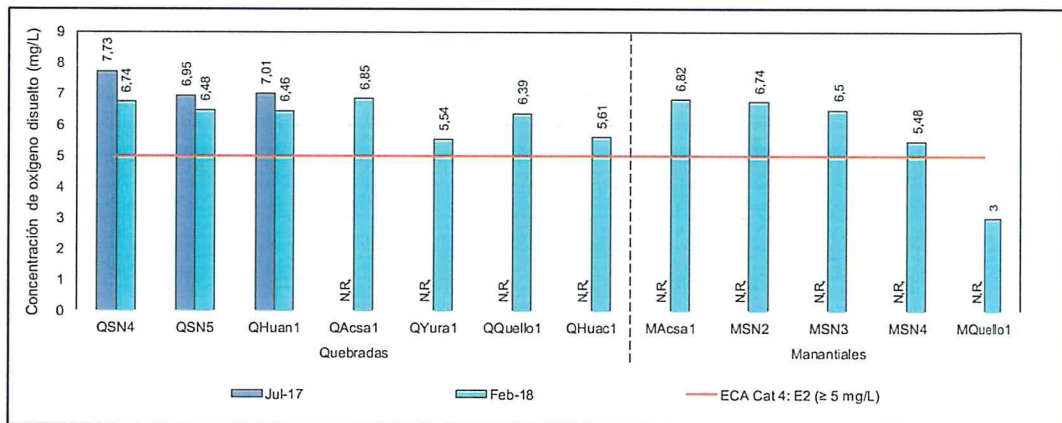


Figura 7-6. Valores de oxígeno disuelto comparados con el ECA para agua Cat4E2
NR: no realizado o evaluado

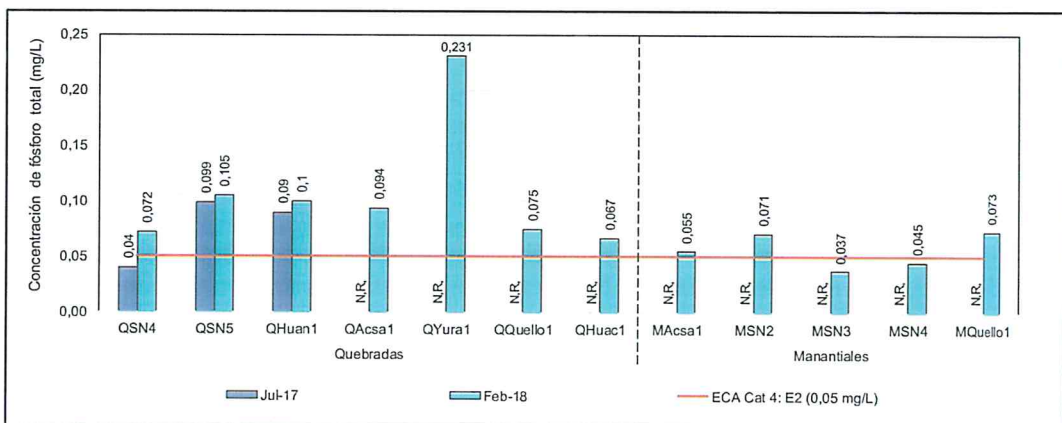


Figura 7-7. Valores de fósforo total comparados con el ECA para agua Cat4E2
NR: no realizado o evaluado



Handwritten signature and notes in blue ink.

Handwritten notes in blue ink, including 'IPC' at the bottom.



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

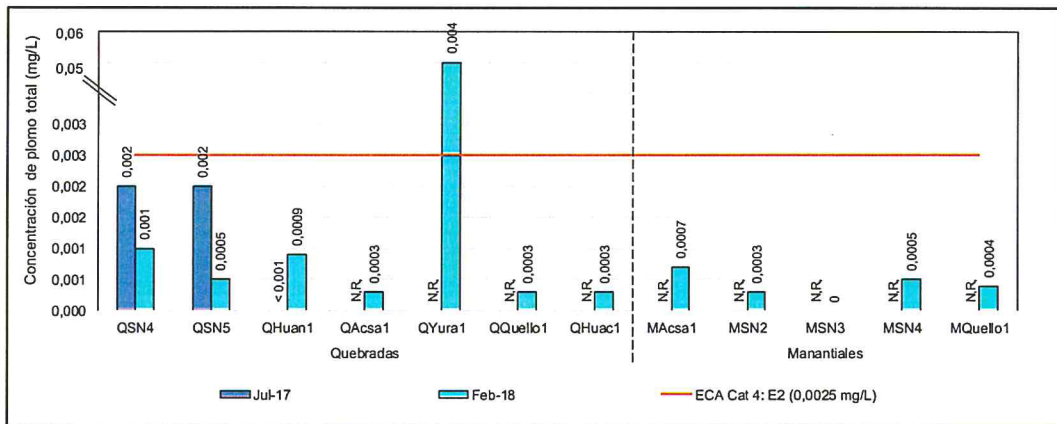


Figura 7-8. Valores de plomo total comparados con el ECA para agua Cat4E2
NR: no realizado o evaluado

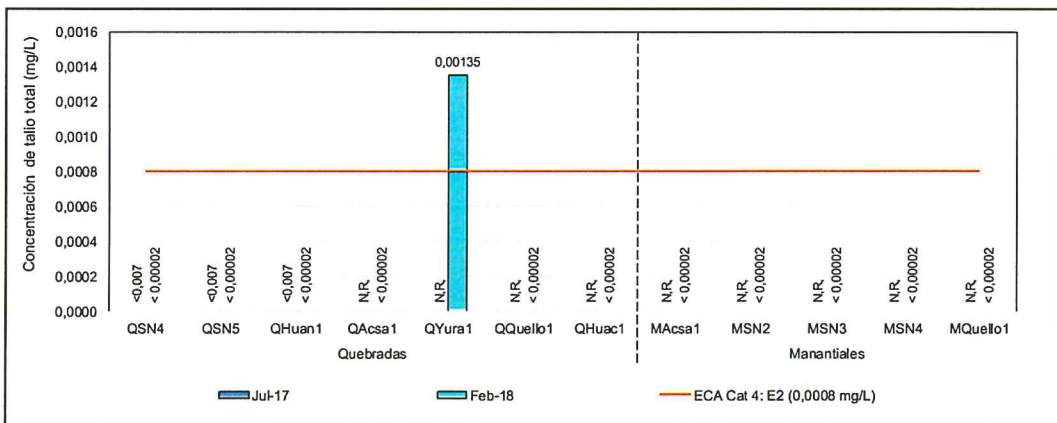


Figura 7-9. Valores de talio total comparados con el ECA para agua Cat4E2
NR: no realizado o evaluado

7.2.2. Calidad de sedimentos

Los resultados de los parámetros arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc, fueron comparados con los valores *Interim Sediment Quality Guideline* (en adelante, ISQG²³) y *Probable Effect Level* (en adelante, PEL²⁴), de forma referencial, de la guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales (*Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life – CEQG-SQG, 2002*). Los resultados de los parámetros de laboratorio evaluados para el componente sedimentos se detallan en el Anexo 2.

La evaluación en febrero de 2018 (en adelante, época húmeda) comprendió tres puntos de muestreo de sedimentos y en julio de 2017 (en adelante, época seca) comprendió cinco puntos de muestreo de sedimentos. En la Tabla 7-3 se muestra el resumen de los parámetros que excedieron los valores de la CEQG-SQG.

²³ ISQG (Interim Sediment Quality Guideline) es la concentración por debajo del cual no se esperan efectos biológicos adversos.

²⁴ PEL (Probable Effect Level) es la concentración sobre la cual se encuentran efectos biológicos adversos con frecuencia.

Handwritten signature and stamp of the OEFA. The stamp is circular and contains the text: 'ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL - OEFA - TALENTO'. The signature is written in blue ink over the stamp.

Handwritten initials 'JPC' in blue ink.



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

Tabla 7-3. Resultados de calidad de sedimentos que excedieron los valores de la CEQG-SQG en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission

Punto	2017 (época seca)		2018 (época húmeda)	
	Canadian Environmental Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life – CEQG			
	ISQG	PEL	ISQG	PEL
SED-QSN4	--	--	Mercurio	Mercurio
SED-QHuan1	--	--	Mercurio	--
SED-QAcsa1	N.E.	N.E.	Mercurio	--

NE: No evaluado
---: no excede los valores de la CEQG-SQG

En la Figura 7-10, la concentración de mercurio total en época húmeda en los puntos SED-QSN4, SED-QHuan1y SED-QAcsa1 excedieron referencialmente el valor del ISQG (0,17 mg/kg); mientras que, el punto SED-QSN4 excedió referencialmente el valor del PEL de la CEQG-SQG (0,486 mg/kg).

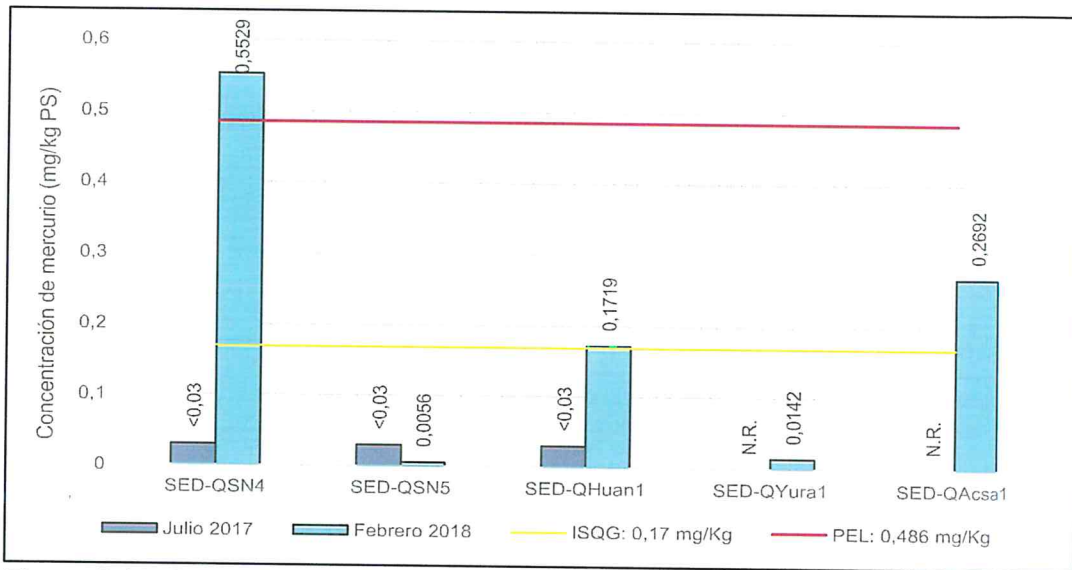


Figura 7-10. Concentración de mercurio total, comparados con los valores ISQG y PEL de la CEQG-SQG
NR: no realizado o evaluado

7.3. Estudios especializados

7.3.1. Nivel de fondo de suelo

Con la finalidad de complementar la evaluación de calidad de suelos en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani, se realizó la determinación de valores de nivel de fondo y referencia.

Los resultados de los ensayos de laboratorio para la determinación de metales totales en las muestras de suelo fueron analizados estadísticamente con el propósito de calcular las concentraciones de niveles de fondo y referencia, cuyas fichas estadísticas (que comprenden tablas y figuras) se muestran en el Anexo 5. Los valores de nivel de fondo y referencia calculados, considerando la profundidad (0,0 a 0,30 m) y tipo de suelo (ladera de montaña) se presentan en la Tabla 7-4.

Handwritten notes and signatures on the left margin



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

Tabla 7-4. Resultados de nivel de fondo y nivel de referencia de suelo en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani

Parámetros	Nivel de fondo (mg/Kg)	Nivel de referencia (mg/Kg)	Distribución	Puntos con valores anómalos
Aluminio	16674	23215	No paramétrico	--
Boro	11,44	14,21	Normal	NFF-12
Bario	43,08	65,76	No paramétrico	--
Berilio	11,47	16,52	Normal	
Calcio	765,4	1019	Normal	SUE-FIS6, NFF-12
Cerio	9,953	13,78	No paramétrico	--
Hierro	7195	9620	Normal	--
Potasio	2633	3241	Normal	--
Litio	244,5	330,3	Normal	--
Magnesio	1063	1394	Normal	SUE-FIS6
Manganeso	245,1	364,1	Normal	--
Sodio	194,1	250,8	Normal	--
Fósforo	618,3	778,6	Normal	NFF-13
Silicio	653,8	735,4	Normal	--
Estroncio	7,112	9,822	Normal	SUE-FIS6, NFF-12
Torio	0,47	0,769	No paramétrico	--
Titanio	373,2	412,5	No paramétrico	--
Uranio	7,221	9,525	Normal	--
Wolframio	1,103	1,501	Normal	--
Zinc	59,29	80,47	Normal	NFF-12
Plata	0,585	0,6	No paramétrico	--
Arsénico	18,03	28,5	No paramétrico	--
Bismuto	1,483	1,5	No paramétrico	--
Cadmio	0,374	0,5	No paramétrico	--
Cobalto	1,138	2,008	No paramétrico	--
Cromo	4,905	10,89	No paramétrico	--
Cobre	3,741	5,42	No paramétrico	--
Mercurio	0,0389	0,0755	No paramétrico	--
Molibdeno	0,69	1,055	No paramétrico	--
Níquel	1,742	3,958	No paramétrico	--
Plomo	10,18	23,66	No paramétrico	--
Antimonio	3,733	8,501	No paramétrico	--
Selenio	1,765	1,836	No paramétrico	--
Estaño	7,817	10,65	No paramétrico	--
Talio	2,944	3	No paramétrico	--
Vanadio	8,533	13,01	Normal	--

La anterior tabla muestra los valores de los niveles de fondo y referencia, los metales que presentan puntos con valores anómalos como, boro, calcio, magnesio, fósforo, estroncio y zinc en posteriores evaluaciones podrían registrar valores superiores al nivel de referencia.

7.3.2. Comunidades Hidrobiológicas

En esta sección se presentan los resultados del análisis taxonómico de las comunidades del perifiton (vegetal y animal) y macroinvertebrados bentónicos, la información de las hojas de registro de datos de campo y el procesamiento de la información de los resultados, durante las evaluaciones del 2017 y 2018, se encuentran en el Anexo 3 y Anexo 2, respectivamente.



7.3.2.1. Perifiton vegetal (microalgas)

Se realizó el muestreo de la comunidad del perifiton en 3 puntos de muestreo (HID-Huan1, HID-QSN5 y HID-QSN4) en julio de 2017 (en adelante, época seca). Así también, se muestrearon 5 puntos (HID-Huan1, HID-QSN5, HID-QSN4, HID-QYura1 y HID-QAcса1) en febrero de 2018 (en adelante, época húmeda).

- **Composición riqueza y abundancia**

La composición y riqueza de microalgas en las muestras colectadas durante las épocas seca y húmeda se detallan en la Figura 7-11. Se identificaron un total de 47 taxones durante la época húmeda y 51 taxones durante la época seca. Durante la época húmeda se registraron 3 phyla (Bacillariophyta, Chlorophyta y Cyanobacteria); mientras que, en la época seca se registraron 5 phyla (Bacillariophyta, Chlorophyta, Charophyta y Ochrophyta). La descripción de taxones en detalle, para ambas evaluaciones, se puede observar en el Anexo 2. El phylum Bacillariophyta registró la mayor riqueza en todos los puntos de muestreo y en ambas épocas, registrando sus mayores valores en el punto HID-QSN5.

Cabe precisar que en los puntos de muestreo HID-QSN4 y HID-QSN5 se registró un incremento en la riqueza de taxones en época húmeda, con respecto a la época seca; mientras que, en HID-QHuan1 se registró disminución del número de taxones en época húmeda.

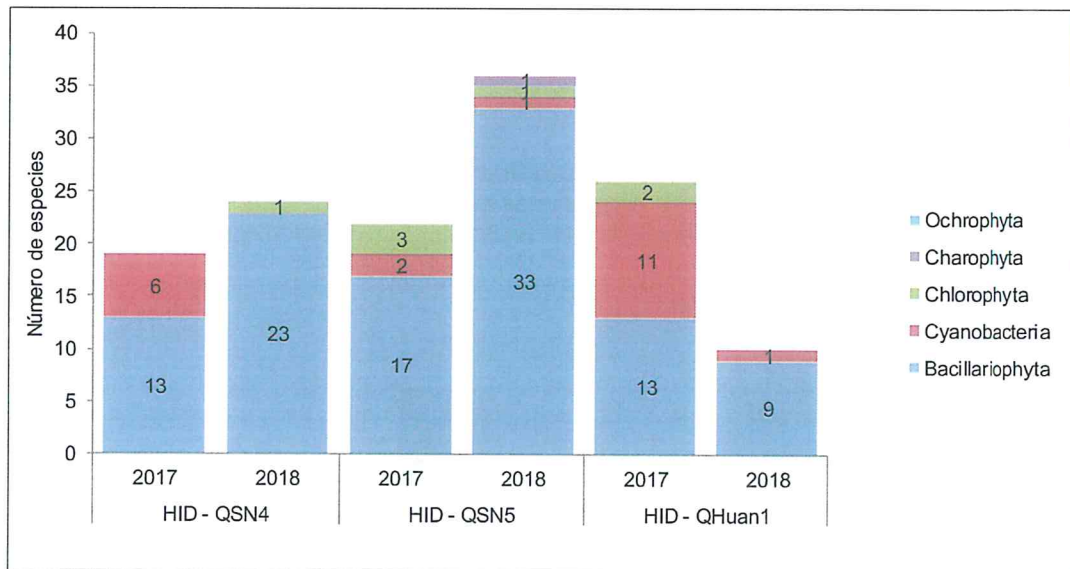


Figura 7-11. Número de especies de perifiton (microalgas) según el phylum durante las épocas seca (julio 2017) y húmeda (febrero 2018)

La composición y riqueza de microalgas en los 5 puntos de muestreo (HID-Huan1, HID-QSN5, HID-QSN4, HID-QYura1 y HID-QAcса1) evaluados en época húmeda se detallan en la Figura 7-12. Se identificaron un total de 58 especies, pertenecientes a 5 phyla (Bacillariophyta Chlorophyta, Cyanobacteria, Charophyta y Ochrophyta). Destaca el predominio del phylum Bacillariophyta en casi todos los puntos de muestreo, con excepción del punto de muestreo HID-QAcса1, donde predominaron los taxones del phylum Cyanobacteria.



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including an arrow pointing to the stamp and several illegible signatures.



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

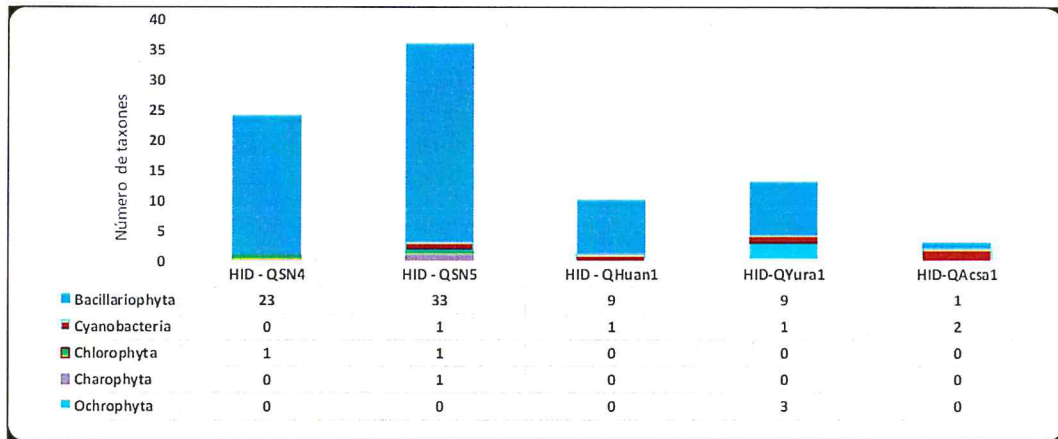


Figura 7-12. Número de especies de perifiton vegetal (microalgas) según el phylum durante la época húmeda

La abundancia total acumulada durante la época húmeda fue de 97006 organismos/cm² y durante la época seca fue de 143252 organismos/cm² (Figura 7-13). El phylum Bacillariophyta registró la mayor abundancia en todos los puntos de muestreo y en ambas épocas, registrando sus mayores valores en los puntos HID-QSN4 (época seca) y HID-QSN5 (época húmeda), con 64191 y 58084 organismos, respectivamente.

Cabe precisar que en los puntos de muestreo HID-QSN4 y HID-QHuan1 se registró una disminución de la abundancia en época húmeda, con respecto a la época seca; mientras que, en el punto HID-QSN5 se registró aumento de la abundancia en época húmeda.

La especie de mayor densidad durante la época húmeda fue *Staurosira sp.1* (phylum Bacillariophyta) con 7784 organismos/cm²; mientras que, en la época seca fue *Fragilaria aff. pararumpens* (phylum Bacillariophyta) con 24595 organismos/cm².

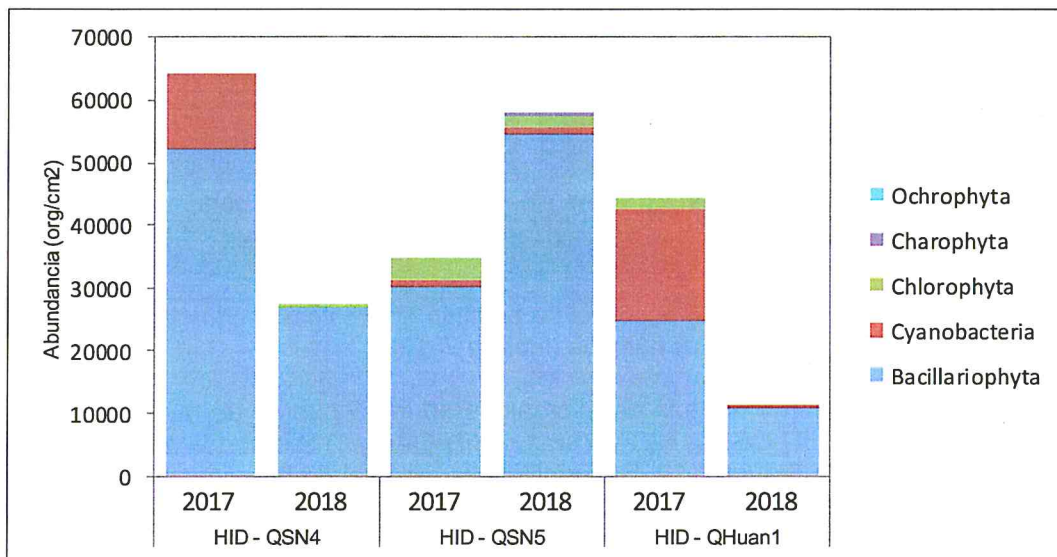


Figura 7-13. Abundancia de perifiton vegetal (microalgas) según el phylum en épocas seca (julio 2017) y húmeda (febrero 2018)

En época húmeda se registró una abundancia total acumulada de 122754 organismos/cm², donde el phylum Bacillariophyta fue dominante en los 5 puntos de



Vertical handwritten notes in blue ink, including the word 'HUMEDA' and other illegible characters.

Vertical handwritten notes in blue ink, including the word 'SECA' and other illegible characters.

Vertical handwritten initials 'APC' in blue ink.



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

muestreo evaluados (HID-Huan1, HID-QSN5, HID-QSN4, HID-QYura1 y HID-QAcsa1). Cabe resaltar que el taxón *Chryso-sphaera* sp.1 (phylum Ochrophyta) fue el que registró la mayor densidad en cada uno de los puntos de muestreo.

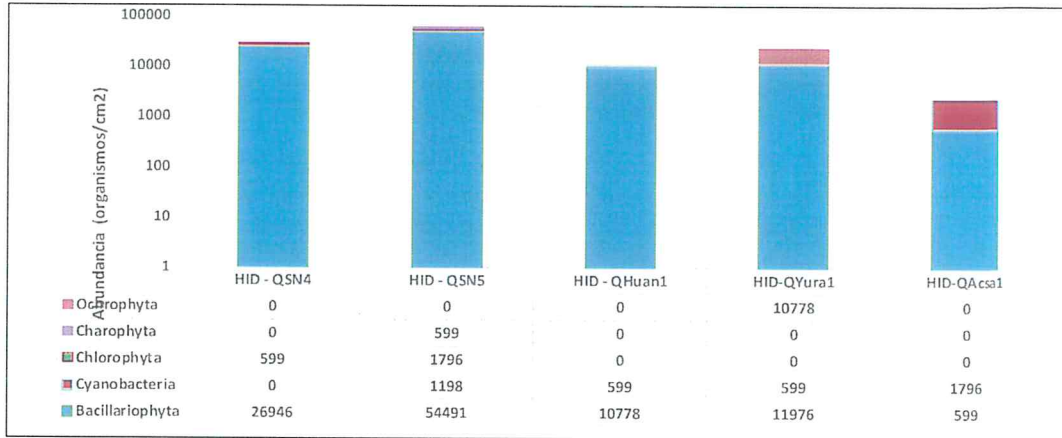


Figura 7-14. Abundancia de perifiton vegetal (microalgas) según el phylum en época húmeda

Diversidad alfa

En la Tabla 7-5 se presentan los valores de los índices de diversidad alfa en los puntos de monitoreo HID-Huan1, HID-QSN5 y HID-QSN4, para las épocas seca y húmeda; así como también los puntos HID-QYura1 y HID-QAcsa1, evaluados solo en época húmeda.

La diversidad alfa indica que el número de Hill N1 varió desde 2,83 (HID-QAcsa1) hasta 29,80 especies efectivas (HID-QSN5) en época húmeda; mientras que, en época seca varió desde 10,3 (HID-QSN4) hasta 19,9 especies efectivas (HID-QHuan1). Asimismo, el número de Hill N2 varió desde 2,67 (HID-QAcsa1) hasta 25,78 especies efectivas (HID-QSN5) en época húmeda; en tanto que en la época seca varió desde 6,7 (HID-QSN4) hasta 16,2 especies efectivas (HID-QHuan1).

La equidad de Pielou, en época húmeda, varió desde 0,83 (HID-Yura1) hasta 0,95 (HID-QHuan1, HID-QSN5 y HID-QAcsa1); mientras que, en época seca varió desde 0,79 (HID-QSN4) hasta 0,92 (HID-QHuan1). Estos resultados indican que, en general, los valores de equidad son altos, lo cual sugiere que la distribución de densidades de organismos por punto de muestreo es homogénea en ambas épocas de evaluación.

Tabla 7-5. Diversidad alfa del perifiton vegetal en la época seca y húmeda

Punto de muestreo	N1		N2		J'	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
HID - QSN4	10,3	20,04	6,7	16,28	0,79	0,94
HID - QSN5	16,8	29,8	13,1	25,78	0,91	0,95
HID - QHuan1	19,9	8,91	16,2	8,02	0,92	0,95
HID-QYura1	NE	8,4	NE	5,65	-- NE	0,83
HID-QAcsa1	NE	2,83	NE	2,67	NE	0,95

Dónde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill; J': Índice de equidad de Pielou; NE: No Evaluado

Los índices de diversidad N1 y N2 siguen la misma tendencia que la riqueza de taxones (Figura 7-15); lo cual no sucede con la equidad, la cual se encuentra relacionada directamente con la abundancia y dominancia de algún o algunos pocos taxones.



Handwritten signatures and initials in blue ink on the left margin, including 'IPC' at the bottom.



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

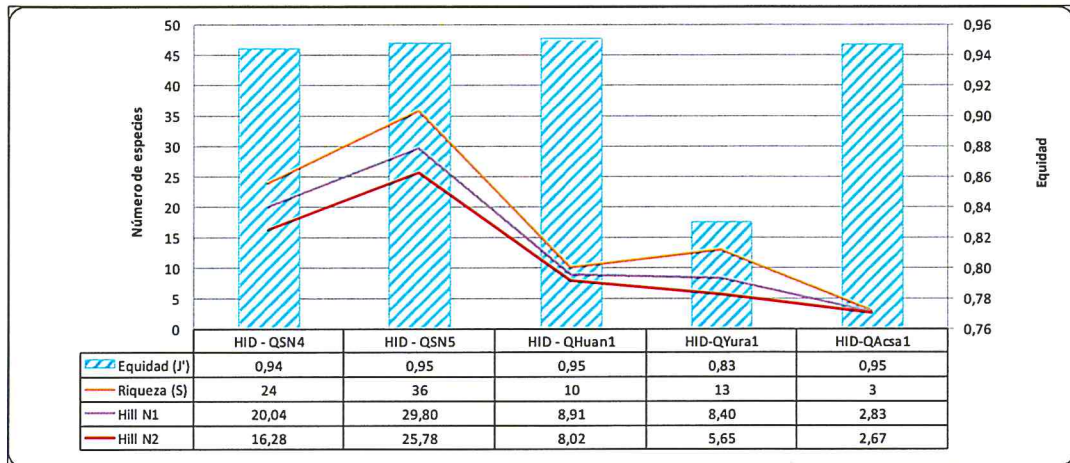


Figura 7-15. Diversidad alfa del perifiton vegetal (microalgas) en la época húmeda

• **Diversidad beta**

En la Figura 7-16 se presenta el dendrograma de similitud de perifiton vegetal, calculado mediante el índice de Bray Curtis; donde se observa que los puntos de muestreo tienen una similitud mayor al 90 % en cuanto a la composición de especies.

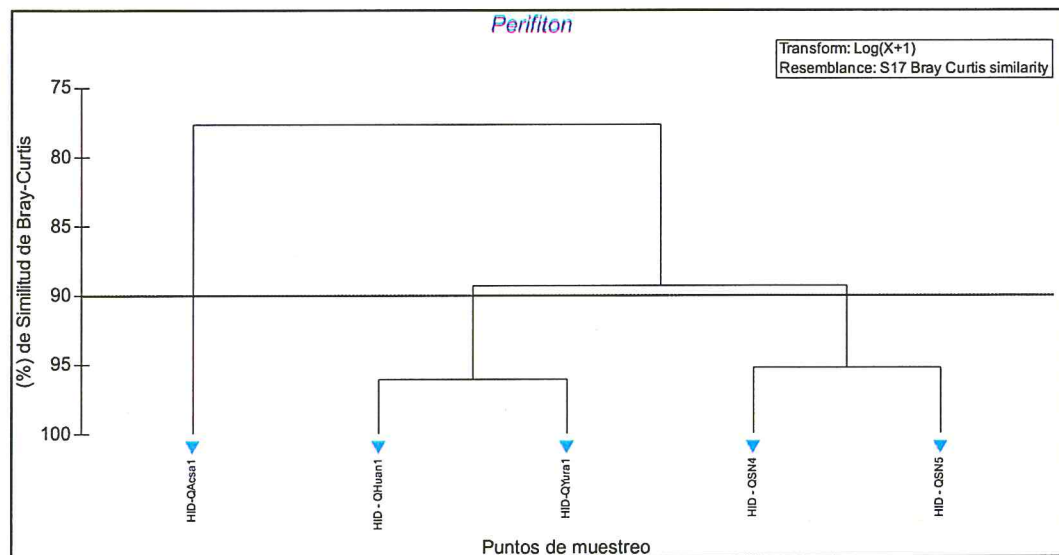


Figura 7-16. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por conglomerados) de perifiton vegetal (microalgas) en época húmeda

7.3.2.2. Macroinvertebrados bentónicos

Se realizó el muestreo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en tres puntos de muestreo (HID-Huan1, HID-QSN5 y HID-QSN4) en época seca, y en siete puntos de muestreo (HID-Huan1, HID-QSN5, HID-QSN4, HID-QYura1, HID-QAcsa1, HID-QHuac1 y HID-QQuello1) en época húmeda. La descripción de taxones en detalle, para ambas evaluaciones, se puede observar en el Anexo 2.

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

Handwritten notes on the bottom left margin.



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

• **Composición, riqueza y abundancia**

La composición y riqueza de macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo HID-Huan1, HID-QSN5 y HID-QSN4, durante la época seca y húmeda, se detallan en la Figura 7-17. En época húmeda se identificaron un total de 14 taxones distribuidos en 3 phyla, conformados por 5 clases, 9 órdenes y 13 familias; mientras que, en época seca se registraron un total de 27 taxones distribuidos en 3 phyla, conformados por 5 clases, 9 órdenes y 17 familias. El registro completo de especies se detalla en el Anexo 2.

En general, se observa el predominio del orden Diptera en casi todos los puntos de muestreo, con excepción de HID-QSN4 en la evaluación de febrero, donde compartió el mismo número de taxones con el orden Ephemeroptera.

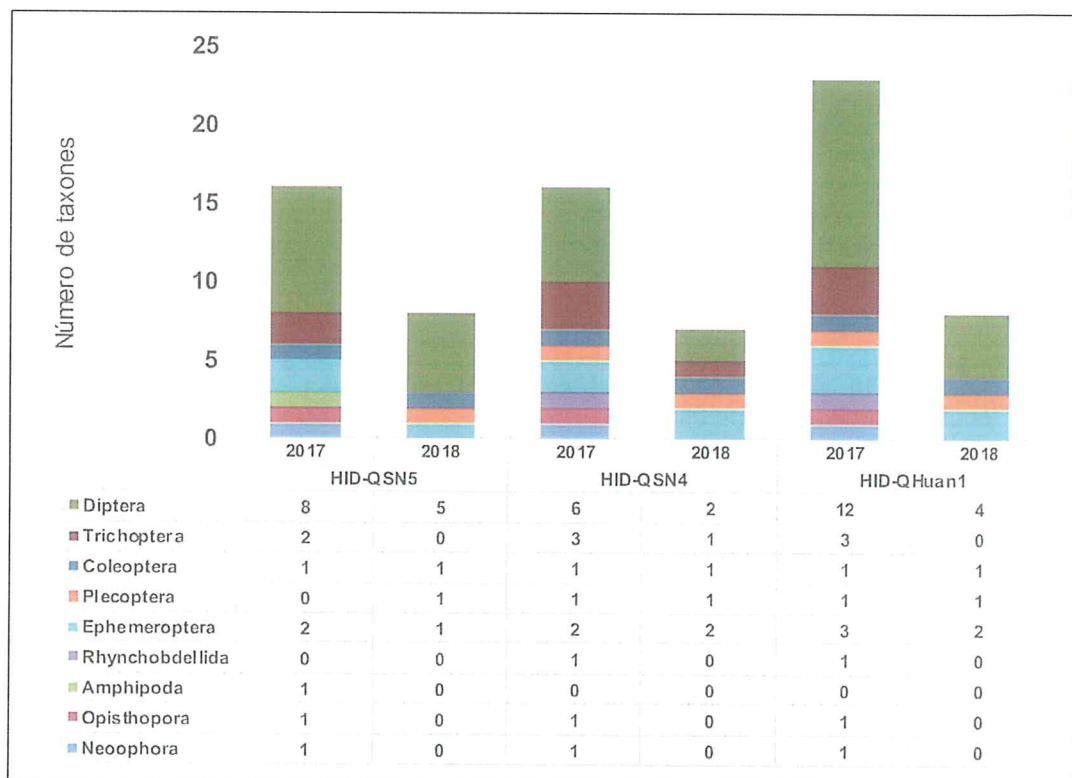


Figura 7-17. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos según el orden durante las épocas seca (julio 2017) y húmeda (febrero 2018)

Respecto a la composición y riqueza de macroinvertebrados bentónicos en los 7 puntos de muestreo (HID-Huan1, HID-QSN5, HID-QSN4, HID-QYura1, HID-QAcsa1, HID-QHuac1 y HID-QQuella1) evaluados en época húmeda, se identificaron un total de 20 especies distribuidas en 3 phyla, conformados por 5 clases, 9 órdenes y 17 familias (Figura 7-18). En general, se observa el predominio de taxones del orden Diptera, con excepción de HID-QAcsa1 y HID-QSN4, donde se observa una composición comunitaria heterogénea.



Handwritten signatures and initials in blue ink, including 'A', 'P', 'H', 'E', 'A', 'PC', 'IPC'.



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

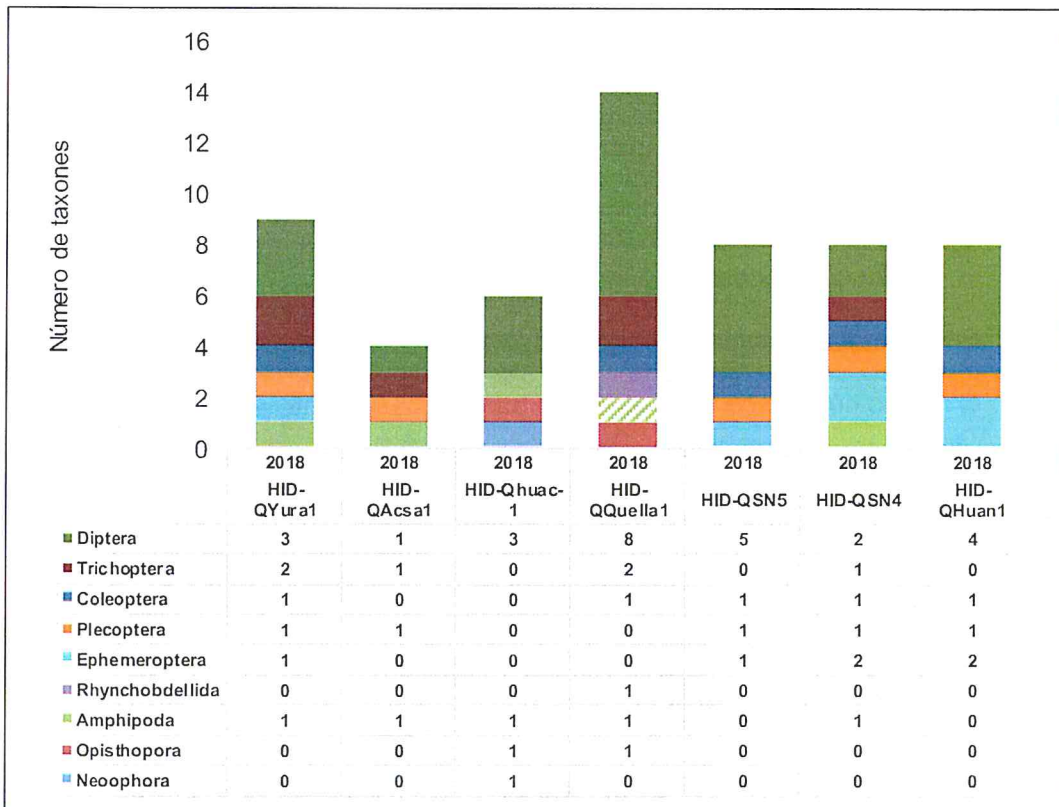


Figura 7-18. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos según el orden en época húmeda (febrero 2018)

La abundancia total de macroinvertebrados bentónicos durante la época húmeda fue de 9 308 organismos; mientras que, durante la época seca fue de 1283 organismos (Ver Figura 7-19).

Durante la evaluación en época húmeda se registró una abundancia de 2384 organismos en el orden Plecoptera, 1694 organismos en el orden Diptera y 2310 organismos para el orden Ephemeroptera; y, las especies más abundantes fueron *Claudioperla* sp., *Andesiops* sp. y *Simulium* sp. con 2384, 1544 y 643 organismos, respectivamente. Mientras que en época seca se registró una abundancia de 555 organismos del orden Ephemeroptera, 318 organismos del orden Coleoptera y 234 organismos del orden Diptera; las especies más abundantes fueron *Americabaetis* sp., *Cyloepus* sp. y *Hexatoma* sp. con 409, 318 y 86 organismos, respectivamente.

En los puntos de muestreo HID-QSN5, HID-QSN4 y HID-QHuan1 se observó un incremento significativo en la abundancia de organismos en época húmeda, con respecto a la época seca (Figura 7-19).



Handwritten signatures and initials in blue ink, including 'PC' and 'H'.

Handwritten initials 'D.F.H.' and 'LPC' in blue ink.



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

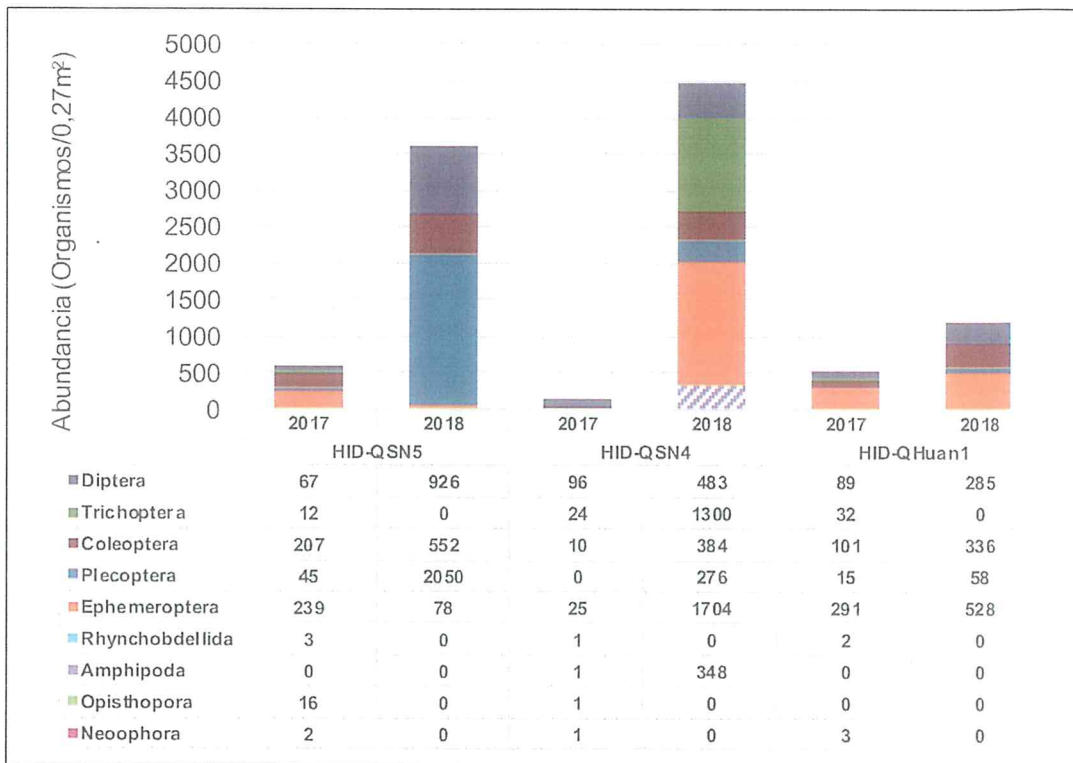


Figura 7-19. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según el orden en épocas seca (julio 2017) y húmeda (febrero 2018)

En época húmeda, el Orden Diptera se registró en todos los puntos muestreo (Figura 7-20); asimismo, la abundancia total acumulada fue de 10521 organismos; en tanto *Claudioptera sp.* (orden Plecoptera) fue la especie de mayor densidad durante la época húmeda en los puntos de muestreo HID-Huan1, HID-QSN5 y HID-QSN4) con 2411 org/cm².



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

Vertical handwritten notes in blue ink, including the letters 'LPC' at the bottom.



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

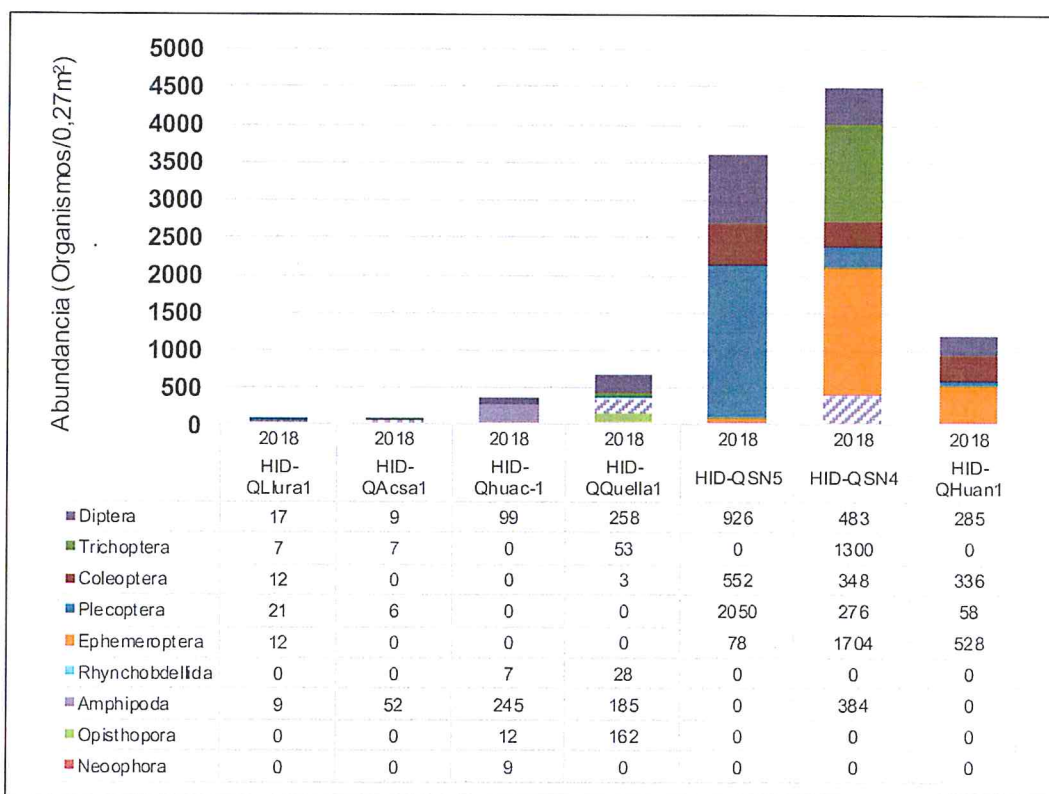


Figura 7-20. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos según el orden, durante la época húmeda (febrero 2018)

Diversidad alfa

En la Tabla 7-6 se presentan los valores de los índices de diversidad alfa en los 3 puntos de muestreo (HID-Huan1, HID-QSN5 y HID-QSN4) evaluados en épocas seca y húmeda; así como también, los puntos de muestreo HID-QYura1, HID-Acsa1, HID-QHuac1 y HID-QQuella1, evaluados solamente en época húmeda.

La diversidad alfa indica que el número de Hill N1 varió desde 2,54 (HID-QAcsa1) hasta 7,3 especies efectivas (HID-QQuella1) en época húmeda; mientras que, en época seca varió desde 5,89 (HID-QSN5) hasta 8,1 especies efectivas (HID-QSN4). Asimismo, el número de Hill N2 varió desde 1,91 (HID-Acsa1) hasta 6,36 especies efectivas (HID-QYura1) en la época húmeda, mientras que en la época seca varió desde 4,27 (HID-QSN5) hasta 5,35 especies efectivas (HID-QSN4).

La equidad de Pielou en la época húmeda varió desde 0,61 (HID-QSN4 y HID-QHuac1) hasta 0,90 (HID-QSN4), mientras que en la época seca varió desde 0,63 (HID-QHuan1) hasta 0,75 (HID-QSN4), los resultados indican que los valores de equidad son moderados y presentan una distribución homogénea de las abundancias de los diferentes taxones por punto de muestreo para ambas épocas.

Tabla 7-6. Diversidad alfa de macroinvertebrados en la época seca (julio 2017) y húmeda (febrero 2018)

Punto de muestreo	N1		N2		J'	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
HID - QSN4	8,1	6,43	5,35	5,47	0,75	0,89
HID - QSN5	5,89	3,57	4,27	2,65	0,64	0,61
HID - QHuan1	7,29	4,04	4,49	3,33	0,63	0,67



Vertical handwritten notes in blue ink on the left margin.

Vertical handwritten notes in blue ink at the bottom left margin.



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

Punto de muestreo	N1		N2		J'	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
HID-QYura1	NE	7,3	NE	6,36	NE	0,9
HID-QAcsa1	NE	2,54	NE	1,91	NE	0,67
HID-QHuac1	NE	3,3	NE	2,18	NE	0,61
HID-QQuella1	NE	6,89	NE	5,7	NE	0,73

Dónde: N1 y N2: Índices de diversidad de Hill; J': Índice de equidad de Pielou; NE= No evaluado

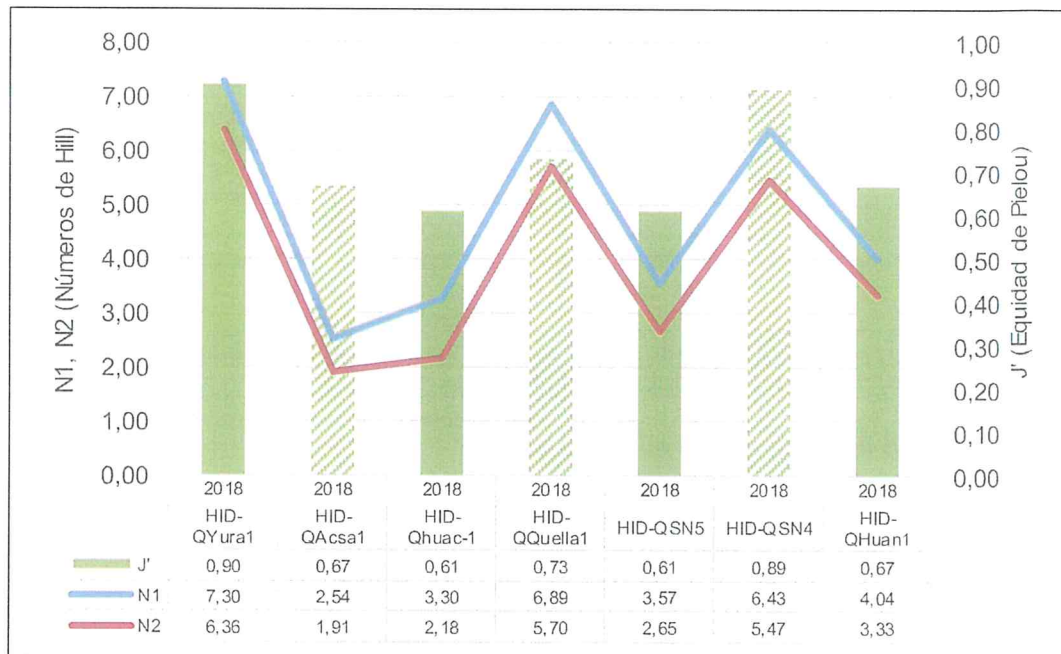


Figura 7-21. Diversidad alfa de macroinvertebrados en época húmeda (febrero 2018)

• Diversidad beta

La Figura 7-22 presenta el dendrograma de similitud de los macroinvertebrados bentónicos, calculado mediante el índice de Bray Curtis, donde los puntos de muestreo HID-QSN5, HID-QYura1 y HID-QAcsa1 tienen una similitud menor al 50 % en cuanto a la composición de especies; mientras que, los puntos HID-QHuac1 y HID-QQuella1 tienen el mayor porcentaje de similitud con 50 %.



Handwritten signature and initials in blue ink.

Handwritten initials 'PC' and other marks in blue ink.



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

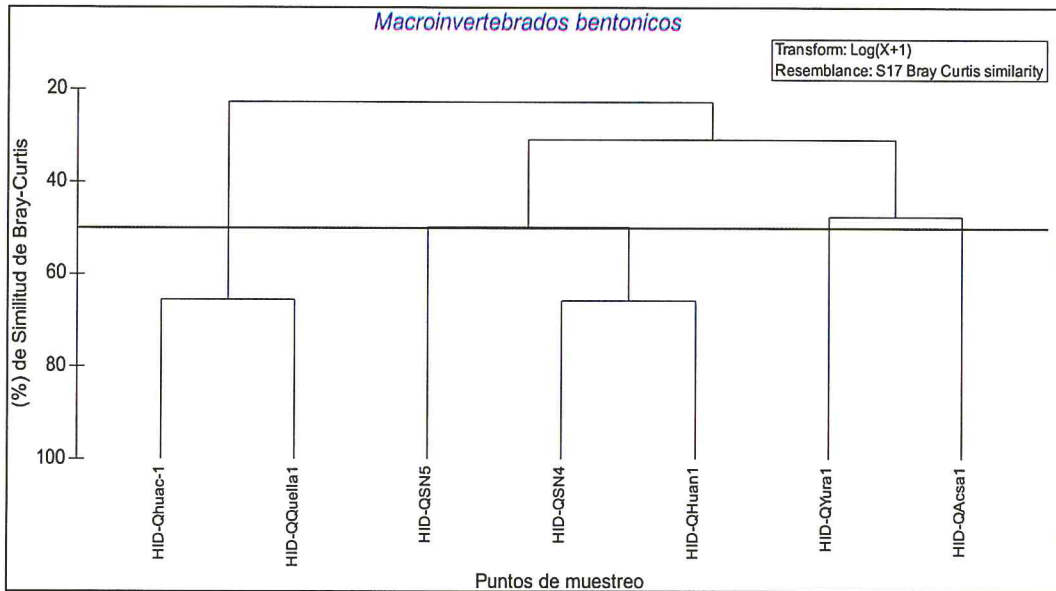


Figura 7-22. Diversidad beta (similitud de Bray-Curtis por conglomerados) de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos época húmeda

• Calidad de agua según el índice ABI

Según este índice, la calidad del agua en los puntos de muestreo evaluados varió desde moderado a bueno (ver Figura 7-23), en época húmeda.

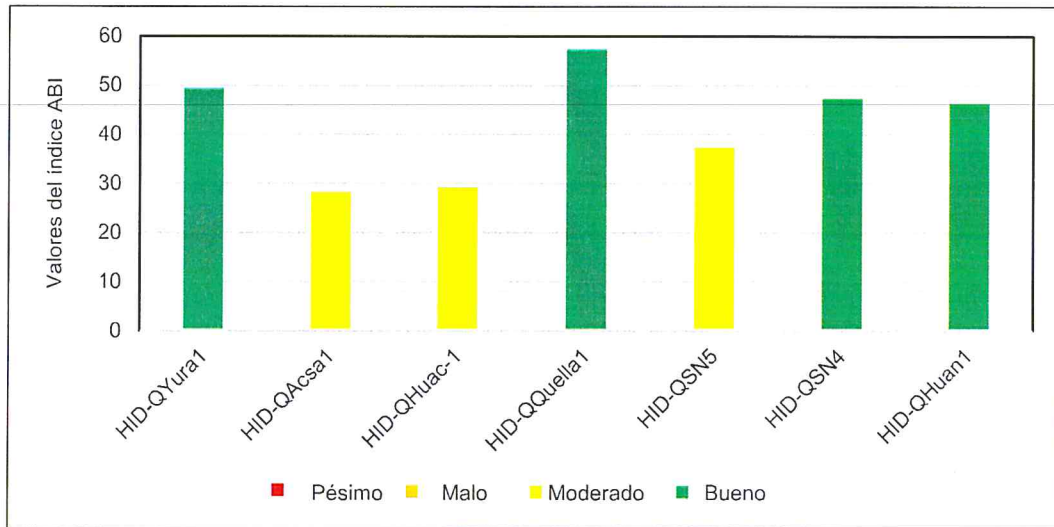


Figura 7-23. Valores del índice ABI de macroinvertebrados bentónicos en época húmeda



Handwritten blue ink notes and signatures on the left margin.

Handwritten blue ink notes and signatures at the bottom left margin.



7.3.3. Evaluación Hidroquímica

La evaluación hidroquímica se realizó en los 12 puntos de agua evaluados, de los cuales 7 se ubican en quebradas y 5 en manantiales.

7.3.3.1. Diagramas (facies) hidroquímicos

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

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

• Error de balance iónico (EBI)

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

En la Tabla 7-7 se muestran las concentraciones de aniones y cationes considerados para la evaluación del balance iónico. En los puntos que superan el EBI, se observa que la suma de aniones y cationes es menor a 1 meq/L. A este nivel, los valores de concentración se encuentran muy cerca al límite de cuantificación (LC), y las desviaciones aceptables para valores cercanos al LC es 50 %, debido a la variabilidad relativa existente a este nivel; por lo que podría esperarse que el EBI supere el $\pm 10\%$ para niveles de concentración bajos, donde la suma de aniones y cationes no supera 5 meq/L, más aún si la suma es menor a 1 meq/L. Nordstrom *et al.* (2008) consideró válidos los datos del balance de carga con desviación estándar $\pm 20\%$.

Tabla 7-7. Balance iónico de los cuerpos agua en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission

Código de Muestreo	Concentraciones de cationes (meq/L)					
	H_3O^+	Aluminio (Al^{3+})	Hierro (Fe^{2+})	Manganeso (Mn^{2+})	Bario (Ba^{2+})	Estroncio (Sr^{2+})
QSN5	0,0001	0,02479	0,00679	0,00029	0,00006	0,00022
QSN4	0,0001	0,02213	0,00415	0,00019	0,00004	0,00018
QHuan1	0,0001	0,02668	0,00999	0,00030	0,00004	0,00018
QAcsa1	0,0000	0,01445	0,00170	0,00006	0,00002	0,00013
MAcsa1	0,0002	0,00578	0,00076	0,00003	0,00002	0,00010
MSN2	0,0001	0,01368	0,00069	0,00003	0,00001	0,00017
MSN3	0,0004	0,01423	0,00001	0,00000	0,00002	0,00007
MSN4	0,0001	0,00689	0,00096	0,00006	0,00001	0,00009
QYura1	0,0000	0,02135	0,00361	0,00037	0,00003	0,00009
QQuello1	0,0002	0,00700	0,00056	0,00005	0,00002	0,00012
MQuello1	0,0013	0,0032	0,0006	0,0000	0,0000	0,0002
QHuc1	0,0002	0,0039	0,0015	0,0001	0,0000	0,0002



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

Código de Muestreo	Concentraciones de cationes (meq/L)					
	Litio (Li ⁺)	Calcio (Ca ²⁺)	Magnesio (Mg ²⁺)	Potasio (K ⁺)	Sodio (Na ⁺)	ΣCationes
QSN5	0,00901	0,08	0,02	0,05	0,16	0,35
QSN4	0,00520	0,07	0,02	0,05	0,14	0,31
QHuan1	0,00811	0,07	0,02	0,05	0,16	0,34
QAcsa1	0,00930	0,06	0,01	0,05	0,17	0,32
MAcsa1	0,00203	0,03	0,01	0,02	0,07	0,14
MSN2	0,00661	0,07	0,01	0,04	0,12	0,25
MSN3	0,00099	0,02	0,01	0,01	0,05	0,10
MSN4	0,00663	0,04	0,00	0,03	0,14	0,24
QYura1	0,01052	0,03	0,01	0,05	0,19	0,32
QQuello1	0,00174	0,03	0,01	0,03	0,09	0,16
MQuello1	0,0017	0,07	0,01	0,03	0,09	0,21
QHucac1	0,0075	0,06	0,01	0,04	0,14	0,27

Código de Muestreo	Concentraciones de aniones (meq/L)					Balance Iónico
	Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	Cloruros (Cl ⁻)	Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	Nitratos (NO ₃ ⁻)	ΣAniones	
QSN5	0,259	0,00	0,01	0,0000	0,27	12,54%
QSN4	0,239	0,00	0,00	0,0000	0,24	12,26%
QHuan1	0,252	0,00	0,01	0,0000	0,26	14,07%
QAcsa1	0,303	0,00	0,00	0,0000	0,31	1,85%
MAcsa1	0,146	0,00	0,00	0,0000	0,15	-5,02%
MSN2	0,329	0,00	0,01	0,0000	0,34	-13,79%
MSN3	0,095	0,00	0,00	0,0000	0,10	0,65%
MSN4	0,239	0,00	0,00	0,0000	0,24	-0,85%
QYura1	0,213	0,00	0,00	0,0000	0,22	18,21%
QQuello1	0,157	0,00	0,00	0,0000	0,16	-1,06%
MQuello1	0,1688	0,0009	0,0091	0,0000	0,1788	0,0722
QHucac1	0,2901	0,0009	0,0005	0,0000	0,2915	-0,0372

• Diagramas de Piper y Stiff

En la Figura 7-14 se observa que todos los puntos evaluados durante la época húmeda presentan facies bicarbonatadas-sódicas; asimismo, los puntos QSN4, QSN5 y QHuan1 (evaluados en época seca y húmeda) presentaron facies bicarbonatadas-sódicas en ambas épocas, esta información se corrobora con el diagrama de Stiff (Figura 7-25).

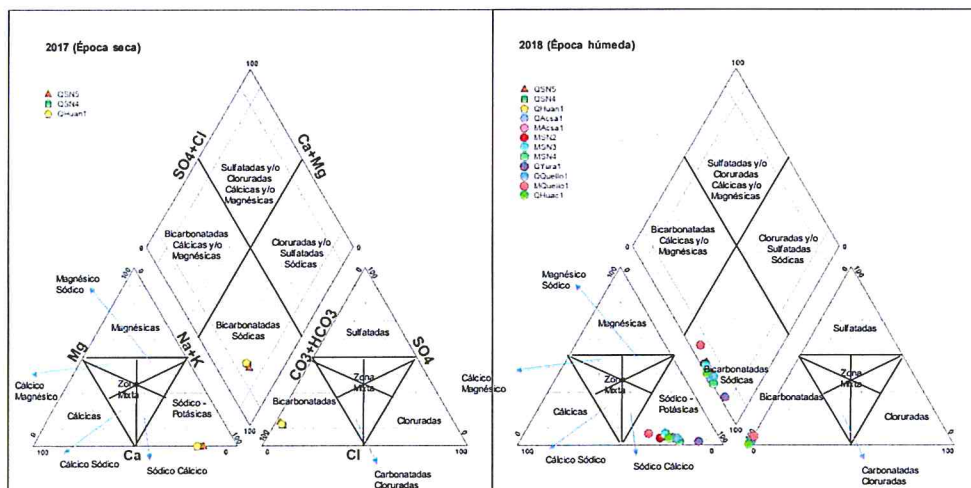


Figura 7-24. Diagramas de Piper en épocas seca y húmeda



Handwritten blue ink notes and arrows pointing upwards.

Handwritten blue ink notes and initials.



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

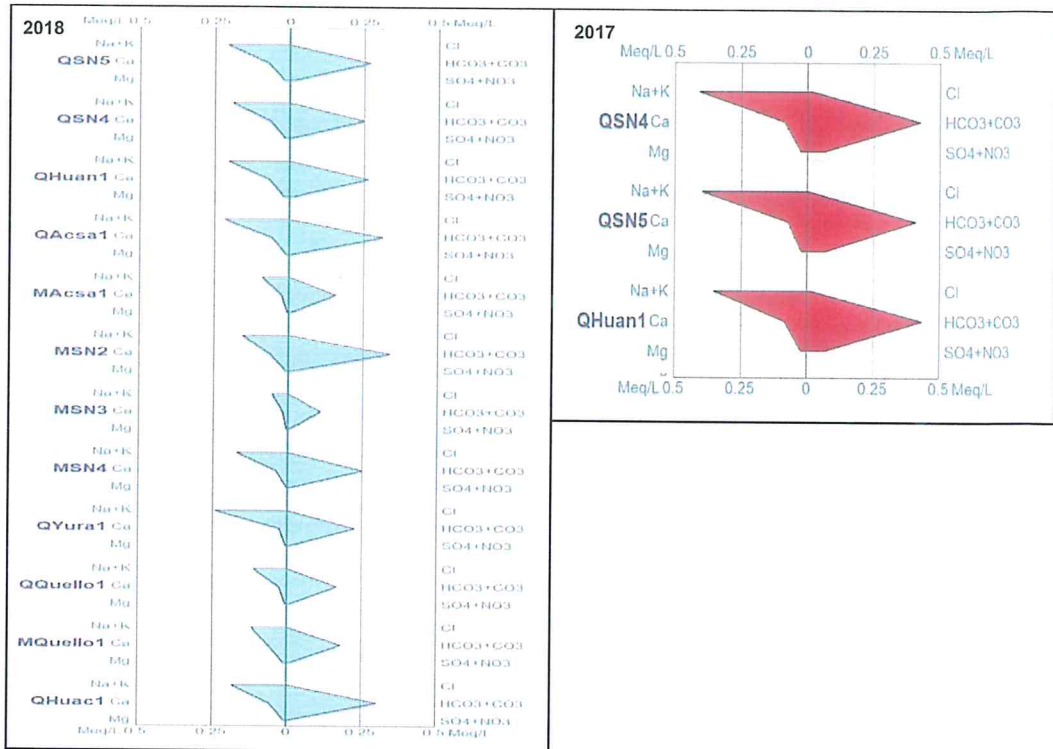


Figura 7-25. Diagramas de Stiff en épocas seca y húmeda

• Diagrama de Ficklin

Acorde con el diagrama de Ficklin, todos los puntos evaluados se clasifican como cercanos a la neutralidad con baja carga de metales (Figura 7-26).

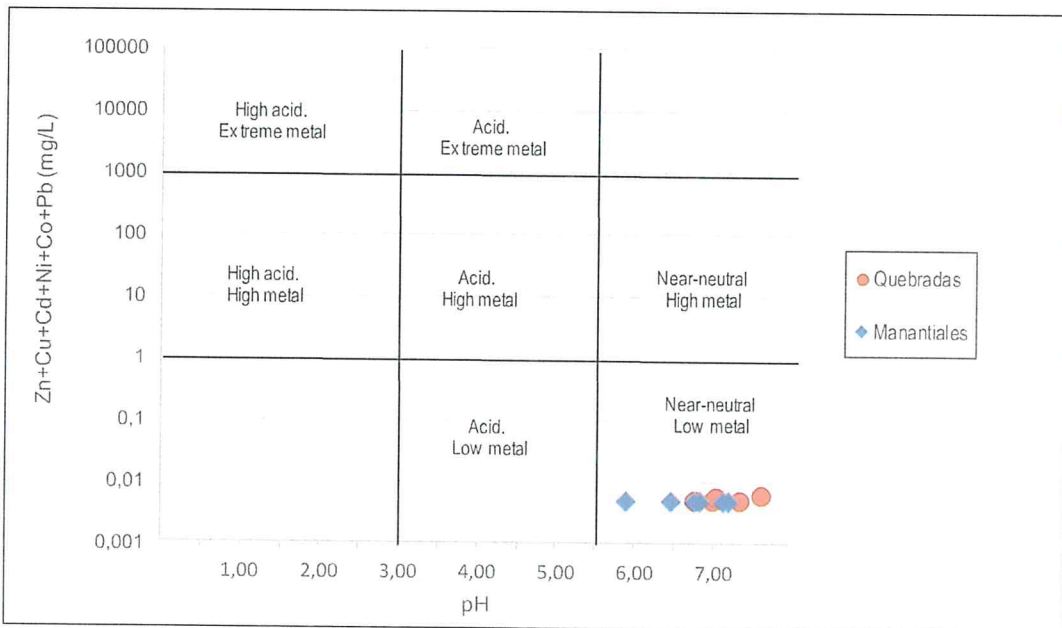


Figura 7-26. Clasificación hidroquímica según el diagrama de Ficklin en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani en época húmeda



Handwritten blue notes and signatures on the left margin, including 'Ape' and 'D.'.



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

7.3.1. Caracterización geológica

7.3.1.1. Contexto metalogénico y mineralización

El proyecto de exploración minera Corani de Fission corresponde a un yacimiento de uranio (U) asociado a rocas volcánicas félsicas de la Formación Quenamari, específicamente a los Miembros Sapanuta y Yapamayo (Rivera *et al.*, 2010).

Esta franja se extiende a lo largo del altiplano oriental, desde las mesetas de Quenamari y Picotani en el sureste de Perú hasta Bolivia (Franz, 2010) y colindan por el este con el Complejo San Gabán, ubicado en la margen oeste de la Cordillera Oriental (Figura 7-27). Estas secuencias volcánicas yacen discordantes sobre rocas Paleozoicas y corresponden a secuencias gruesas de tobas riolíticas de composición peraluminosa (Carlotto, 2009) rellenos de minerales de uranio, como coffinita ($USiO_4 \cdot (OH)_4$), autunita ($Ca(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 10-12H_2O$), tyuyamunita ($(Ca(UO_2)_2(V_2O_8)_5 \cdot 8H_2O)$) y carnotita $K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3H_2O$, también presenta pechblenda negra (UO_2) en la matriz y en menor proporción pechblenda con hábito dendrítico en las fracturas.

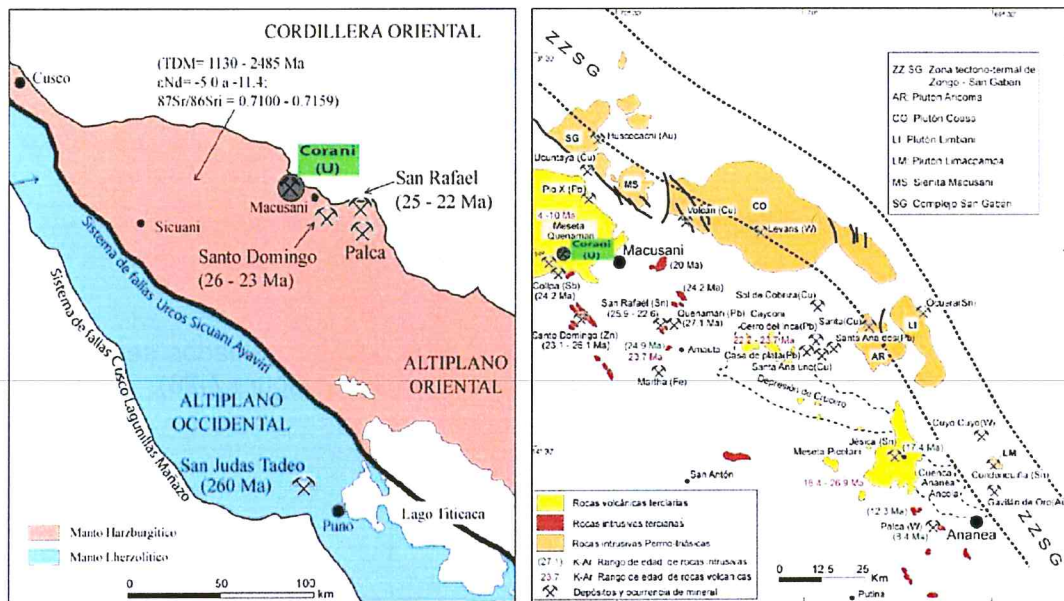


Figura 7-27. Contexto tectónico y metalogénico del proyecto de exploración minera Corani de Fission
Fuente: Rivera *et al.* (2010)

Rivera *et al.* (2010) identifica en este sector a la autunita como mineral principal y la metaautunita como minerales secundarios distribuidos en las fracturas de las tobas riolíticas (Figura 7-28).

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



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



Figura 7-28. Tobas riolíticas con mineralización de autunita en fracturas, acompañado de óxidos de hierro.

Fuente: Rivera *et al.* (2010)

El uranio se presenta de forma diseminada en la matriz de las tobas riolíticas, pero las anomalías mayores se presentan en venillas (> 1000 ppm). El *background* de uranio en estas rocas es de 25 ppm (Rivera *et al.*, 2011).

7.3.1.2. Geología local

a) Estratigrafía

Las unidades litoestratigráficas identificadas en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission varían temporalmente desde el Triásico Medio-Jurásico Inferior (Grupo Mitu²⁵), Neógeno (Formación Quenamari) y depósitos superficiales inconsolidados (Figura 7-29). Para una mejor visualización del mapa geológico en mención ver Anexo 1.

²⁵ El repositorio de unidades litoestratigráficas publicado por Ingemmet (2016), asigna al Grupo Mitu la edad de Pérmico-Triásico, sin embargo, dataciones en el sur del Perú de Reitsma *et al.*, (2010), Miskovic *et al.*, (2009) y Semperé *et al.*, (2002) le asignaron edades más recientes, correspondiente al Triásico Medio – Jurásico Inferior.



Handwritten notes and arrows on the left margin.

Handwritten notes on the left margin.



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

Miembro Chacacuniza (Nm-qu/ch)

Este miembro aflora ampliamente en el distrito de Corani y en el centro poblado de Quecha Quecha. Yace discordante sobre las rocas volcanosedimentarias del Grupo Mitu.

Litológicamente está compuesta por toba de cristales, toba de cristales con líticos y ojos de cuarzo de hasta 5 mm de diámetro y lavas andesíticas intercalados con tobas riolíticas.

Miembro Sapanuta (Nm-qu/sa)

Este miembro corresponde a la parte media de la Formación Quenamari. Aflora ampliamente en el fondo de vale y laderas del río Queranimayu, río Chimboya, quebrada Acsanamayu, quebrada Pantion Huayco, quebrada Toma Parque, río Jarapampa y quebrada Huacollo. La litología consiste en tobas de composición riolítica, emplazado en secuencias con estructura columnar. La mineralogía está compuesta por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y fragmentos líticos.

Miembro Yapamayo (Nm-qu/ya)

El miembro Yapamayo corresponde a la parte superior y al último evento volcánico de la Formación Quenamari, se caracteriza por presentar relieves poco degradados y mesetas extensas. Aflora ampliamente en los cerros Taypitira, Yanañapunta, Sayhuayoc, Yurac Punco, Sonbrerune y Jatunsoapiña. Litológicamente está constituido por niveles subhorizontales (menores a 5° de inclinación) de tobas blancas y toba de lapilli de composición riolítica.

En el cerro Chaupiloma y la naciente de la quebrada Unutimpuc (POG CG-FI-01), se observó toba de cristales con líticos, de color blanco, masivo y niveles de brechas de tobas (Figura 7-30).



Figura 7-30. Afloramientos de rocas volcánicas del Miembro Yapamayo A) Cerro Chaupiloma y B) Quebrada Unutimpuc

Depósitos superficiales cuaternarios (Q)

Los depósitos glaciares se refieren al material erosionado y depositado en forma de morrenas laterales y frontales y que cubren a las rocas volcánicas e intrusivas (Cordillera Oriental). Se observan en la margen izquierda de los ríos Chimboya y Corani. Este depósito está constituido por bloques polimícticos subangulosos y heterométricos englobados en matriz arenolimsa.

A
 H
 L
 J
 pe
 ch.

P.
 f
 h
 LPC



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

Los depósitos aluviales corresponden a sedimentos depositados en las terrazas del fondo de los valles. Se ubican en la quebrada Pascamayu, río Chimboya y río Corani, y están constituidos por gravas polimícticas en matriz arenosa. Localmente, según Ribera *et al.* (2011), los sedimentos fluvio-glaciares, deluviales y depósitos residuales cercanos a las zonas mineralizadas han registrado valores de uranio de hasta 500 c/s (conteos por segundo).

b) Rocas intrusivas

Las rocas intrusivas de la Unidad San Gabán afloran en la margen izquierda del río Corani y en el sector de Limacpampa. Litológicamente corresponde a monzogranito porfídico y equigranular. La edad asignada por Miskovic *et al.* (2009) es 216,1±3,1 Ma que corresponde al Periodo Triásico Superior.

c) Contexto estructural

Las estructuras regionales de carácter compresivo se observan en la localidad de Corani. La falla inversa tiene dirección NE-SO y controla el desplazamiento del monzogranito de la Unidad San Gabán que cabalga sobre las secuencias volcanosedimentarias del Grupo Mitu.

En las áreas de exploración 1 y 2 no se observan fallas regionales, debido a la cobertura volcánica de la Formación Quenamari. Sin embargo, se observan fallas, fallas inferidas y lineamientos menores de dirección NO-SE que cortan pseudoperpendicular a las quebradas y ríos.

7.3.2. Flora silvestre

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

7.3.2.1. Composición florística

• Composición florística en el área de estudio

Se han identificado 77 especies de plantas vasculares, agrupadas en 3 clases, 24 familias botánicas y 52 géneros (Anexo 2). La clase Magnoliopsida (angiospermas) representa el grupo dominante con 57 especies (74 %), seguidas de la clase Liliopsida (angiospermas) con 19 especies (24,7 %). Una menor diversidad presenta la clase Lycopsidea con 1 especie (1,3 %) (Tabla 7-8 y Figura 7-31).

Tabla 7-8. Número de familias, géneros y especies por cada clase registrada en el área de estudio

Clase	Familia	Genero	Especie
Liliopsida	4	12	19
Lycopsidea	1	1	1
Magnoliopsida	19	39	57



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

Handwritten notes and signatures in blue ink at the bottom left margin.



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

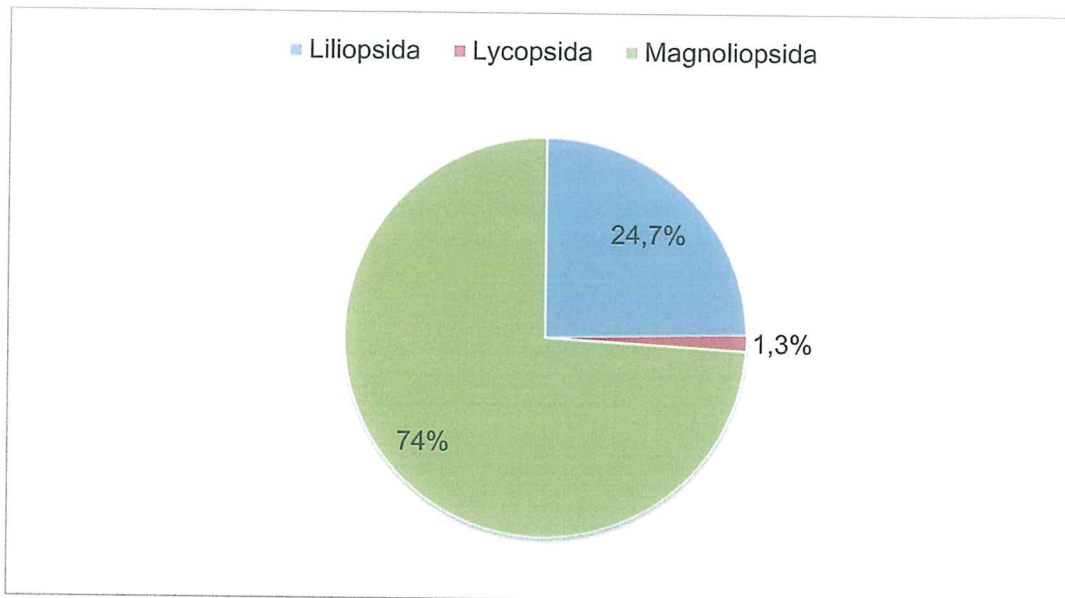


Figura 7-31. Porcentaje de especies por Clase registrado en el área de estudio

Las familias más diversas son Asteraceae con 26 especies en 13 géneros y Poaceae con 14 especies en 7 géneros, en conjunto solo estas dos familias agrupan el 52 % del total de especies, poco más de la mitad del total presentes en el área de estudio, en general estas familias son las más frecuentes (diversas) en las áreas altoandinas. Entre otras familias diversas tenemos a Plantaginaceae y Caryophyllaceae con 4 y 3 especies, respectivamente. Además, entre las 8 familias más diversas se agrupan el 74 % de especies registradas en el área (Figuras 7-32 y 7-33).

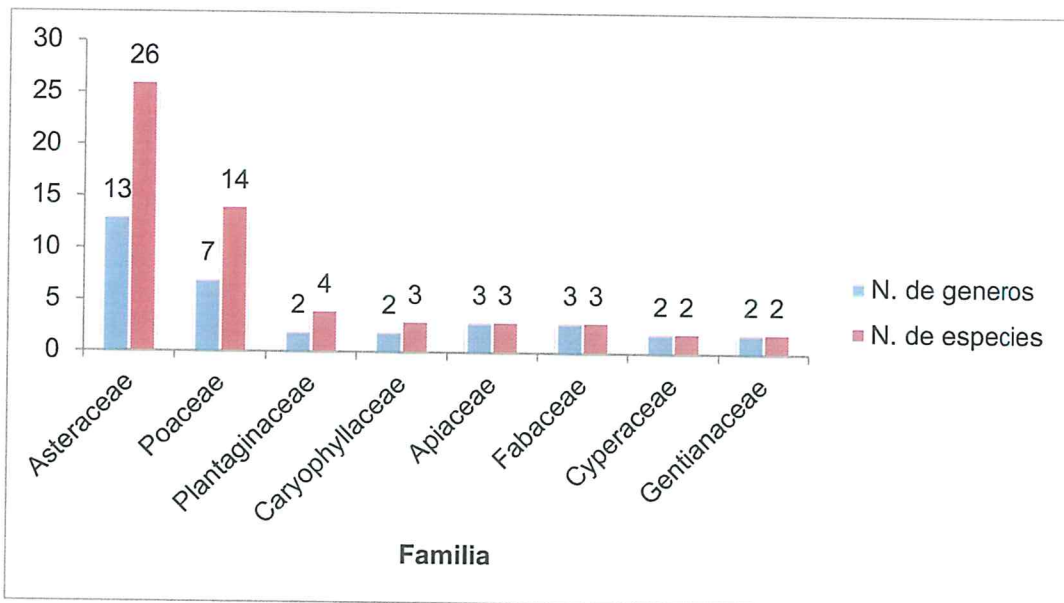


Figura 7-32. Familias más diversas, indicando número de géneros y especies, registradas en el área de estudio



Handwritten blue notes and signatures on the left margin.

Handwritten blue notes and signatures at the bottom left margin.



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

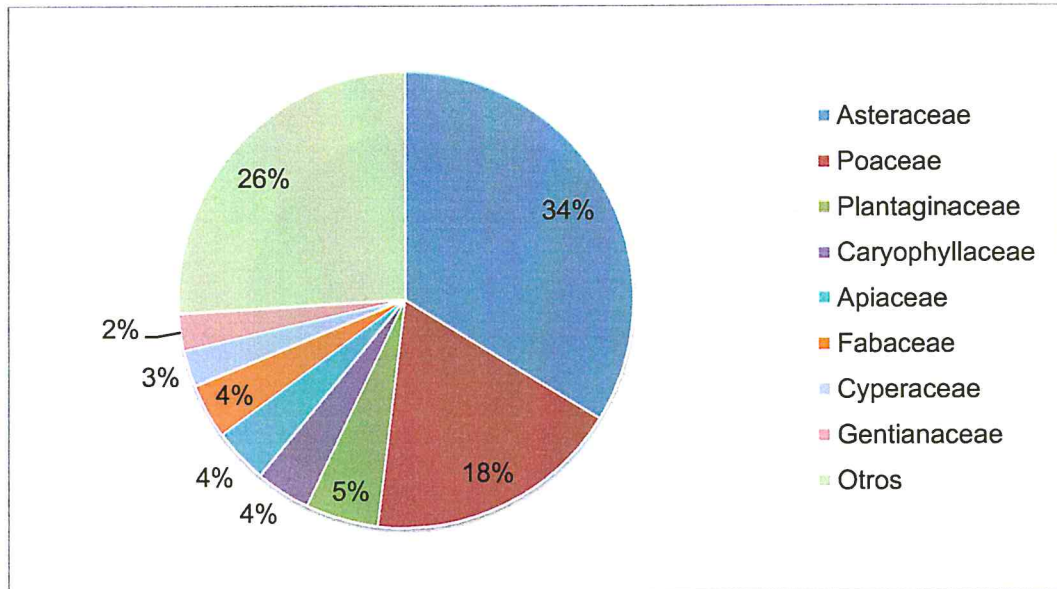


Figura 7-33. Familias con mayor porcentaje de especies, por encima del 2 % de especies registradas en el área de estudio

Los géneros con mayor número de especies fueron *Calamagrostis* y *Senecio* con 7 y 5, respectivamente. Estos 2 géneros de la familia Asteraceae y Poaceae son los más diversos de estas familias en el Perú y con mayor frecuencia en los Andes. Entre otros géneros tenemos a *Hypochaeris*, *Perezia*, *Plantago* y *Werneria* con 3 especies cada uno. Entre los 10 géneros más diversos agrupan el 41,6 % de todas las especies registradas en el área de estudio (Figura 7-34).

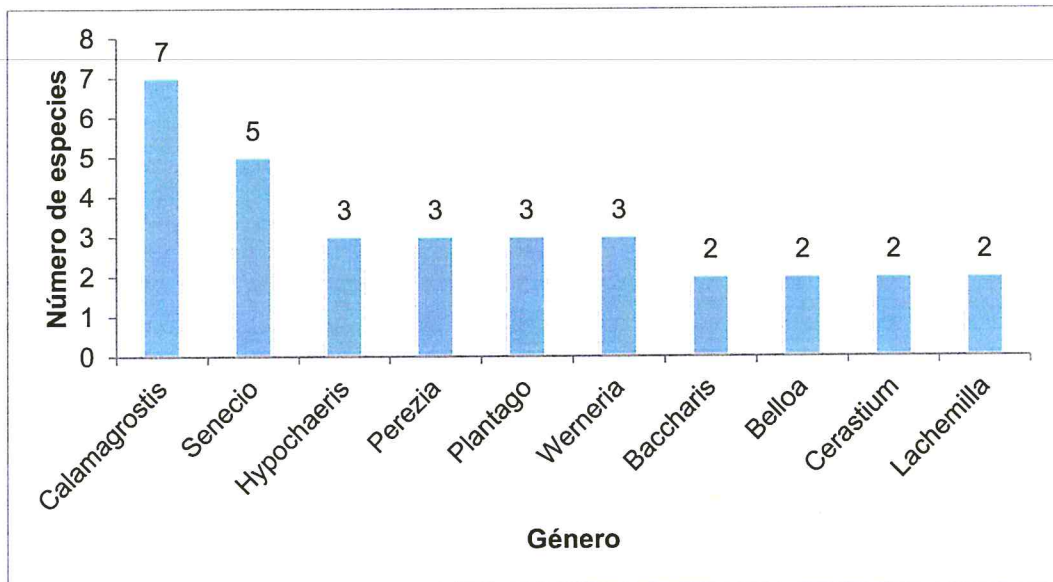


Figura 7-34. Géneros con mayor número de especies registradas en el área de estudio

Las especies con forma de crecimiento herbáceo fueron las más comunes en la en el área de estudio, la cual con 68 especies representa el 88,3% del total de las especies, seguida de los arbustos con 5 especies (6,5%); menos frecuentes se encontraron las formas de crecimiento sufrútice y cactoide con 3 y 1 especie respectivamente (Figura 7-35).



Handwritten signature and initials in blue ink.

Handwritten initials 'D.' and other marks in blue ink.



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

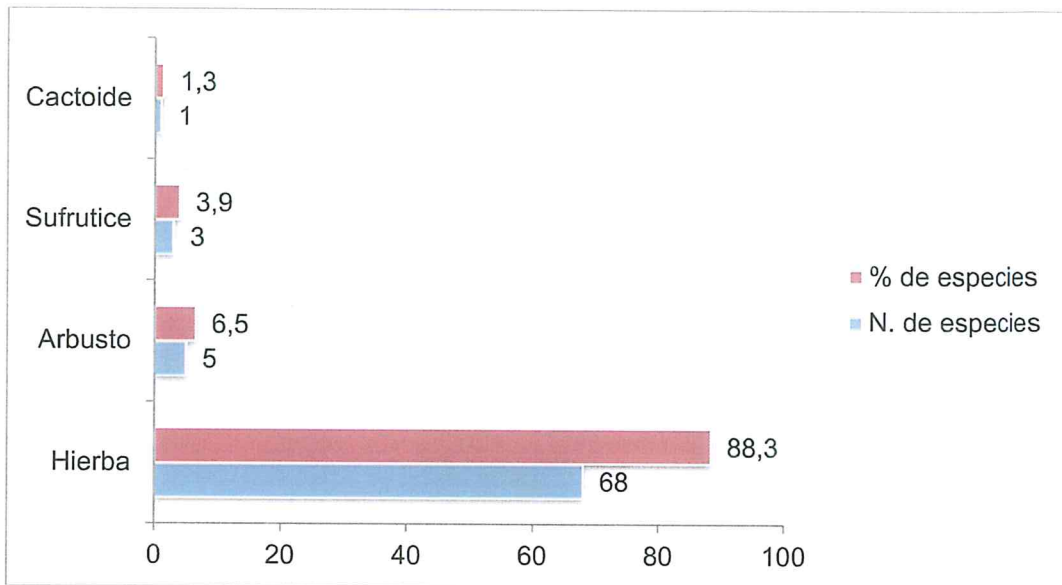


Figura 7-35. Formas de crecimiento de la flora vascular registrada en el área de estudio

• **Composición florística por formación vegetal**

Bofedal

Los bofedales son comunidades vegetales comunes en las grandes alturas de los Andes, se caracterizan por presentarse sobre todo en terrenos horizontales con un abastecimiento de agua continuo. El continuo abastecimiento de agua permite que la vegetación se mantenga casi inalterable, siempre verde, durante todo el año a diferencia de los demás hábitats. Esta comunidad se presentó en terrenos relativamente planos a pendientes moderadas donde las aguas poco o nada fluentes se concentran. Cumplen un rol central en la ecología Altoandina, como hábitat de muchas especies de plantas y animales, como importante fuente de agua y recursos para la flora, fauna y pobladores locales. En consecuencia, es uno de los ecosistemas más afectados del mundo y se ha clasificado como un ecosistema con una alta prioridad de conservación. En esta formación se registraron 25 especies agrupadas en 14 familias y 21 géneros (ver Figura 7-36). En su mayoría son especies que requieren ambiente saturados de agua para poder desarrollar, con algunas especies que provienen de ecosistemas aledaños (césped de puna y roquedal).



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



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

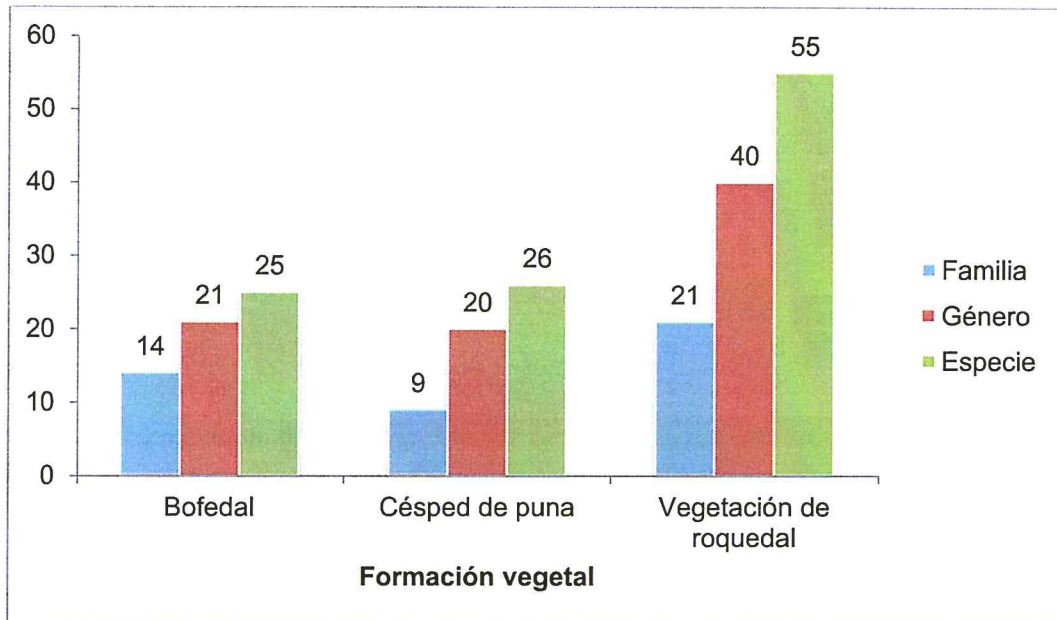


Figura 7-36. Número de especies, géneros y familias presentes en las cuatro formaciones vegetales presentes en el área de estudio

Césped de puna

El césped de puna ocupa zonas de poca pendiente y de suelo terroso o un poco pedregoso y medianamente húmedo. La vegetación está conformada por especies que generalmente forman céspedes o almohadillados de muy reducido tamaño, que en muchos sitios pueden cubrir casi la totalidad del suelo, también por especies de gramíneas cespitosas, no amacolladas. Esta formación se la observa algunas veces contiguos a los bofedales. En esta formación se registraron 26 especies agrupadas en 9 familias y 20 géneros (Figura 7-36).

Vegetación de roquedal

Los afloramientos rocosos y zonas de la puna con grandes rocas y piedras albergan una vegetación muy variada, debido a los numerosos microhábitats que ofrece. Destacan por su diversidad los arbustos y helechos que aprovechan los intersticios rocosos para establecerse, en el área de estudio estos roquedales presentan influencia de los suelos crioturbados. En esta formación se registraron 55 especies agrupadas en 21 familias y 40 géneros (Figura 7-36).

• **Composición florística por ecosistemas frágiles**

En el área de estudio se evaluaron 2 ecosistemas frágiles con sus formaciones vegetales asociados (EF) en el área de estudio, las mismas que se detallan a continuación.

EF 1

En este ecosistema frágil se registraron 57 especies agrupadas en 22 familias y 44 géneros (Figura 7-39). Las familias más diversas son Asteraceae y Poaceae con 23 y 13 especies respectivamente (Figura 7-38).



Handwritten signature and date: H 10/10/10

Handwritten initials: P. H. C.



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

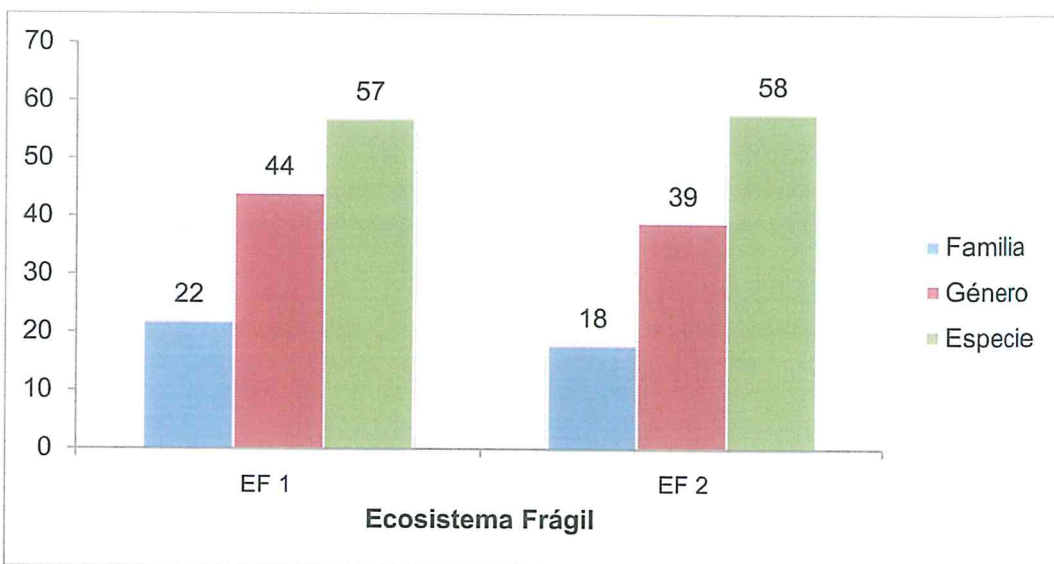


Figura 7-37. Número de especies, géneros y familias ecosistema frágil

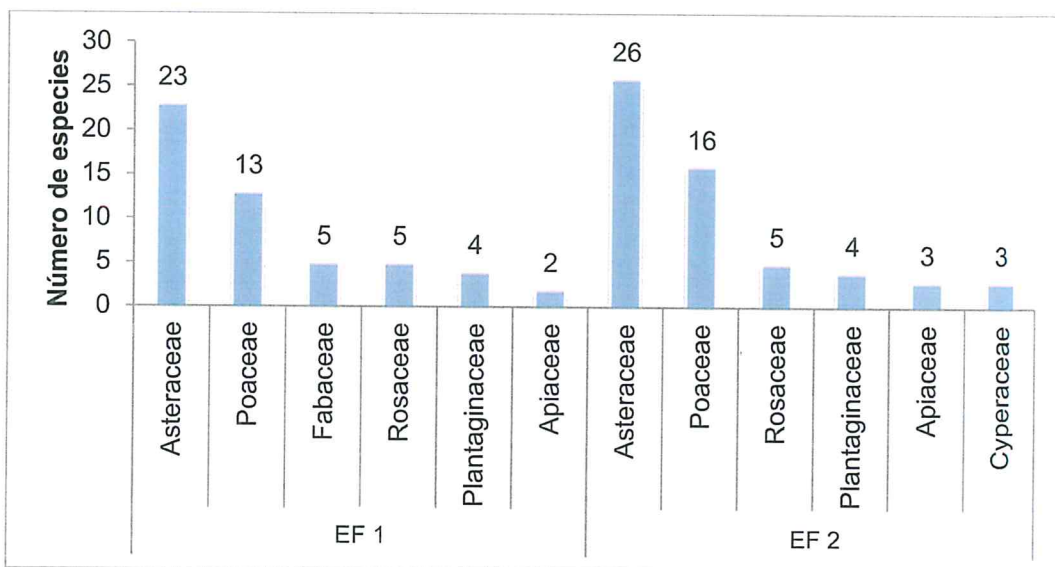


Figura 7-38. Familias más diversas por microcuenca, presentes en el área de estudio

En esta zona se evaluaron las formaciones vegetales de bofedal, césped de puna y vegetación de roquedal. En el bofedal se registró 21 especies agrupadas en 12 familias y 18 géneros (Figura 7-39). En donde las familias más diversas son Asteraceae y Poaceae con 6 y 3 especies respectivamente, entre otras familias están Juncaceae y Rosaceae con 2 especies cada una (Figura 7-40).



Handwritten blue ink notes and arrows on the left margin.

Handwritten blue ink notes at the bottom left margin.



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

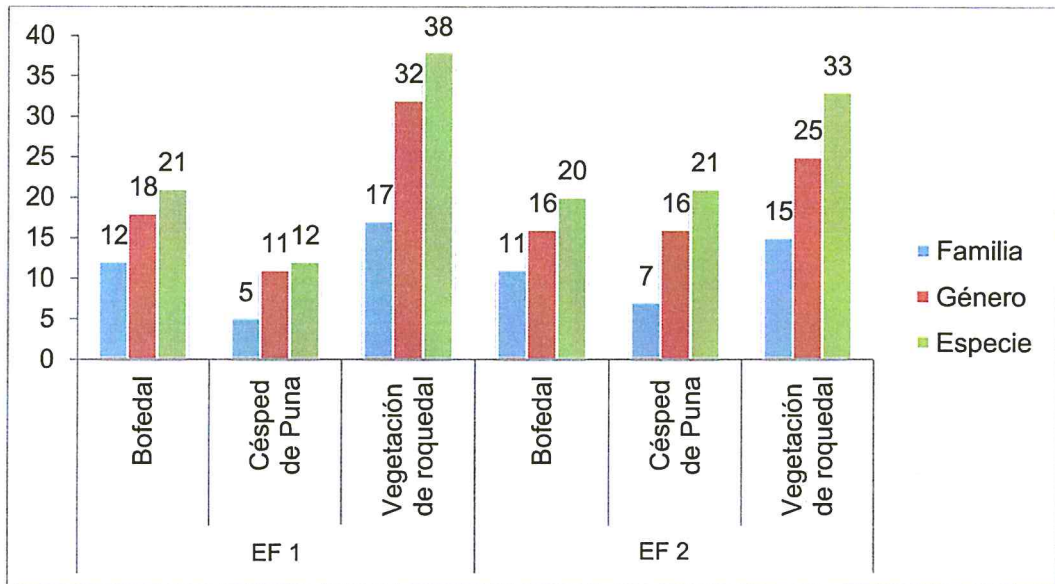


Figura 7-39. Número de especies, géneros y familias por formación vegetal en ecosistemas frágiles

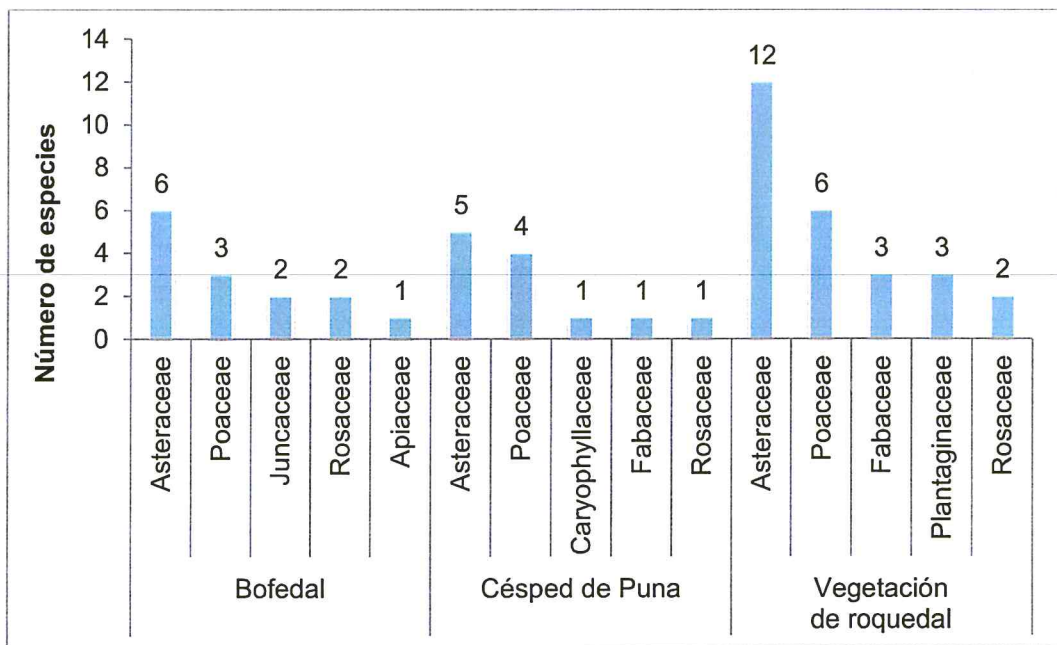


Figura 7-40. Familias más diversas por formación vegetal en el EF 1

En el césped de puna se registró 12 especies agrupadas en 5 familias y 11 géneros (Figura 7-39). En donde las familias más diversas son Asteraceae y Poaceae con 5 y 4 especies respectivamente (Figura 7-40).

En la vegetación de roquedal se registró 38 especies agrupadas en 17 familias y 32 géneros (Figura 7-41). En donde las familias más diversas son Asteraceae y Poaceae con 12 y 6 especies respectivamente, entre otras familias están Fabaceae y Plantaginaceae con 3 especies cada una (Figura 7-42).



Handwritten blue ink notes and signatures on the left margin.

Handwritten blue ink notes on the bottom left margin.



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

EF 2

En este ecosistema frágil se registró 58 especies agrupadas en 18 familias y 39 géneros (Figura 7-39). Las familias más diversas son Asteraceae y Poaceae con 26 y 16 especies respectivamente (Figura 7-40).

En esta zona se evaluaron las formaciones vegetales de bofedal, césped de puna y vegetación de roquedal. En el bofedal se registró 20 especies agrupadas en 11 familias y 16 géneros (Figura 7-39). En donde las familias más diversas son Asteraceae y Poaceae con 6 y 4 especies respectivamente, entre otras familias están Rosaceae y Apiaceae con 2 y 1 especie respectivamente (Figura 7-41).

En el césped de puna se registró 21 especies agrupadas en 7 familias y 16 géneros (Figura 7-39). En donde las familias más diversas son Asteraceae y Poaceae con 9 y 5 especies respectivamente, entre otras familias están Plantaginaceae y Rosaceae con 2 especies cada una (Figura 7-41).

En la vegetación de roquedal se registró 33 especies agrupadas en 15 familias y 25 géneros (Figura 7-39). En donde las familias más diversas son Asteraceae y Poaceae con 11 y 7 especies respectivamente, entre otras familias están Caryophyllaceae y Gentianaceae con 2 especies cada una (Figura 7-41).



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

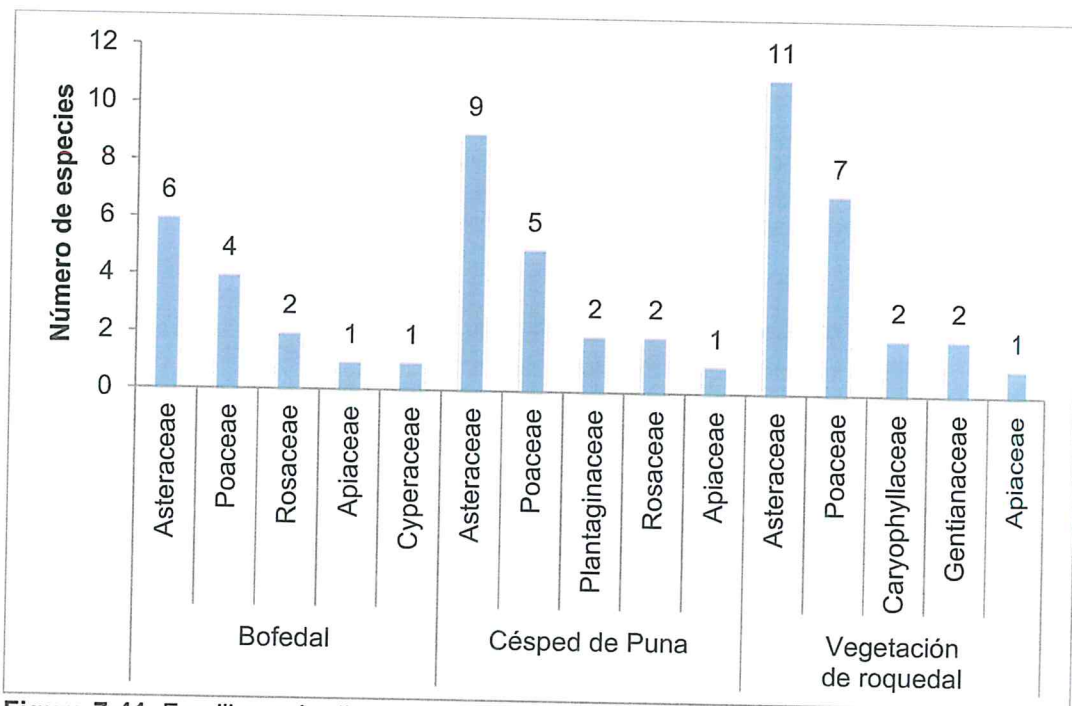


Figura 7-41. Familias más diversas por formación vegetal en el EF 2

7.3.2.2. Abundancia relativa y cobertura vegetal

Cobertura vegetal

Los valores de cobertura de la vegetación en el área de estudio presentaron valores de moderados a altos, que varían entre el 60 y 99 %.

En el EF 1 la cobertura vegetal oscila entre 77 y 98 %, presentando una cobertura de 98 % en el bofedal, 87 % en el césped de puna y 77 % en la vegetación de roquedal. En el EF 2 la cobertura vegetal oscila entre 60 y 99 %, presentando una

Handwritten notes on the left margin, including 'D.', 'f', '\$', and 'LPC'.



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

cobertura de 99% en el bofedal, 60% en el césped de puna y 64% en la vegetación de roquedal (Tabla 7-9).

Tabla 7-9. Cobertura vegetal por transecto, formación vegetal y ecosistema Frágil

Ecosistema Frágil	Código final T. Evaluado	Formación Vegetal	Cobertura vegetal (%)	Cobertura Promedio por EF
EF1	FL1	Bofedal	98	87,3
	FL2	Césped de puna	87	
	FL3	Vegetación de roquedal	77	
EF2	FL4	Bofedal	99	74,3
	FL5	Césped de puna	60	
	FL6	Vegetación de roquedal	64	



• **Abundancia relativa en el área de estudio**

Considerando todos los transectos evaluados en el área de estudio se pudo observar que la composición de especies es muy variada. Las especies con mayor abundancia relativa en el área de estudio es *Calamagrostis vicunarum* con un 11,9 %, esto debido a la presencia extensa del césped de puna, además de ser una especie que se presenta en todas las formaciones vegetales. Entre otras especies dominantes están *Aciachne pulvinata* (10,4 %), *Calamagrostis tarmensis* (8,2 %), *Calamagrostis brevifolia* (7,4 %) y *Lachemilla pinnata* (5,2 %) (Figura 7-42).

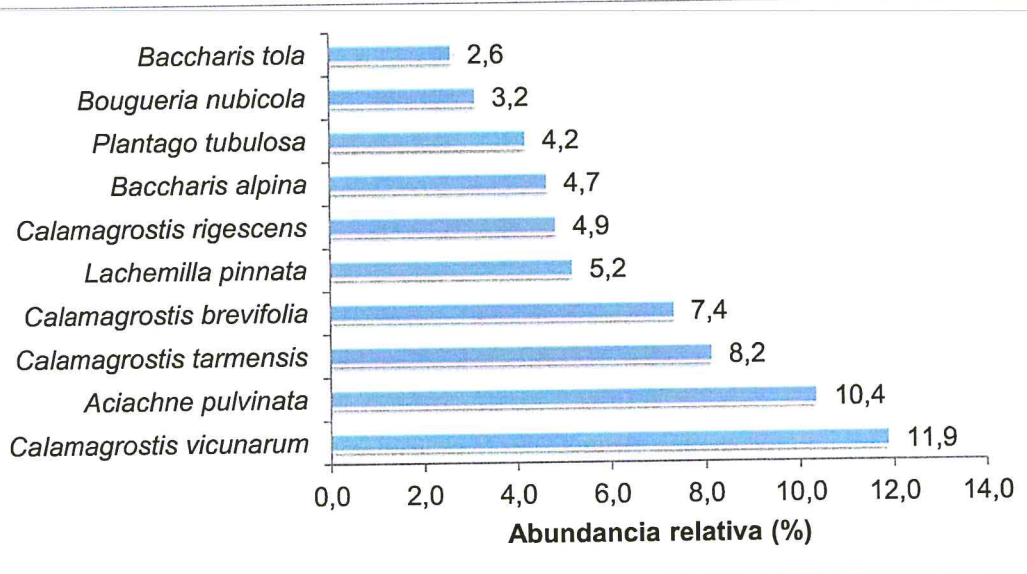


Figura 7-42. Especies con mayor abundancia relativa en el área de estudio

Handwritten notes and signatures on the left margin, including 'Lep', 'A', 'H', 'D', 'P', 'A', 'HPC'.



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

• **Abundancia relativa por formación vegetal**

Bofedal

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Asteraceae, aunque entre ellas también tenemos a especies de las familias Rosaceae, Apiaceae y Juncaceae. La especie con mayor abundancia relativa es *Calamagrostis brevifolia* con 22,1 %, esta especie es bastante frecuente en este tipo de ecosistemas. Entre otras especies dominantes tenemos a *Plantago tubulosa* (12,7 %) y *Calamagrostis rigescens* (11,7 %), todas especies propias de ambientes higrófilos; también tenemos a *Aciachne pulvinata* (7,2 %) y *Lachemilla diplophylla* (6,5 %) (Figura 7-43).

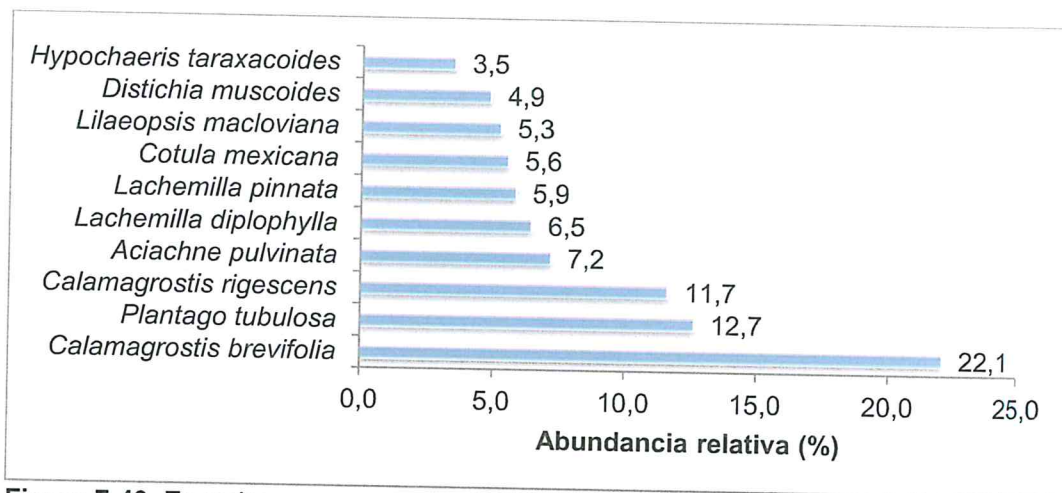
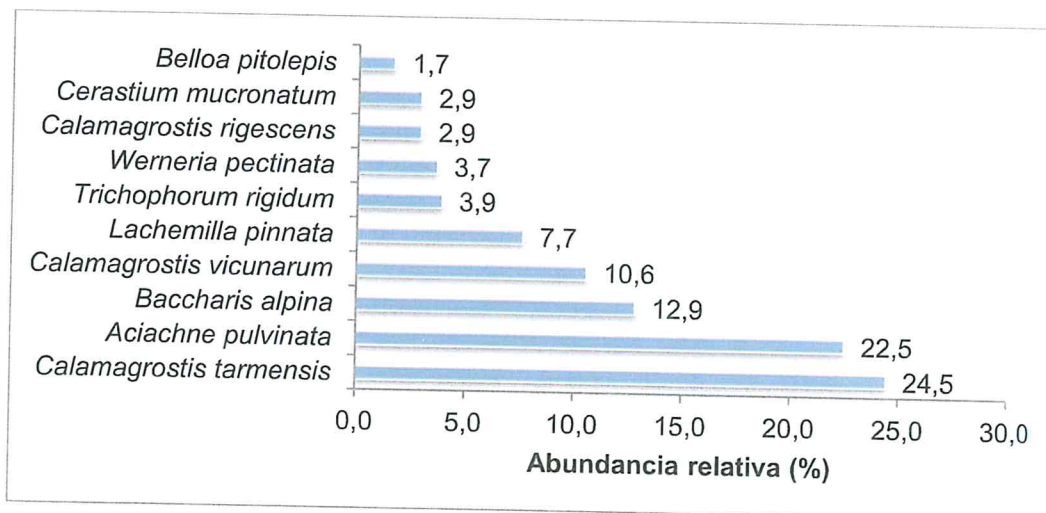


Figura 7-43. Especies con mayor abundancia relativa en el bofedal

Césped de puna

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación pertenecen principalmente a las familias Poaceae, Asteraceae y Cyperaceae. Entre ellas tenemos a *Calamagrostis tarmensis* (24,5 %), como la especie con mayor abundancia relativa, seguidas de *Aciachne pulvinata* (22,5 %) y *Baccharis alpina* (12,9 %) la primera es una especie cespitosa frecuente en esta formación vegetal; entre otras especies dominantes tenemos a *Calamagrostis vicunarum* (10,6%), *Lachemilla pinnata* (7,7 %), *Trichophorum rigidum* (3,9 %) (Figura 7-44).



14/09/14

Handwritten initials

LPC



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

Figura 7-44. Especies con mayor abundancia relativa en el césped de puna

Vegetación de roquedal

Las especies con mayor abundancia relativa en esta formación pertenecen principalmente a las familias Poaceae, Asteraceae y Plantaginaceae. Entre ellas tenemos a *Calamagrostis vicunarum* (21,8 %), *Bougueria nubicola* (9,5 %) y *Baccharis tola* (7,9 %). Entre otras especies dominantes tenemos a *Nassella brachyphylla* (7,2%), *Poa aff. glaberrima* (6,9 %), *Cerastium subspicatum* (3,5 %) (Figura 7-45).

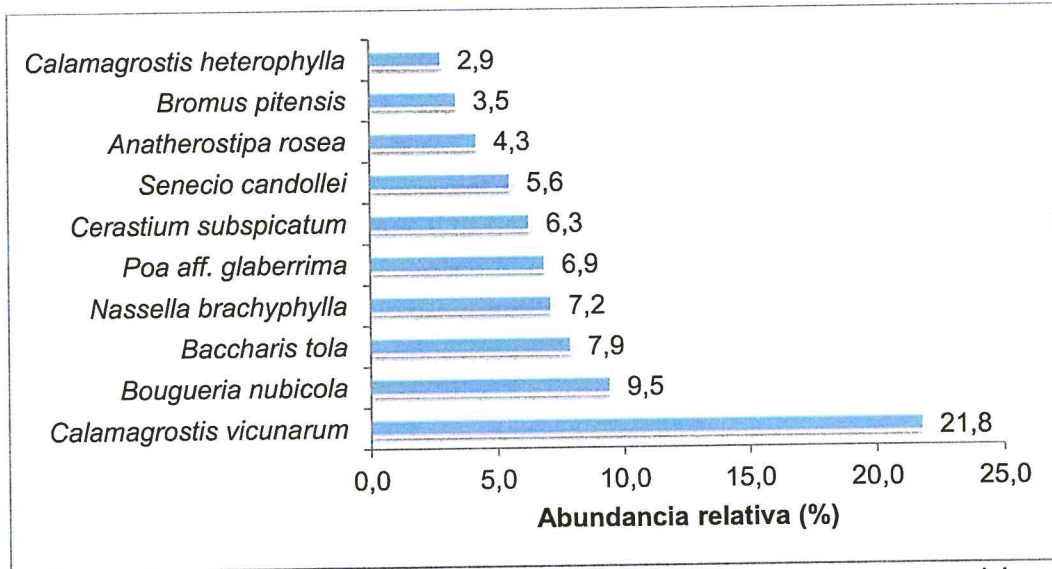


Figura 7-45. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación por roquedal

• **Abundancia relativa por ecosistema frágil**

EF 1

En este ecosistema frágil las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal pertenecen principalmente a las familias Poaceae, Plantaginaceae y Asteraceae. La especie con mayor abundancia relativa es *Calamagrostis brevifolia* con 25,3 %, seguidas de *Plantago tubulosa* (14,1 %) y *Cotula mexicana* (10,6 %). Entre otras especies tenemos a *Lilaeopsis macloviana* (10 %), *Calamagrostis rigescens* (9,4 %) (Figura 7-46).

Las especies con mayor abundancia relativa en el césped de puna pertenecen principalmente a las familias Poaceae y Rosaceae. Entre ellas tenemos a *Aciachne pulvinata* (43,9 %); seguidas de *Calamagrostis vicunarum* (21,2 %) y *Lachemilla pinnata* (15,3 %), como especies de gramíneas que conforman el estrato herbáceo. Entre otras especies dominantes tenemos a *Calamagrostis rigescens* (5,8 %) y *Cerastium mucronatum* (5,8 %) (Figura 7-46).

Las especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal pertenecen principalmente a las familias Plantaginaceae, Poaceae y Asteraceae. Entre ellas tenemos a *Bougueria nubicola* (18,9 %), seguidas de *Nassella brachyphylla* (14,3 %) y *Calamagrostis vicunarum* (11,3 %). Entre otras especies dominantes tenemos a *Anatherostipa rosea* (8,5 %) y *Baccharis tola* (6,6 %) (Figura 7-46).



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



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

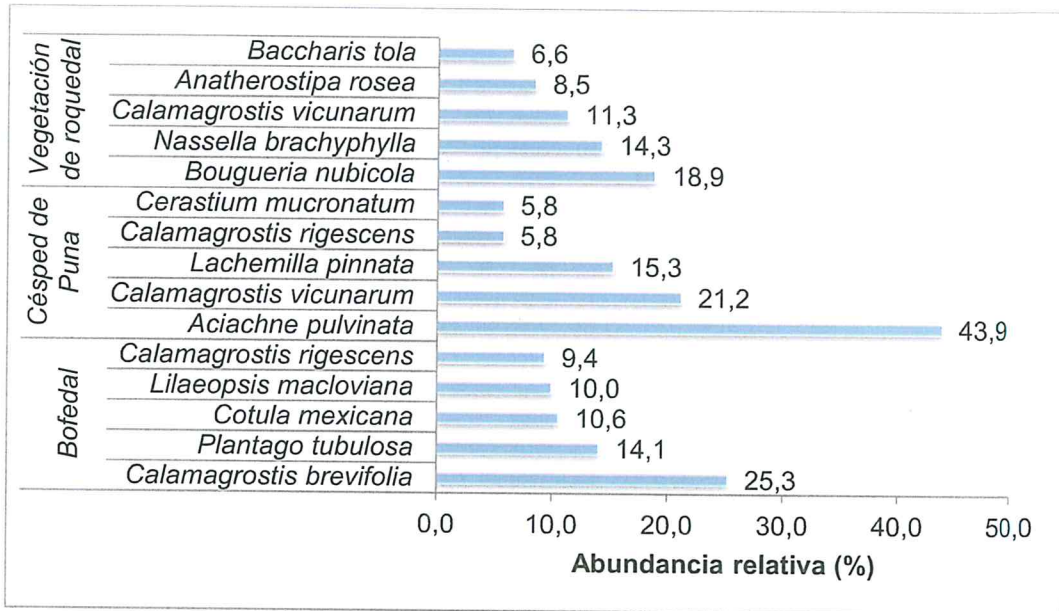


Figura 7-46. Especies con mayor abundancia relativa en el EF1

EF 2

En este ecosistema frágil las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal pertenecen principalmente a las familias Poaceae, Plantaginaceae y Asteraceae. La especie con mayor abundancia relativa es *Calamagrostis brevifolia* con 18,8 %, seguidas de *Aciachne pulvinata* (14,4 %) y *Calamagrostis rigescens* (13,9%). Entre otras especies tenemos a *Plantago tubulosa* (11,2 %), *Hypochaeris taraxacoides* (7 %) (Figura 7-47).

Las especies con mayor abundancia relativa en el césped de puna pertenecen principalmente a las familias Poaceae, Asteraceae y Cyperaceae. Entre ellas tenemos a *Calamagrostis tarmensis* (48,9 %); seguidas de *Baccharis alpina* (25,7 %) y *Trichophorum rigidum* (7,8 %). Entre otras especies dominantes tenemos a *Belloa piptolepis* (3,3 %) y *Hypochaeris meyeniana* (2,2%) (Figura 7-47).

Las especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal pertenecen principalmente a las familias Poaceae, Asteraceae y Caryophyllaceae. Entre ellas tenemos a *Calamagrostis vicunarum* (32,3%), seguidas de *Poa aff. glaberrima* (13,8 %) y *Cerastium subspicatum* (12,6%). Entre otras especies dominantes tenemos a *Baccharis tola* (9,2%) y *Senecio candollei* (9,2 %) (Figura 7-47).



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

Handwritten notes at the bottom left margin, including 'D.', 'x', 'T', and 'LDC'.



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

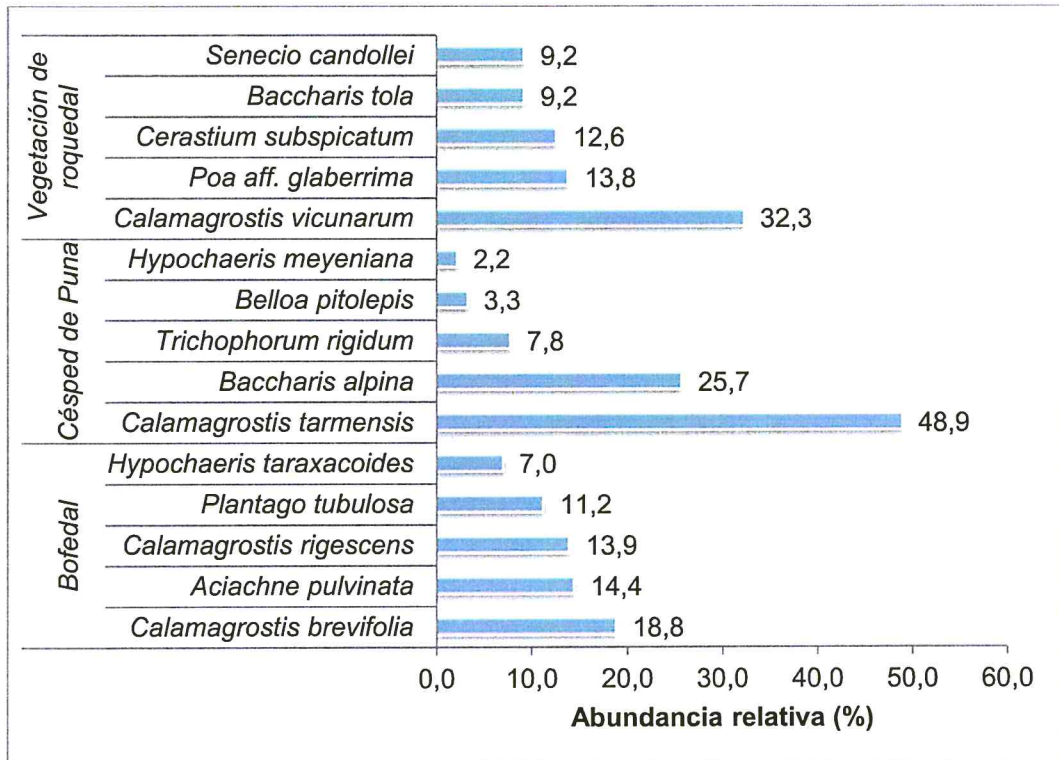


Figura 7-47. Especies con mayor abundancia relativa en el EF 2

7.3.2.3. Análisis de diversidad

- Diversidad alfa**

Para los análisis de diversidad se consideraron los datos obtenidos en los transectos evaluados, considerando un total de 54 especies. Se observa que la riqueza de especies fluctúa por transecto entre 7 y 21 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 1,56 y 2,64, el índice de dominancia de Simpson (D) fluctúa entre 0,09 y 0,31, y el índice de equidad fluctúa entre 0,61 y 0,87 (Tabla 7-10).

Tabla 7-10. Índices de diversidad alfa obtenido de los transectos evaluados en los puntos de muestreo

Ecosistema Frágil	Código final T. Evaluado	Formación Vegetal	Riqueza de especies	Índice de Equidad	Índice de Dominancia (D)	Índice de Shannon-Wiener (H)
EF1	FL1	Bofedal	15	0,84	0,13	2,27
	FL2	Césped de puna	7	0,8	0,27	1,56
	FL3	Vegetación de roquedal	21	0,87	0,09	2,64
EF2	FL4	Bofedal	18	0,85	0,11	2,45
	FL5	Césped de puna	14	0,61	0,31	1,61
	FL6	Vegetación de roquedal	13	0,82	0,17	2,11



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

Diversidad por formación vegetal

La mayor diversidad representada por el índice de Shannon-Wiener (H') se registra en la vegetación de roquedal con una diversidad promedio de 2,38 nits/individuo, seguida del bofedal con una diversidad de 2,36 nits/individuo; la menor diversidad se presenta en el césped de puna con una diversidad promedio de 1,59 nits/individuo, esto se debe a la mayor dominancia de las especies principales que conforman el césped de puna. Los índices de equidad y dominancia de Simpson, respaldan lo mostrado por el índice de Shannon, es así que el bofedal y la vegetación de roquedal presentan los menores índices de dominancia promedio registrado con 0,12 y 0,13 respectivamente, consecuente al índice de equidad promedio obtenido; el césped de puna es el que presenta el índice de dominancia más alto con un valor de 0,29 (Figura 7-48).

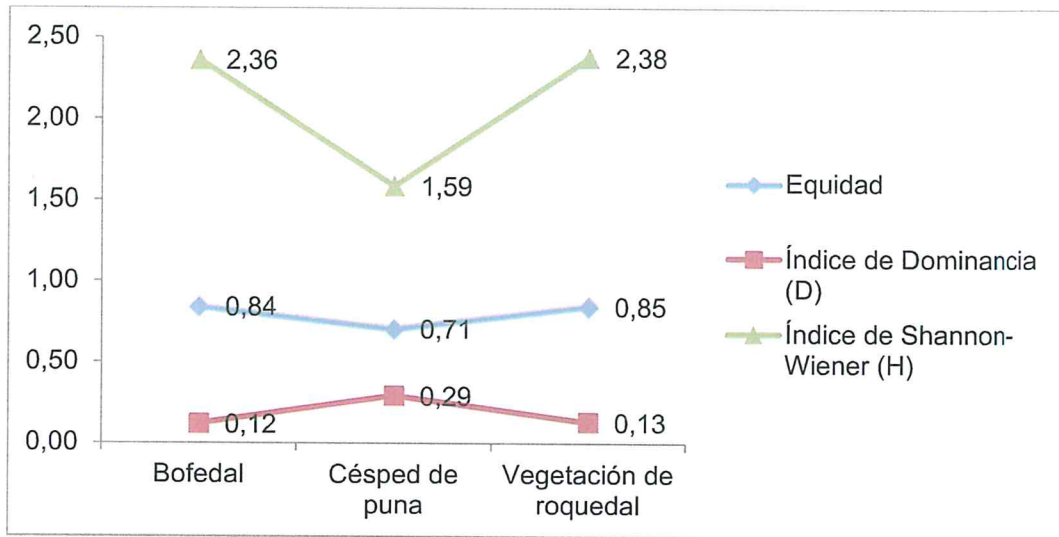


Figura 7-48. Índices de diversidad alfa de las formaciones vegetales

Diversidad por ecosistema frágil

La mayor diversidad representada por el índice de Shannon-Wiener (H') se registra en el EF1 con una diversidad promedio de 2,16 nits/individuo, con respecto al EF2 en la que se registra una diversidad promedio de 2,06 nits/individuo. Los índices de equidad y dominancia de Simpson, respaldan lo mostrado por el índice de Shannon. El EF1 presenta un índice de dominancia de 0,17 y un índice de equidad de 0,84 y el EF2 presenta un índice de dominancia de 0,20 y un índice de equidad de 0,76 (Figura 7-49).

Handwritten notes and arrows pointing to the figure and text.

Handwritten notes at the bottom left of the page.



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

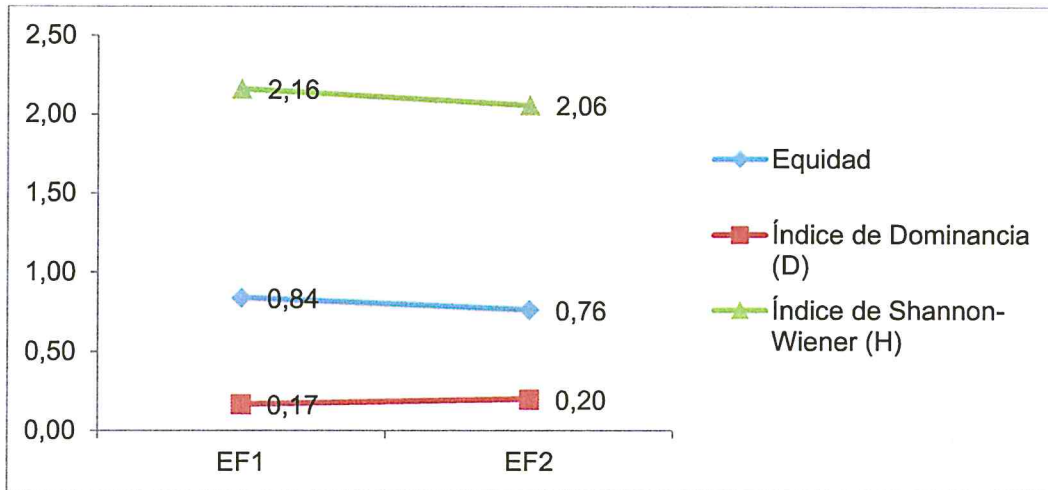


Figura 7-49. Índices de diversidad alfa en ecosistemas frágiles

• **Diversidad beta**

Similaridad por formación vegetal

Se obtiene un índice de similitud de Morissita bajo, entre las formaciones vegetales, menor a 0,26 evidenciándose que cada formación vegetal tiene un tipo de vegetación característico. Se observa una clara separación entre el bofedal y las otras formaciones con un valor de similitud que varía entre 0,10 a 0,22. Una mayor similitud existe entre el césped de puna y la vegetación de roquedal, con un índice de 0,26, lo que indica que hay más especies compartidas entre estas dos formaciones con respecto a las demás (Tabla 7-11 y Figura 7-50).

Tabla 7-11. Índices de Similitud entre las formaciones vegetales con el Índice Morisita.

Formación vegetal	Bofedal	Césped de puna	Vegetación de roquedal
Bofedal	1,00	0,22	0,10
Césped de puna	0,22	1,00	0,26
Vegetación de roquedal	0,10	0,26	1,00



Handwritten blue arrow pointing upwards

Handwritten blue signature

Handwritten blue initials



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

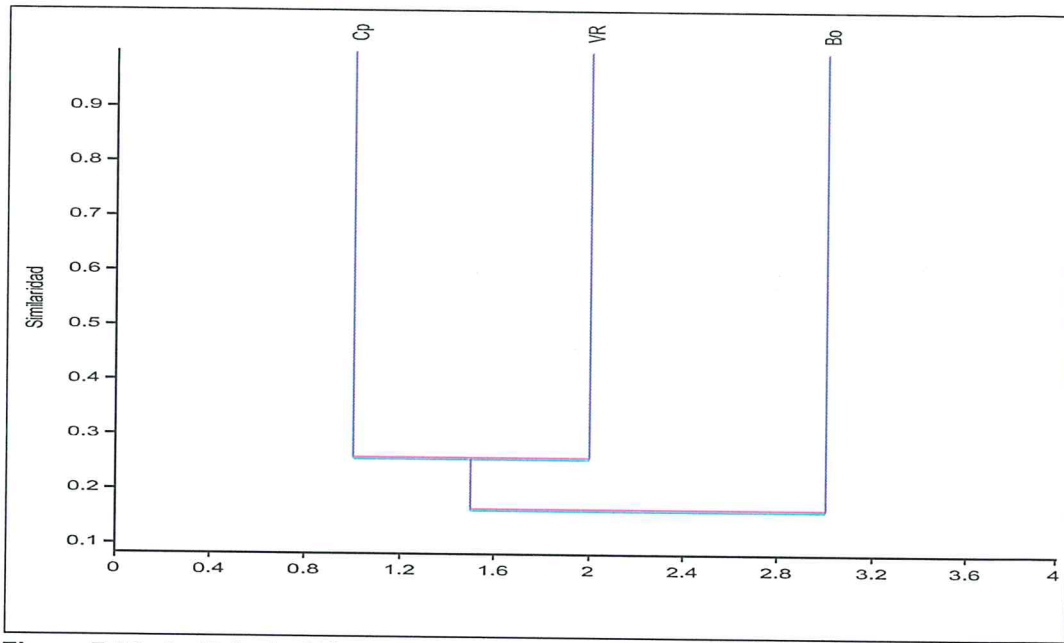


Figura 7-50. Análisis de Clúster de las formaciones vegetales, con el Índice Morisita
Bo: Bofedal, Cp: Césped de puna; VR: Vegetación de roquedal

Similitud por ecosistema frágil

Se obtiene un índice de similitud de Morisita media entre ambos ecosistemas frágiles con un valor de 0,52. (Ver Tabla 7-12 y Figura 7-51).

Tabla 7-12. Índices de Similitud entre los EF, con el Índice Morisita

Ecosistema frágil	EF 1	EF 2
EF 1	1	0,52
EF 2	0,52	1



Handwritten blue ink notes and arrows on the left margin.

Handwritten blue ink notes at the bottom left margin.



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

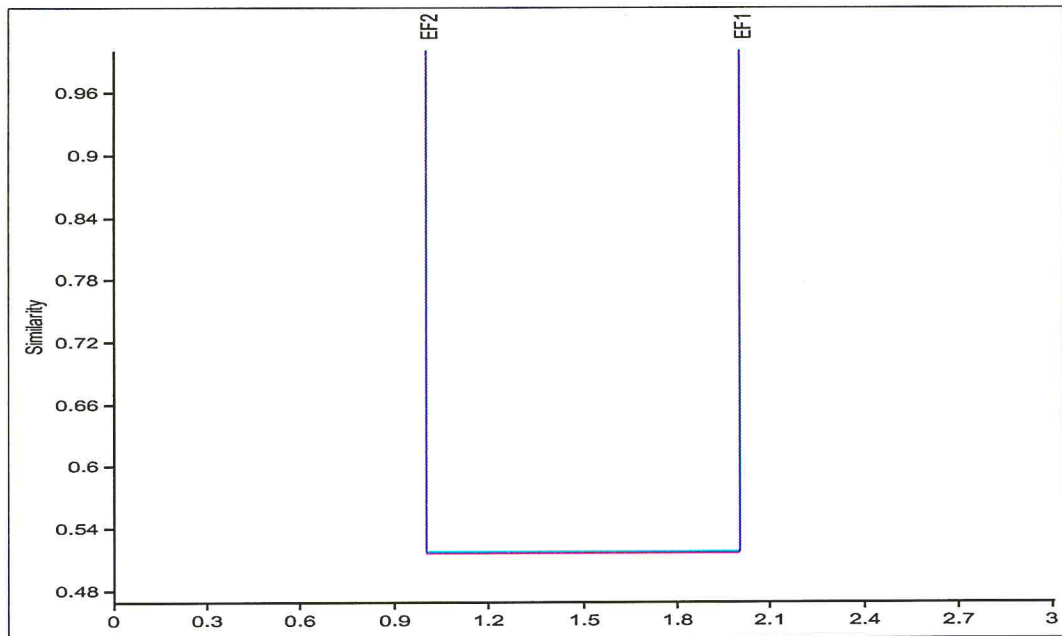


Figura 7-51. Análisis de Clúster de los ecosistemas frágiles, con el Índice Morisita

7.3.2.4. Análisis NMDS

El análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), utilizando el índice de Morisita, muestra visualmente la similitud entre los puntos evaluados, presentándolos en 3 grupos bien diferenciados. Los transectos agrupados en el grupo 1 corresponden a los puntos evaluados en el bofedal, los transectos agrupados en el grupo 2 corresponden a los puntos evaluados en el césped de puna y los transectos agrupados en el grupo 3 corresponden a los puntos evaluados en la vegetación de roquedal (Figura 7-52).

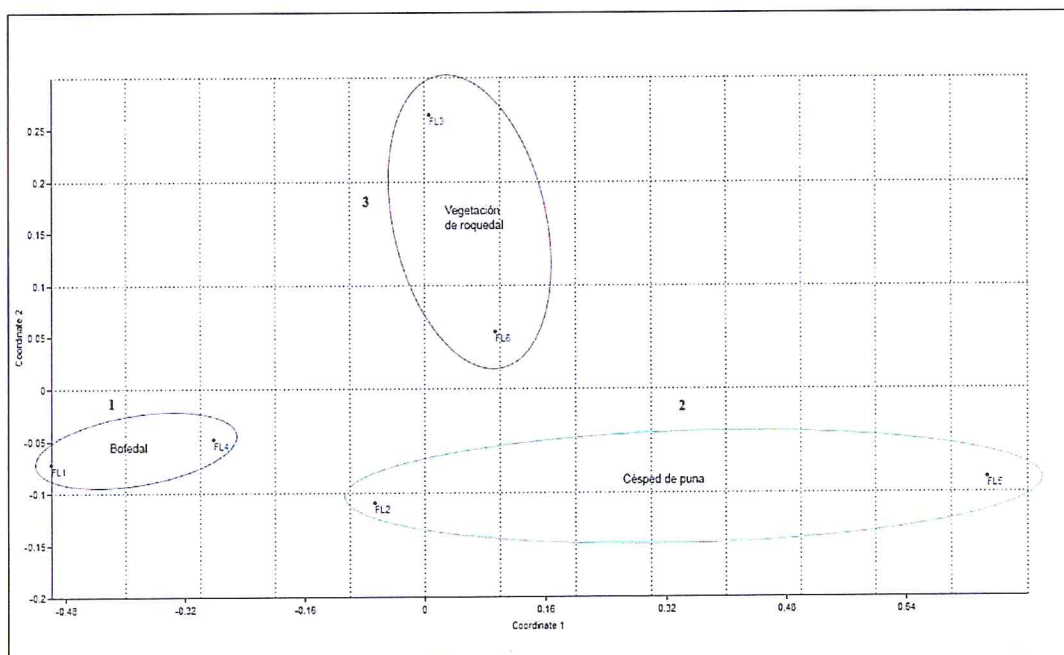


Figura 7-52. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) con los transectos evaluados, con el Índice Morisita



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including 'A', 'P', 'Ch.', 'D.', 'f', 't', and 'LPC'.



7.3.2.5. Curva de acumulación

El análisis de la curva de acumulación de especies con los datos obtenidos de los transectos estudiados muestra que la curva se ajusta bien al modelo de Clench ($R=0,9998$) y que el número máximo de especies predicho es de 120. No se llegó a obtener una curva asintótica (Figura 7-53). La evaluación representa el 44,9 % 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 acercarse un poco más al número de especies predicho (77 especies) por el modelo. Esto muestra la importancia de realizar muestreos cualitativos para complementar a los de la evaluación cuantitativa. Por lo tanto, los datos obtenidos en este estudio son estadísticamente significativos.



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

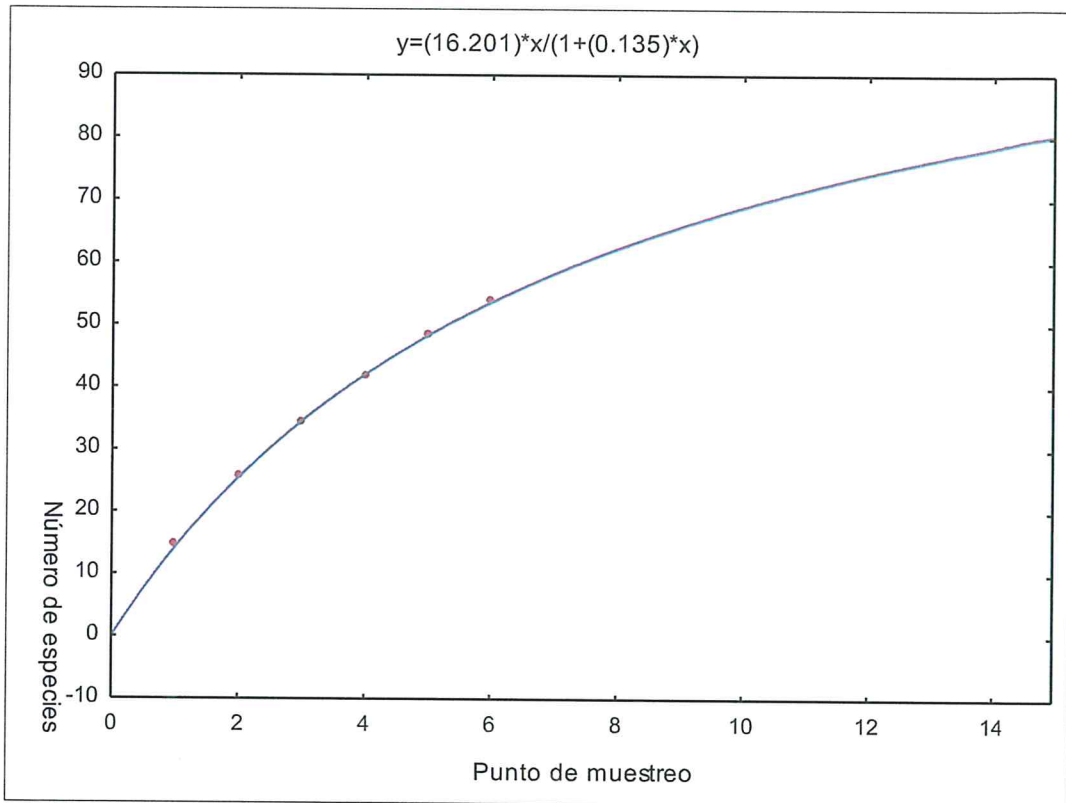


Figura 7-53. Curva de acumulación de especies. Modelo: $v2=(a*v1)/(1+(b*v1))$. Función de Clench

7.3.2.6. Conservación

- **Especies amenazadas**

De acuerdo a los criterios de estado de conservación de las listas de categorización nacional e internacional, se encontraron 3 especies de plantas vasculares (Tabla 7-13), y representan un 3,9 % del total de las especies registradas en el presente estudio.

De las 3 especies, 1 se encuentra protegida por la legislación peruana según la Categorización Nacional de Especies Amenazadas de Flora Silvestre (D.S. N° 043-2006 AG) y se lista en la Tabla 7-13, la que se encuentra en la categoría Vulnerable (VU), *Perezia coerulescens*, hierba acaule con flores celestes o rojas escaso en el área de estudio.

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

**Tabla 7-13.** Especies categorizadas según la Legislación Nacional DS 043-2006 AG, IUCN 2018 y en los Apéndices CITES 2015

Familia	Especie	IUCN 2018	Legislación Nacional (DS 043-2006 AG)	CITES 2015
Asteraceae	<i>Perezia coeruleascens</i>		Vu	
Cactaceae	<i>Austrocylindropuntia lagopus</i>	Vulnerable B1ab(iii)		II
Orchidaceae	<i>Myrosmodes paludosa</i>			II

Otra se encuentra en la lista roja de la IUCN (2018), *Austrocylindropuntia lagopus* clasificada como vulnerable (ver Tabla 7-13).

Respecto a los apéndices CITES (2015), se encontró dos especies dentro del apéndice II del CITES (ver Tabla 7-13), una de la familia Cactaceae y una perteneciente a la familia Orchidaceae.

- **Especies endémicas**

No se registraron especies endémicas en el área de estudio.

7.3.3. Fauna silvestre

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

7.3.3.1. Composición y abundancia de anfibios y reptiles

Durante las evaluaciones realizadas en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission se registró una especie de anfibio, perteneciente al orden Anura de la familia Leptodactylidae, el sapo *Pleurodema marmoratum*. En cuanto a los reptiles se registró la especie de lagartija *Liolaemus gr. signifer* de la familia Liolaemidae, del Orden Squamata (Tabla 7-14).

Tabla 7-14. Especies de anfibios y reptiles registrados en el área de influencia del proyecto minero de exploración minera Corani de Fission

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre español en	Nombre local
Amphibia	Anura	Leptodactylidae	<i>Pleurodema marmoratum</i>	Sapo marmoleado de cuatro ojos	Chichilas
Reptilia	Squamata (Sauria)	Liolaemidae	<i>Liolaemus gr. signifer</i>	Lagartija rubricauda	Calaygua

La lagartija *Liolaemus gr. signifer*, fue la especie más abundante y más frecuente en el área de estudio (Figura 7-54), se registró un total de 7 individuos únicamente en la evaluación de VES. Esta especie se distribuye en las 2 zonas de evaluación, en los hábitats de césped de puna y roquedal.

Los anfibios en general presentaron baja diversidad y abundancia. Se registraron 2 individuos adultos del sapo *Pleurodema marmoratum*, ocultos bajo piedras en el hábitat de césped de puna, cerca de los bordes de bofedal.



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

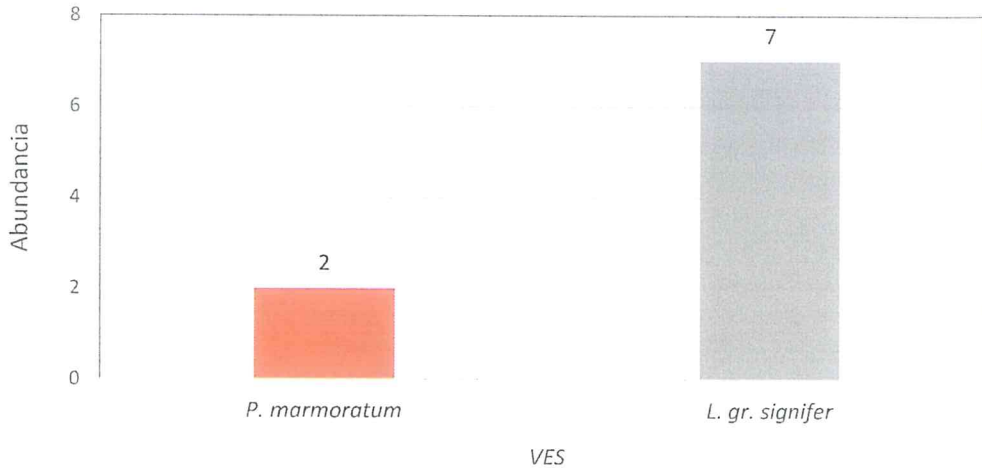


Figura 7-54. Abundancia de las especies de anfibios y reptiles registradas en el ámbito del proyecto minero de exploración minera Corani de Fission

• Descripción de la herpetofauna por tipo de hábitat

En esta sección se presenta y analiza los resultados sobre la riqueza y abundancia de especies de anfibios y reptiles (herpetofauna²⁶), diversidad y similitud registradas en el área de estudio considerando el tipo de hábitat.

a) Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por tipo de hábitat

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

Dada la extensión y distribución de los hábitats, se realizó diferentes esfuerzos de muestreo en cada una (Tabla 7-15). Se evaluaron 4 VES en hábitats de césped de puna y 2 en roquedal. No se evaluaron VES en bofedal, pero se instaló un transecto para la evaluación de hábitats acuáticos en la zona de evaluación EF 2.

Tabla 7-15. Esfuerzo de muestreo por formación vegetal en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission

Formación vegetal	Transectos	VES	Esfuerzo (horas-hombre)	N.º Especies
Bofedal	1	0	1,04	0
Césped de puna	1	4	5,07	2
Roquedal	0	2	2,07	1

El hábitat de césped de puna presentó mayor riqueza con 2 especies registradas. Por el contrario, en el hábitat de roquedal se registró sólo la especie *Liolaemus gr. Signifer* (Figura 7-55).

²⁶ Cuando se menciona herpetofauna, se hace referencia a los grupos taxonómicos de anfibios y reptiles.



Handwritten blue ink marks and arrows pointing upwards.

Handwritten blue ink marks.

Handwritten blue ink marks.

Handwritten blue ink marks.



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

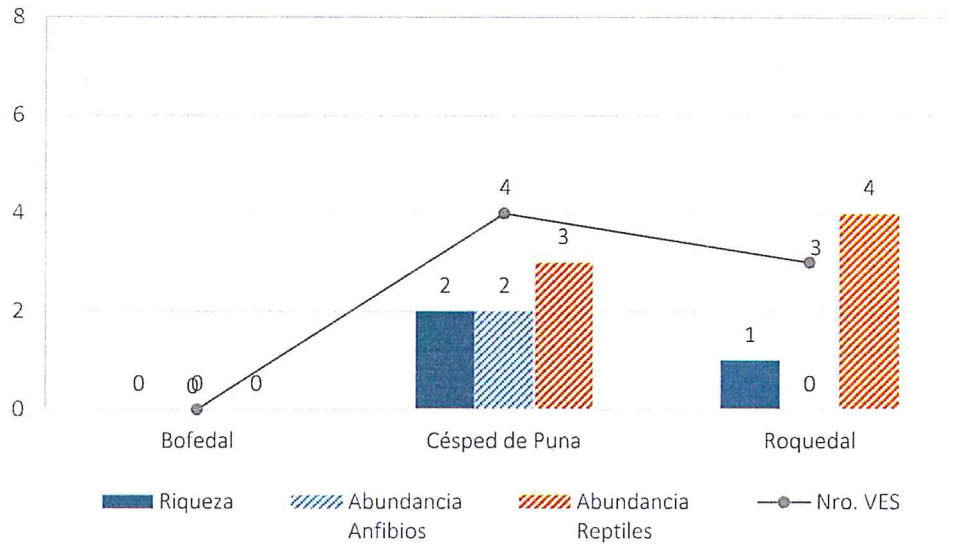


Figura 7-55. Abundancia y riqueza de anfibios y reptiles registrados en VES, por tipo de hábitat en el área estudio

Bofedal

No se pudo evaluar mediante VES el hábitat de bofedal, pero si se instaló un transecto en el EF 1, cuyos resultados se describen más adelante.

Césped de Puna

Este hábitat es el más extenso, está presente en las 2 zonas de evaluación. Se distribuye principalmente en los bordes de bofedales y laderas medias de las montañas que los rodean. Este hábitat presenta la mayor riqueza y abundancia de especies (Tabla 7-16).

Se registró una especie de anfibio, el sapito *Pleurodema marmoratum*. Se hallaron 2 adultos ocultos bajo piedras cerca a los bordes de los bofedales en las 2 zonas de evaluación EF 1 y EF 2.

En cuanto a los reptiles, representados por la lagartija *Liolaemus gr. signifer*, fueron registrados sólo en el EF 2, donde se encontraron en microhábitats con piedras dispersas, termorregulando cerca a sus madrigueras.

Tabla 7-16. Anfibios y reptiles registrados en el hábitat de césped de puna en el área de estudio

Zona	VES		Total
	<i>P. marmoratum</i>	<i>L. gr. signifer</i>	
EF 1	1	0	1
EF 2	1	3	4
Total	2	3	5

Roquedal

Este hábitat se distribuye en la parte alta de laderas de montañas en el EF 1 y formando colinas en el EF 2. Se evaluaron 2 VES en roquedales, 1 en cada EF.



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



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

En roquedal se registró la mayor abundancia de individuos de la lagartija *Liolaemus* gr. *signifer* (Tabla 7-17), la mayoría fueron halladas termorregulando o corriendo sobre rocas grandes.

Tabla 7-17. Anfibios y reptiles registrados en el hábitat de roquedal en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission

Zona	VES		Total
	<i>P. marmoratum</i>	<i>L. gr. signifer</i>	
EF 1	0	1	1
EF 2	0	3	3
Total	0	4	4

b) **Diversidad por tipo de hábitat**

Los valores de los índices de diversidad calculados son mayores para el hábitat de césped de puna (Tabla 7-18). Principalmente debido a que en césped de puna se registraron 2 especies con valores de abundancia equitativos. Por el contrario, en el hábitat de roquedal se registró sólo una especie con valores de abundancia altos, por lo que se obtiene valores nulos para los índices de diversidad.

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

Tabla 7-18. Riqueza, Abundancia e índices de diversidad por tipo de hábitat

Parámetros	Bofedal	Césped de Puna	Roquedal
Riqueza (Número total de especies)	0	2	1
Abundancia (Total de Individuos)	0	5	4
Índice de Shannon (H')	-	0,67	0
Índice de Simpson (1-D)	-	0,48	0
Índice de Equidad (J')	-	0,97	0
Esfuerzo de muestreo (VES)	0	4	3

c) **Similaridad por tipo de hábitat**

Los hábitats de roquedal y césped de puna presentan una composición de especies muy parecida, obteniendo un valor del índice de Morisita de $Mo = 0,79$ (Figura 7-56), diferenciándose sólo por la presencia de *Pleurodema marmoratum* en césped de puna.

No se incluyó en el análisis el bofedal porque no se evaluaron VES y no se registró ninguna especie en este hábitat.



A
L
M
E
A
A

D.
f
A
IPC



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

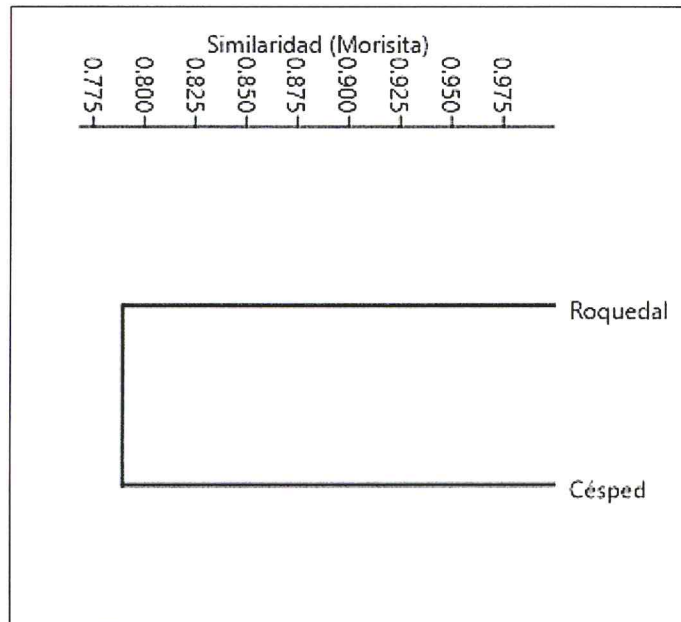


Figura 7-56. Dendrograma de similaridad de la comunidad de anfibios y reptiles de los hábitats evaluados.

• Descripción de la herpetofauna por zona de evaluación

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

a) Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles por zonas de evaluación

En el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission, se establecieron 2 zonas de evaluación de ecosistemas frágiles (en adelante EF). Hacia el norte el bofedal Turpani (EF 1) y al sur el bofedal Quellococha (EF 2). En cada uno se realizó similar esfuerzo de muestreo, donde se evaluaron 3 VES y 1 transecto en hábitats acuáticos (Tabla 7-19).

Tabla 7-19. Unidades y esfuerzo de muestreo por zona de evaluación

EF	Transectos	VES	Esfuerzo	N.º Especies
EF 1	1	3	4,04	2
EF 2	1	3	4,13	2

El análisis por zona de evaluación o EF muestra que los anfibios presentan similar abundancia y diversidad, registrando una especie y un individuo cada zona. Respecto a los reptiles, la abundancia de las lagartijas *Liolaemus gr. signifer* fue mayor en el EF 2, donde se registraron 6 individuos (Figura 7-57).





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

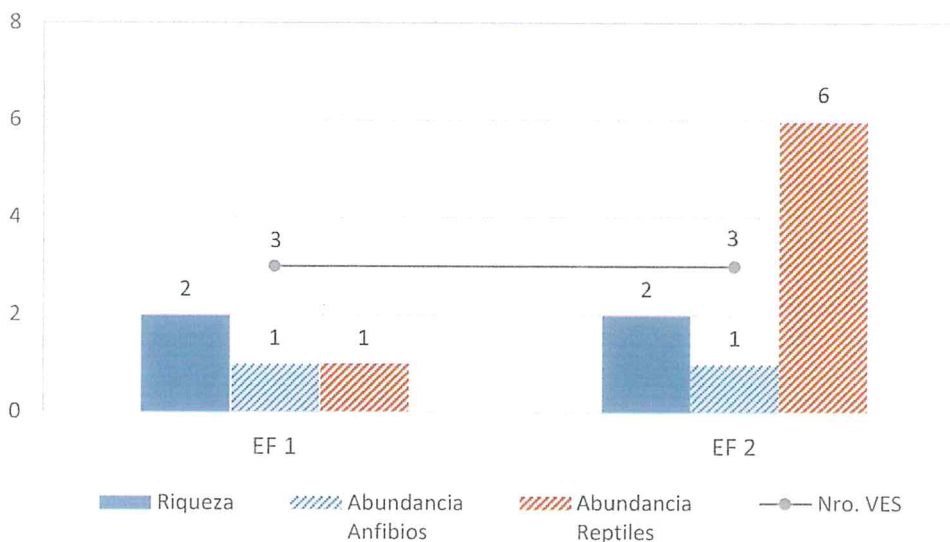


Figura 7-57. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles registrados en VES y transectos, por zona de evaluación

EF 1

En este ecosistema frágil se registró 1 individuo del sapo *Pleurodema marmoratum* en césped de puna cerca al borde de bofedal y un individuo de la lagartija *Liolaemus gr. signifer* en roquedal (Tabla 7-20). Lo que indica valores de riqueza y abundancia bajos de estas especies.

Tabla 7-20. Anfibios y reptiles registrados en la zona de evaluación EF 1

Zona	Hábitat	VES		Total
		<i>L. gr. signifer</i>	<i>P. marmoratum</i>	
EF 1	Césped de puna	0	1	1
	Roquedal	1	0	1
Total		1	1	2

EF 2

En este ecosistema frágil, predomina la lagartija *L. gr. signifer* (Tabla 7-21) que fue abundante en roquedal y césped de puna. Por el contrario, el sapito *P. marmoratum* registró sólo 1 individuo en el hábitat de césped de puna, cerca de los bordes de bofedal.

Tabla 7-21. Anfibios y reptiles registrados en la zona de evaluación EF 2

Zona	Hábitat	VES		Total
		<i>L. gr. signifer</i>	<i>P. marmoratum</i>	
EF 2	Césped de puna	3	1	4
	Roquedal	3	0	3
Total		6	1	7



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including an arrow pointing up, a signature, and the letters 'H', 'G', 'A', 'D', 'LDC'.



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

b) **Diversidad de anfibios y reptiles por zona de evaluación**

Según los análisis de diversidad la zona EF 1 es la más diversa, ya que presenta una riqueza y abundancia equitativa de individuos (Tabla 7-22). Por el contrario, en la zona EF 2 predomina la especie *Liolaemus gr. signifer* que tiene una abundancia 6 veces mayor a la de *Pleurodema marmoratum*, obteniendo menores valores de los índices de diversidad.

Tabla 7-22. Riqueza, Abundancia e índices de diversidad por zona de evaluación

Parámetros	Microcuencas	
	EF 1	EF 2
Riqueza (Número total de especies)	2	2
Abundancia (Total de Individuos)	2	7
Índice de Shannon (H')	0,69	0,41
Índice de Simpson (1-D)	0,50	0,24
Índice de Equidad (J')	1	0,59
Esfuerzo de muestreo (VES)	3	3

Similaridad por zona de evaluación

Las 2 zonas evaluadas presentan un índice de similaridad alto, $M_o=0,80$ (Tabla 7-23 y Figura 7-58) pues presentan la misma composición de especies, aunque con diferentes valores de abundancia.

Tabla 7-23. Valores del índice de Similitud de Morisita entre las zonas de evaluación

Zonas	EF 1	EF 2
EF 1	1,00	0,80
EF 2	0,80	1,00

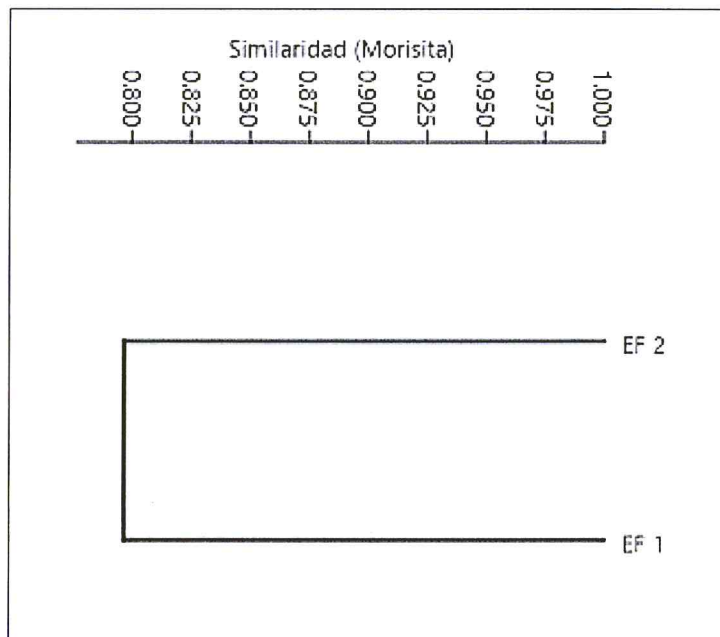


Figura 7-58. Dendrograma de similaridad de la comunidad de anfibios y reptiles de los hábitats evaluados



J
↑
H
P
A
A
D
f
f
RC



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

• **Curva de acumulación de especies**

Mediante el análisis de extrapolación e interpolación de especies en base al número de VES evaluados, observamos que el esfuerzo de muestreo fue adecuado logrando obtener una cobertura del 100%. Lo que también se observa en la curva de acumulación de especies que muestra una estabilización de la asíntota a partir del cuarto VES (Figura 7-59).

Finalmente, el número de especies de anfibios y reptiles registrados (2 especies), corresponde con el número de especies estimadas que tiene una variación de ± 1 especies.

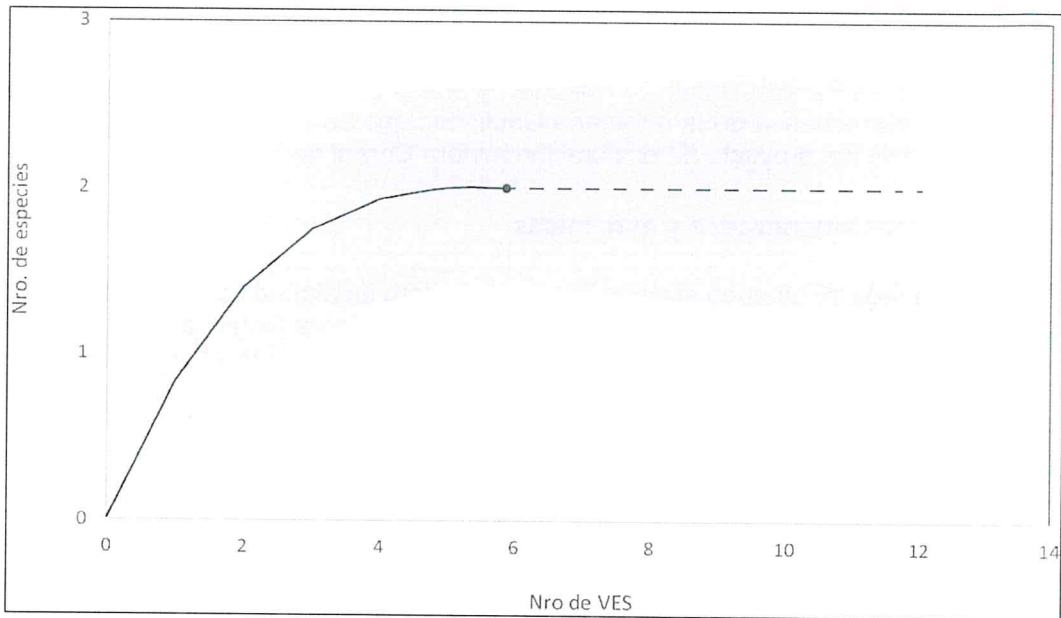


Figura 7-59. Curva de acumulación de especies

La línea continua muestra el número de especies registradas en 6 VES evaluados. La línea entrecortada corresponde al número estimado de especies en base a la cantidad de VES evaluados, la zona sombreada representa el intervalo de confianza 95%.

• **Caracterización de hábitats acuáticos para la evaluación de anfibios**

En los transectos de hábitats acuáticos se tomaron datos de parámetros físicos y características ambientales con la finalidad de caracterizar los cuerpos de agua que favorezcan la presencia de algunas especies de anfibios (Tabla 7-24).

Se calculó el índice hidromorfológico (IHM) propuesto por Encalada *et al.*, (2011) para determinar la calidad ecológica de los hábitats acuáticos, este considera para su cálculo la calidad de vegetación de la ribera, el paisaje próximo al río y algunos elementos del canal del río, como su forma y sustrato. Igualmente se calculó el promedio de los valores de punto de inicio y punto final para cada uno de los parámetros físicos registrados; pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto (Tabla 7-24).

Se determinó que las quebradas evaluadas presentan una calidad de hábitat *buena*, se obtuvo valores de IHM que varían entre 29 y 31. En cuanto a los parámetros físicos se obtuvo valores similares en las 2 zonas, exceptuando los valores de conductividad que presentan valores más altos en la zona EF 1 (Tabla 7-24)



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»

Tabla 7-24. Valores de los parámetros físicos y características ambientales de los transectos en hábitats acuáticos evaluados

EF	Código Transecto	Formación Vegetal	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	Conductividad (µS/cm)	IHM
EF 1	Co-He-T11	Césped de puna	11,95	6,25	7,3	42,90	29
EF 2	Co-He-T22	Bofedal	11,09	6,39	7,03	32,90	31

IHM: Índice Hidromorfológico

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

No se registró ninguna especie durante las evaluaciones de los transectos en hábitats acuáticos. Es necesario evaluar otros transectos en las microcuencas de las quebradas Pantion Huayco y Huacollo, y añadir al menos 2 transectos de evaluación en la microcuenca de la quebrada Unutinoc que se encuentra al oeste del área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission.

- **Especies amenazadas y endémicas**

No se registró ninguna especie que se considere en alguna categoría de amenaza, en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission. Aunque es posible que en el área se distribuya la rana *Telmatobius cf. marmoratus*, que se registró en la microcuenca de la quebrada Collpamayo a 7 km al sur en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani Bear Creek.

7.3.3.2. Composición Ornitológica

Durante la evaluación realizada mediante el método de transectos lineales (T), se han registrado 20 especies pertenecientes a 9 familias y 4 órdenes taxonómicos. El Orden con mayor riqueza de especies fue el Passeriformes con 15 especies que representan el 75 % de la riqueza total registrada, seguido de los Charadriiformes con 3 especies que representan el 15 % del total, y los órdenes Anseriformes y Piciformes, registraron sólo 1 especie que representa el 5 % del total.

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

Tabla 7-25. Orden, Familia y número de especies de aves registradas en el área de estudio

N.º	Orden	Familia	N.º Especies
1	Anseriformes	Anatidae*	1
2	Charadriiformes	Scolopacidae*	1
3		Thinocoridae*	2
4	Piciformes	Picidae	1
5	Passeriformes	Furnariidae	5
6		Tyrannidae	4
7		Troglodytidae	1



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

N.º	Orden	Familia	N.º Especies
8		Thraupidae	4
9		Emberizidae	1

*Familias de especies acuáticas

La familia con la mayor riqueza de especies registrada fue Furnariidae (canasteros) con 5 especies que representan el 25 % del total. Los furnáridos son un gran grupo de passeriformes pequeños o medianos (de 10 a 26 cm), con alas generalmente cortas y redondeadas, patas fuertes y cola larga con el raquis de las plumas reforzado. El color dominante del plumaje es parduzco. Son aves endémicas de América Central y del Sur. Es un grupo muy diverso de insectívoros que reciben su nombre por el nido de barro o arcilla en forma de horno construido por algunas especies, otras construyen los nidos de ramas o palitos (preferiblemente espinosos) siempre cubiertos, o anidan en túneles o hendiduras en la roca. Suelen poner huevos de color blanco, verdoso o azul pálido. La mayoría son pájaros forestales, pero algunos se encuentran en hábitats más abiertos, como sabanas o pastizales (Figura 7-60).

Las siguientes familias con mayor representatividad fueron Tyrannidae (dormilonas, pitajos, mosqueritos) y Thraupidae (fringilos) ambas con cuatro especies que representan el 20 %, seguido de la familia Thinocoridae (agachonas) con dos especies que representan el 10 % del total, las demás familias presentan sólo una especie y representan cada una el 5 % del total.

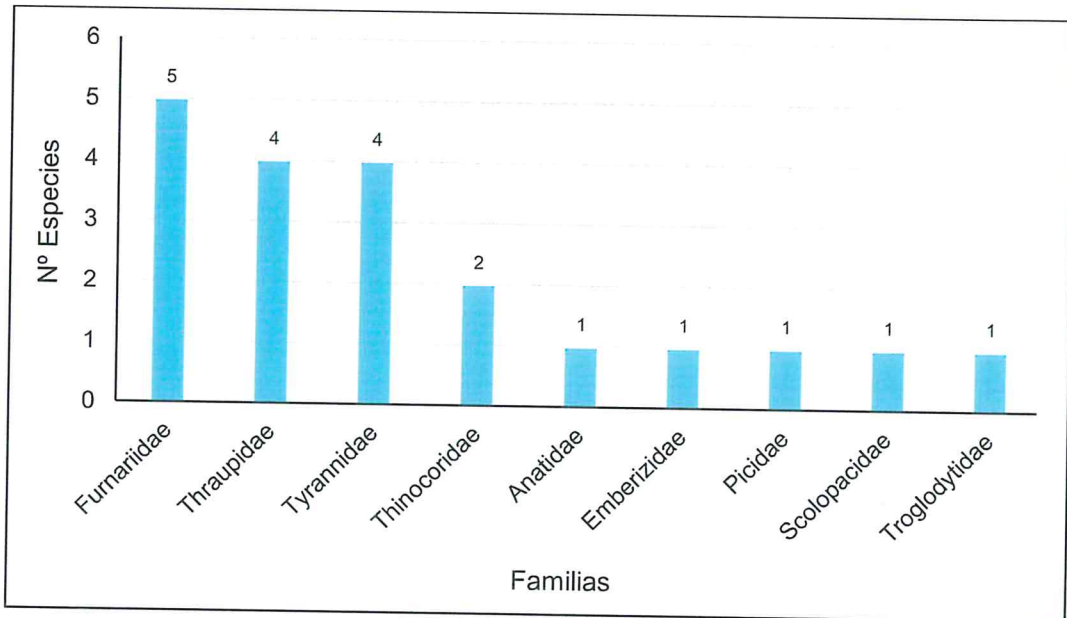


Figura 7-60. Familias con mayor número de especies de aves

• **Descripción de la avifauna por hábitat**

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

a) **Riqueza y abundancia general por hábitat**

En el área que corresponde al proyecto de exploración minera Corani de Fission, se han identificado tres hábitats: bofedal, césped de puna y vegetación asociada a roquedal (en adelante, roquedal) donde se ha registrado mediante la aplicación de transectos lineales un total de 20 especies y 132 individuos. En la Tabla 7-26 se

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

Handwritten notes at the bottom left margin.



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

presenta un resumen de los tres hábitats con la riqueza y abundancia reportada en cada una de ellas mediante el método de evaluación utilizado.

La riqueza de especies entre los hábitats registrados varió entre 7 y 16 especies, y la abundancia presenta valores entre los 16 a 67 individuos. El hábitat con la mayor riqueza y abundancia de especies registrada fue el césped de puna con 16 especies y 67 individuos, seguido del hábitat roquedal con 12 especies y 49 individuos, mientras que el hábitat bofedral fue el que registro la menor riqueza y abundancia con sólo 7 especies y 16 individuos.

Tabla 7-26. Resumen de la Riqueza y Abundancia por hábitat

Hábitat	Esfuerzo de muestreo	N.º Familias	N.º Especies	Abundancia
Bofedal	2 TL	3	7	16
Roquedal	1 TL	8	12	49
Césped de Puna	3 TL	6	16	67

TL: Transecto lineal.

Analizando la abundancia total de todas las especies registradas, se observa que para las especies de hábitos terrestres la más abundante fue *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 22 individuos reportados que representaron el 16,67 %, seguido de *Colaptes rupicola* «carpintero andino» con 17 individuos que representaron el 12,88 %, *Asthenes modesta* «canastero cordillerano» es la tercera especie con mayor abundancia con 15 individuos que representaron el 11,36 %, mientras que para las aves de hábitos acuáticos, la especie con mayor abundancia fue *Attagis gayi* «agachona de vientre rufo» con 12 individuos que representaron el 9,09 % del total, seguida por *Oressochen melanopterus* «cauquén Huallata» con 2 individuos que representaron el 1,52 % del total (Figura 7-61).

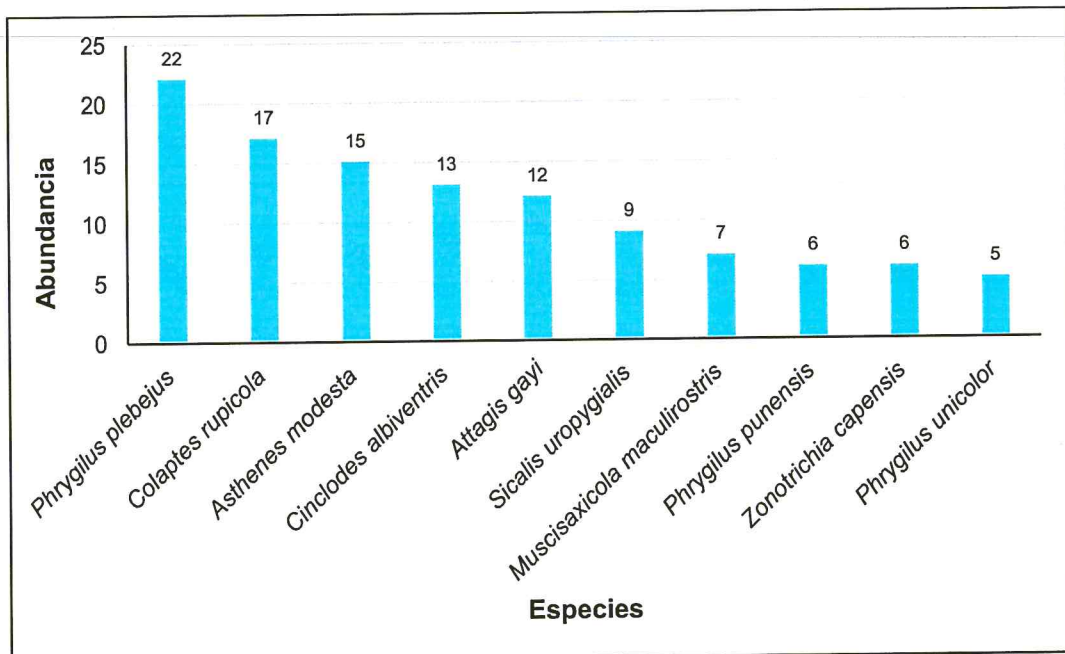


Figura 7-61. Especies con mayor abundancia total registrada en el área de estudio

A continuación, se analizará la avifauna registrada en los hábitats evaluados (bofedral, roquedal y césped de puna). La abundancia que se muestra es la obtenida mediante el método cuantitativo (transectos lineales), la misma que se utilizó para los cálculos



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a large 'A' at the top, a vertical line, and several initials and signatures.



de los índices de diversidad alfa y beta; en el Anexo 2 se presenta la riqueza de especies y abundancia en cada hábitat evaluado.

Bofedal

En el área de estudio, se evaluó 1 solo bofedal mediante el método de transectos lineales. Este hábitat se ubicó en la zona de ecosistema frágil identificado como EF 1.

En este hábitat se ha registrado 7 especies y 16 individuos pertenecientes a 3 familias y 1 solo orden taxonómico. El orden Passeriformes es el único orden registrado en este hábitat. Este orden se caracteriza por tener especies de pequeño tamaño, con el cuerpo esbelto, cabeza pequeña y pico de formas variadas, adaptado al tipo de alimentación, patas adaptadas para la prensión y permanencia en las ramas por un mecanismo de tendones. El mecanismo de las patas de los pájaros consiste en que, al posarse en las ramas, un tendón cierra la pata impidiendo que el pájaro se caiga. Para abrirla tiene que alzarse ligeramente. Plumaje suave, abundante y de diversos colores. Son ágiles, vivaces y resistentes. Poseen siringe que les permite modular cantos y trinos, algunos muy armoniosos. Se alimentan de semillas, granos, frutos e insectos. Ponen huevos en nidos construidos en los árboles o suelo.

Las familias con la mayor riqueza de especies fueron Furnariidae (canasteros) y Thraupidae (fringilos, semilleros) ambas con tres especies registradas, seguido de la familia Tyrannidae (dormilonas, pitajos, mosqueritos) con una especie registrada.

La especie con mayor abundancia fue *Cinclodes albiventris* «churrete de ala crema» con cinco individuos registrados que representaron el 31,25 % del total, seguido de *Asthenes modesta* «canastero cordillerano» con cuatro individuos que representaron el 25 %, seguido por las especies *Phrygilus unicolor* «fringilo plumizo» y *P. plebejus* «fringilo de pecho cenizo» ambas con 2 individuos que representaron el 12,5 %. Por último las especies *Sicalis uropygialis* «chirigüe de lomo brillante», *Muscisaxicola griseus* «dormilona de Taczanowski» y *Upucerthia validirostris* «Bandurrita de Jelski» presentaron un solo individuo que representaron el 6,25 % del total.

Tabla 7-27. Riqueza y abundancia de especies registradas en el Bofedal

Orden	Familia	Especie	Nombre Común	Bofedal	
				EF 1	AR (%)
Passeriformes	Furnariidae	<i>Upucerthia validirostris</i>	Bandurrita de Jelski	1	6,25
		<i>Cinclodes albiventris</i>	Churrete de Ala Crema	5	31,25
		<i>Asthenes modesta</i>	Canastero Cordillerano	4	25
	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola griseus</i>	Dormilona de Taczanowski	1	6,25
	Thraupidae	<i>Phrygilus unicolor</i>	Fringilo Plumizo	2	12,5
		<i>Phrygilus plebejus</i>	Fringilo de Pecho Cenizo	2	12,5
		<i>Sicalis uropygialis</i>	Chirigüe de Lomo Brillante	1	6,25
Riqueza de especies				7	
Abundancia				16	

EF: Ecosistema frágil, AR: Abundancia relativa

Césped de puna

El hábitat césped de puna, se encuentra ubicado dentro del ecosistema frágil denominado EF 2. En este hábitat se han registrado mediante la aplicación de transectos lineales un total de 16 especies y 67 individuos pertenecientes a 8 familias y 4 órdenes taxonómicos.



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

El orden con mayor representatividad fue Passeriformes con 11 especies y 4 familias, seguido por el orden Charadriiformes con 3 especies y 2 familias, mientras que los órdenes Anseriformes y Piciformes presentaron solo 1 especie y 1 familia. La familia con mayor número de especies fue Furnariidae con 4 especies, seguido de las familias Tyrannidae y Thraupidae, ambas con 3 especies registradas.

La especie con la mayor abundancia reportada fue *Attagis gayi* «agachona de vientre rufo» con 12 individuos que representan el 17,91 %, seguido de *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 11 individuos que representaron el 16,42 y *Colaptes rupicola* «carpintero andino» con 9 individuos que representaron el 13,43%.

Entre las especies registradas destacan: *Attagis gayi*, *Oressochen melanopterus*, *Gallinago andina* y *Thinocorus orbignyianus*, consideradas aves acuática según Wetlands international, y también destaca la presencia de *Muscisaxicola cinereus* «dormilona de Taczanowski» considerada como una especie migratoria boreal.

Tabla 7-28. Riqueza y abundancia de especies registradas en césped de puna

Orden	Familia	Especie	Nombre Común	Césped de puna	
				EF 2	AR (%)
Anseriformes	Anatidae	<i>Oressochen melanopterus*</i>	Cauquén Huallata	2	2,99
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Gallinago andina*</i>	Becasina de la Puna	1	1,49
	Thinocoridae	<i>Attagis gayi*</i>	Agachona de Vientre Rufo	12	17,91
		<i>Thinocorus orbignyianus*</i>	Agachona de Pecho Gris	1	1,49
Piciformes	Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>	Carpintero Andino	9	13,43
Passeriformes	Furnariidae	<i>Geositta cunicularia</i>	Minero Común	3	4,48
		<i>Geositta tenuirostris</i>	Minero de Pico Largo	3	4,48
		<i>Cinclodes albiventris</i>	Churrete de Ala Crema	7	10,45
		<i>Asthenes modesta</i>	Canastero Cordillerano	7	10,45
	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola griseus</i>	Dormilona de Taczanowski	1	1,49
		<i>Muscisaxicola cinereus</i>	Dormilona Cinérea	1	1,49
		<i>Ochthoeca oenanthoides</i>	Pitajo de d'Orbigny	1	1,49
	Thraupidae	<i>Phrygilus unicolor</i>	Fringilo Plomizo	1	1,49
		<i>Phrygilus plebejus</i>	Fringilo de Pecho Cenizo	11	16,42
		<i>Sicalis uropygialis</i>	Chirigüe de Lomo Brillante	5	7,46
	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión de Collar Rufo	2	2,99
Riqueza de especies				16	
Abundancia de especies				67	

EF: Ecosistema frágil, AR: Abundancia relativa

* aves acuáticas según Wetlands International

Roquedal

El hábitat roquedal se encuentra ubicada dentro del ecosistema frágil EF 1. Mediante la aplicación de 2 transectos lineales se ha logrado registrar 12 especies y 49 individuos, pertenecientes a 6 familias y 2 órdenes taxonómicos.

El orden con el mayor número de especies fue Passeriformes con 11 especies registradas mientras que el orden restante, Piciformes sólo registró 1 sola especie.



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

Las familias con el mayor número de especies fueron Thraupidae (fringilos, espigueros) y Furnariidae (canasteros) ambas con 4 especies, mientras que las demás familias, Tyrannidae (mosqueritos, dormilonas, pitajos), Emberizidae (gorriones), Picidae (carpintero) y Troglodytidae (cucaracheros) registraron 1 sola especie.

La especie con la mayor abundancia registrada fue *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 9 especies que representaron el 18,37 % del total, seguido por *Colaptes rupicola* «carpintero andino» con 8 individuos que representaron el 16,33 %, seguido por *Muscisaxicola maculirostris* «dormilona chica» con 7 individuos que representaron el 14,29 %.

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

Tabla 7-29. Riqueza de especies y abundancia registrada en roquedal

Orden	Familia	Especie	Nombre Común	Roquedal	
				EF 1	AR (%)
Piciformes	Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>	Carpintero Andino	8	16,33
Passeriformes	Furnariidae	<i>Geositta tenuirostris</i>	Minero de Pico Largo	1	2,04
		<i>Upucerthia validirostris</i>	Bandurrita de Jelski	3	6,12
		<i>Cinclodes albiventris</i>	Churrete de Ala Crema	1	2,04
		<i>Asthenes modesta</i>	Canastero Cordillerano	4	8,16
	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	Dormilona Chica	7	14,29
	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Cucarachero Común	1	2,04
	Thraupidae	<i>Phrygilus punensis</i>	Fringilo peruano	6	12,24
		<i>Phrygilus unicolor</i>	Fringilo Plomizo	2	4,08
		<i>Phrygilus plebejus</i>	Fringilo de Pecho Cenizo	9	18,37
		<i>Sicalis uropygialis</i>	Chirigüe de Lomo Brillante	3	6,12
Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrion de Collar Rufo	4	8,16	
Riqueza de especies				12	
Abundancia				49	

EF: Ecosistema frágil, AR: Abundancia relativa

b) Diversidad por hábitat

Analizando los datos obtenidos, se observa que el hábitat césped de puna, con 16 especies y 67 individuos registrados presento un valor de 2,40 nits/ind para el índice de Shannon Wiener, lo que nos indica que hubo una alta diversidad de especies, con un valor de 0,89 probits/ind para el índice de Simpson, esto nos indica que no hubo dominancia de especies, más bien las especies estuvieron distribuidas de manera equitativa en la muestra, esto en referencia al valor de 0,87 del índice de equidad de Pielou.

El hábitat roquedal, registro un total de 12 especies y 49 individuos, con 1 valor de 2,26 nits/ind para el índice de Shannon Wiener, un valor de 0,88 probits/ind para el índice de Simpson y un valor de 0,91 para el índice de equidad de Pielou, esto nos indica que hubo una alta diversidad de especies, con distribución equitativa de ellas en la muestra y sin dominancia de alguna especie (Figura 7-62).



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

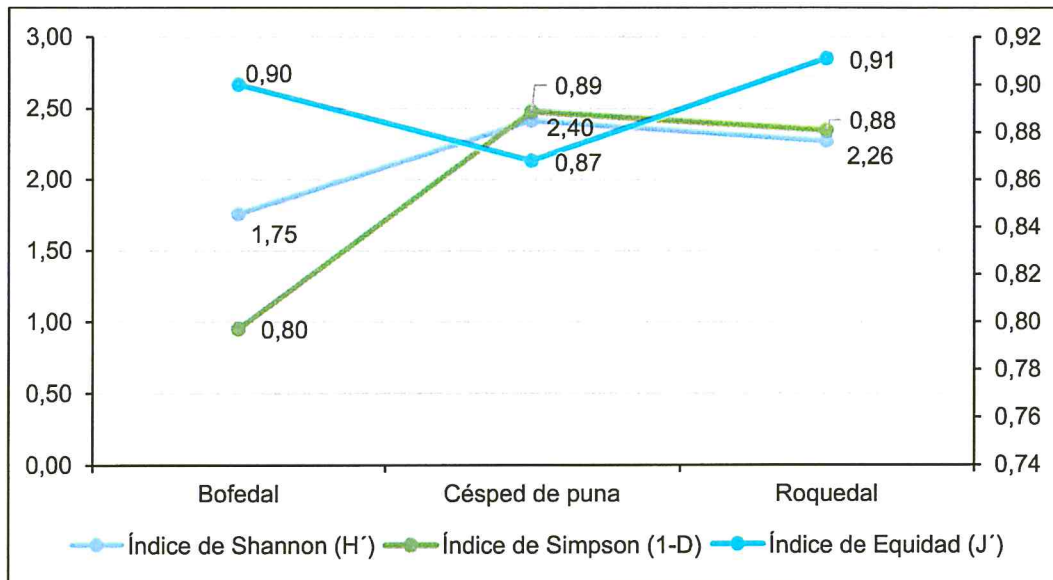


Figura 7-62. Índices de diversidad por hábitat registrado en el área de estudio

Por último, el hábitat bofedal con 7 especies y 16 individuos registrados, registró un valor de 1,75 bits/ind para el índice de Shannon Wiener, un valor de 0,80 nits/ind para el índice de Simpson y un valor de 0,90 para el índice de Equidad de Pielou. Estos valores nos indican que el bofedal presentó una baja diversidad; sin embargo, las pocas especies registradas estuvieron representadas equitativamente en la muestra; es decir, no hubo dominancia de especies, más bien las especies se han distribuido de tal forma que ocupan toda el área que corresponde al hábitat bofedal (Tabla 7-30).

Tabla 7-30. Riqueza, abundancia e índices de diversidad por hábitat

Parámetros	Bofedal	Césped de puna	Roquedal
Riqueza (Número total de especies)	7	16	12
Abundancia (Total de Individuos)	16	67	49
Índice de Shannon (H')	1,75	2,40	2,26
Índice de Simpson (1-D)	0,80	0,89	0,88
Índice de Equidad (J')	0,90	0,87	0,91
Esfuerzo de muestreo	1 TL	3 TL	2 TL

TL: Transecto lineal

c) Similaridad por hábitat

Según el índice cuantitativo de Morisita, se observa en primer lugar un agrupamiento con una similaridad superior al 60%, conformado por el hábitat césped de puna (Cp) y roquedal (Ro), esto quiere decir que estas unidades comparten el 62 % de las especies registradas en ambos hábitats, entre estas especies destacan *Zonotrichia capensis*, *Asthenes modesta*, *Cinclodes albiventris*, *Colaptes rupicola*, *Phrygilus plebejus*, *Phrygilus unicolor*, *Sicalis uropygialis*, entre otras. Estas especies utilizan el césped de puna y el roquedal como zonas de refugio, alimentación y en algunos casos como zonas de reproducción, ellas recorren extensas áreas, desplazando por casi todos los hábitats que se encuentran en el área de estudio por lo que se les puede observar visitando o incluso habitando diversos hábitats.

A la agrupación mencionada se une el hábitat Bofedal (Bo) con un valor del índice de Morisita de aproximadamente 0,475, esto significa que este hábitat comparte sólo el



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a date '10/10/11' and initials 'LPC'.

a) **Riqueza de especies y Abundancia por Ecosistema frágil (EF)**

En el área de evaluación se han registrado 2 ecosistemas frágiles denominados EF 1 y EF 2. El ecosistema EF 1, se encuentra asociado a la quebrada Pantion Huayco mientras que en el ecosistema EF 2, está asociada a la quebrada Huacollo.

En el ecosistema EF 1 se ha registrado 2 tipos de hábitats, bofedal y roquedal, en este ecosistema se han registrado 65 individuos pertenecientes a 13 especies, 6 familias y tan sólo 2 órdenes taxonómicos. El orden más representativo fue Passeriformes con 12 especies registradas seguido solo por el orden Piciformes que presentó 1 sola especie. Las familias con la mayor riqueza registrada fueron Thraupidae (fringilos) y Furnariidae (canasteros) ambas con 3 especies registradas, seguido por la familia Tyrannidae (dormilonas, pitajos) con sólo 2 especies.

La especie con la mayor abundancia registrada en el EF 1 fue *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 11 individuos que representaron el 16,92 % del total registrado, seguido por las especies *Colaptes rupicola* «carpintero andino» y *Asthenes modesta* «canastero cordillerano» ambas con 8 individuos registrados que representaron el 12,31 %, seguido por la especie *Muscisaxicola maculirostris* «dormilona chica» con siete individuos que representaron el 10,77% del total.

En el Ecosistema EF 2 se ha registrado 1 solo tipo de hábitat, césped de Puna, en esta área se ha registrado 67 individuos pertenecientes a 16 especies, 8 familias y 4 órdenes taxonómicos. El orden con el mayor número de especies fue Passeriformes con 11 especies registradas, seguido del orden Charadriiformes con 3 especies, mientras que los órdenes Anseriformes y Piciformes sólo registraron 1 especie. La familia con el mayor número de especies fue Furnariidae (canasteros) con 4 especies registradas, seguido por las familias Thraupidae (fringilos), Tyrannidae (pitajos, dormilonas) ambas con 3 especies, la familia Thinocoridae (agachonas) reporta 2 especies mientras que las demás familias sólo reportan 1 sola especie.

La especie con la mayor abundancia registrada en el EF 2 fue *Attagis gayi* «agachona de vientre rufos» con 12 individuos que representaron el 17,91 % del total, seguido por la especie *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 11 individuos registrados que representaron el 16,42 %, *Sicalis uropygialis* «chirigüe de lomo brillante» es la tercera especie con mayor abundancia registrada, con 9 individuos que representaron el 13,43%, le siguen *Asthenes modesta* «canastero cordillerano» y *Cinclodes albiventris* «churrete de ala crema» ambas con 7 individuos que representaron el 10,45% del total.

En el Ecosistema frágil EF 2 el hábitat con mayor extensión es el césped de puna, sin embargo, durante la evaluación se podido registrar especies de ambientes acuáticos, específicamente especies que habitan en bofedales, esto ocurre debido a la presencia de pequeños bofedales donde una pequeña área de estos bofedales se intercepta con el área evaluada permitiendo de esta manera el registro de especies como *Gallinago andina* «Becasina de la puna», *Oressochen melanopterus* «Cauquén Huallata», *Attagis gayi* «Agachona de vientre rufo» y *Thinocorus orbignyianus* «Agachona de pecho gris».

En la Tabla 7-32 podemos ver que el ecosistema frágil EF 2 presenta mayores valores de riqueza y abundancia que los reportados en el ecosistema EF 1.





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

47,5 % de las especies con los hábitats Césped de Puna y Roquedal (ver Tabla 7-31 y Figura 7-63).

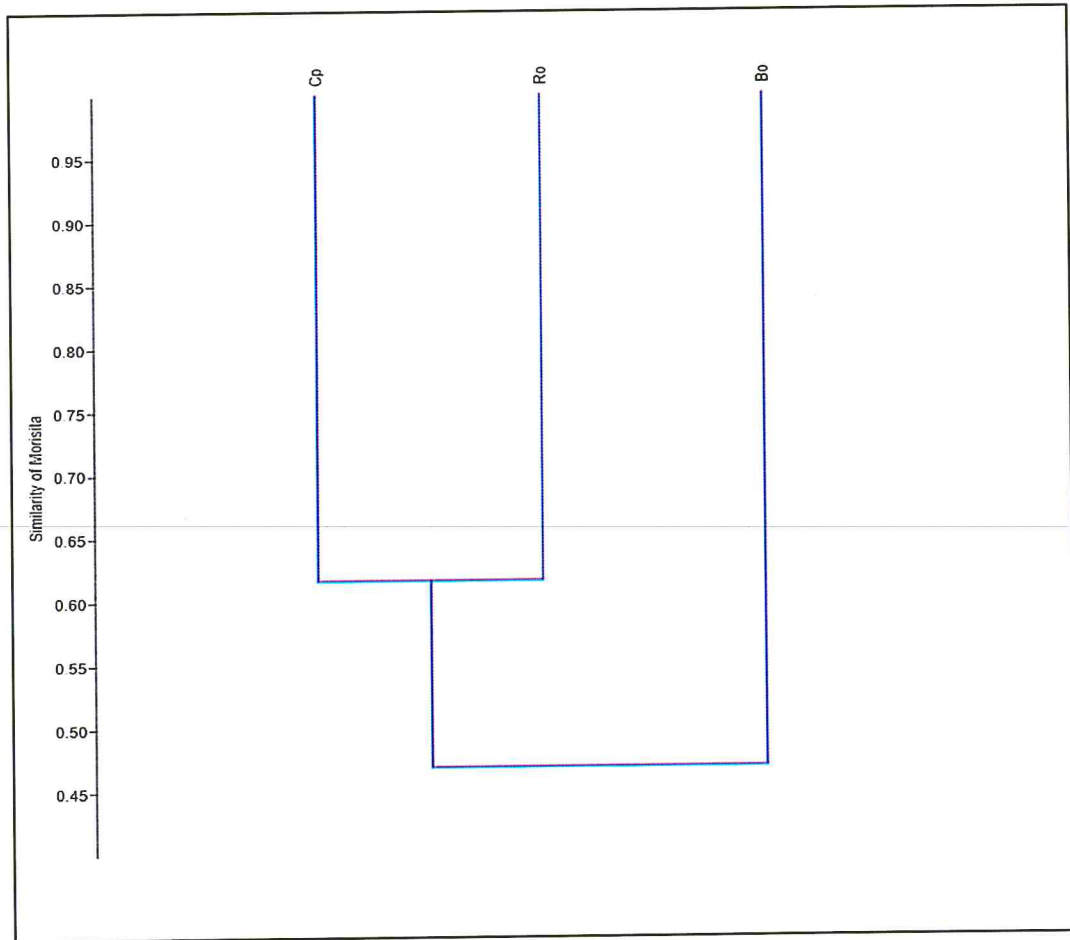
Este índice muestra que hay especies compartidas entre unidades de vegetación y entre otros no, mostrando que las especies terrestres se comparten en los hábitats bofedal, roquedal y césped de puna.

Tabla 7-31. Valores del índice de Similitud de Morisita entre las unidades de vegetación en el área de estudio

Datos	Bofedal	Césped de puna	Roquedal
Bofedal	1	0,55	0,39
Césped de puna	0,55	1	0,62
Roquedal	0,39	0,62	1



Handwritten signature and date: 12/11/2011



Leyenda: Bo: Bofedal, Cp: Césped de Puna, Ro: Roquedal

Figura 7-63. Dendrograma de Similitud de Morisita entre unidades de vegetación

• **Descripción de la avifauna por ecosistema frágil (EF)**

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

Handwritten signature and date: 12/11/2011



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

Tabla 7-32. Riqueza de especies y abundancia registrada los ecosistemas frágiles evaluados

Orden	Familia	Especie	EF 1				EF 2	
			Bo	AR (%)	Ro	AR (%)	Cp	AR (%)
Anseriformes	Anatidae	<i>Oressochen melanopterus*</i>					2	2,99
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Gallinago andina*</i>					1	1,49
	Thinocoridae	<i>Attagis gayi*</i>					12	17,91
		<i>Thinocorus orbignyianus*</i>					1	1,49
Piciformes	Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>			8	16,33	9	13,43
Passeriformes	Furnariidae	<i>Geositta cunicularia</i>					3	4,48
		<i>Geositta tenuirostris</i>			1	2,04	3	4,48
		<i>Upucerthia validirostris</i>	1	6,25	3	6,12		
		<i>Cinclodes albiventris</i>	5	31,25	1	2,04	7	10,45
		<i>Asthenes modesta</i>	4	25	4	8,16	7	10,45
	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>			7	14,29		
		<i>Muscisaxicola griseus</i>	1	6,25			1	1,49
		<i>Muscisaxicola cinereus</i>					1	1,49
		<i>Ochthoeca oenanthoides</i>					1	1,49
	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>			1	2,04		
	Thraupidae	<i>Phrygilus punensis</i>			6	12,24		
		<i>Phrygilus unicolor</i>	2	12,5	2	4,08	1	1,49
		<i>Phrygilus plebejus</i>	2	12,5	9	18,37	11	16,42
		<i>Sicalis uropygialis</i>	1	6,25	3	6,12	5	7,46
	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>			4	8,16	2	2,99
Riqueza de especies			7		12		16	
Abundancia			16		49		67	

Leyenda: Bo: Bofedal, Cp: Césped de puna, Ro: Roquedal, EF: Ecosistema frágil, AR = Abundancia relativa
*Aves acuáticas según Wetlands International

b) Diversidad por Ecosistema Frágil (EF)

Analizando los datos obtenidos, se observa que el Ecosistema frágil EF 2 presentó los valores más altos de riqueza y abundancia de especies con 16 especies y 67 individuos registrados, este ecosistema presentó un valor de 2,40 nits/ind para el índice de Shannon Wiener, un valor de 0,89 probits/ind para el índice de Simpson y un valor de 0,87 para el índice de Equidad de Pielou, estos valores nos indican que el EF 2 presenta una diversidad alta, donde las especies estuvieron representadas equitativamente en la muestra, es decir, no hubo dominancia de especies, esto debido a la extensión del hábitat que presenta, lo cual permite que las especies aprovechen los recursos de la zona y de esta manera no generen competencia entre ellos, sino que cohabiten de una manera que todos se beneficien (Figura 7-64).



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

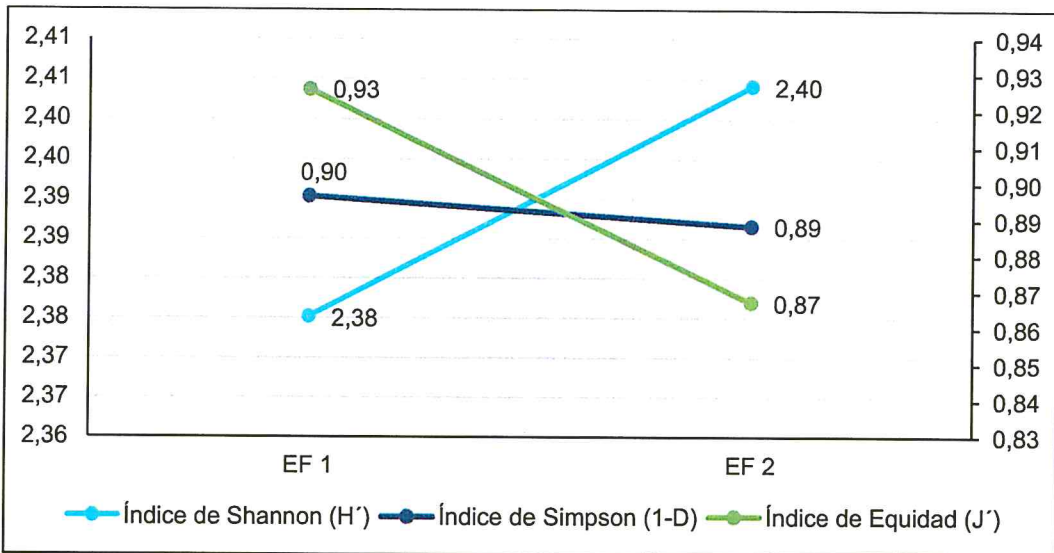


Figura 7-64. Índices de Diversidad por ecosistema frágil (EF) registrado en el área de estudio

El ecosistema EF 1 fue el que presentó los menores valores de riqueza y abundancia, con 13 especies y 65 individuos, con un valor de 2,38 nits/ind para el índice de Shannon Wiener, lo que nos indica que hubo una alta diversidad de especies, un valor de 0,90 probits/ind para el índice de Simpson y un valor de 0,93 del índice de equidad de Pielou, esto nos dice que en la muestra no hubo dominancia de especies y que las especies estuvieron distribuidas equitativamente en la muestra (Tabla 7-33).

Tabla 7-33. Riqueza, abundancia e índices de diversidad por Ecosistema frágil (EF)

Parámetros	EF 1	EF 2
Riqueza (Número total de especies)	13	16
Abundancia (Total de Individuos)	65	67
Índice de Shannon (H')	2,38	2,40
Índice de Simpson (1-D)	0,90	0,89
Índice de Equidad (J')	0,93	0,87
Esfuerzo de muestreo	3 TL	3 TI

EF: Ecosistema frágil

c) Similitud por Ecosistema frágil

Analizando el dendrograma obtenido mediante el índice de Morisita, se observa que ambos ecosistemas (EF 1 y EF 2) presentan un valor del índice de Morisita de 0,70, esto nos indica que ambos ecosistemas comparten entre sí el 70 % de las especies registradas, como por ejemplo *Cinclodes albiventris*, *Geositta tenuirostris*, *Muscisaxicola griseus*, *Phrygilus plebejus*, *P. unicolor*, *Sicalis uropygialis*, *Zonotrichia capensis*, *Colaptes rupicola*, entre otras. Esta similitud podría deberse a la gran variedad de hábitats presente en el área de estudio, lo cual permite que muchas de las especies se desplacen por ellas, y de esta manera aprovechen los recursos de cada uno y encuentren zonas de alimentación y reproducción que permitan sobrevivir a las aves (Tabla 7-34 y Figura 7-65).



Handwritten notes and signatures on the left margin.



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

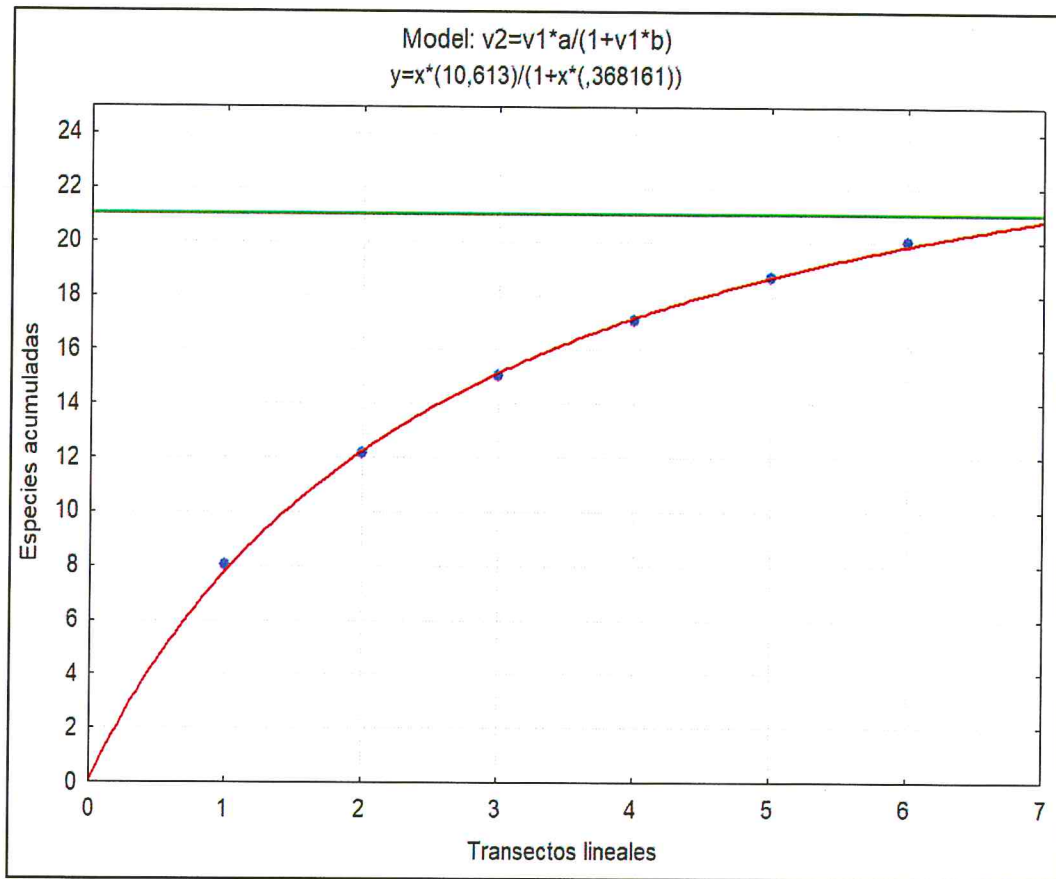


Figura 7-66. Curva de acumulación de especies presentes en el área estudio

De la curva de acumulación de especies de la presente investigación, se observa que el tamaño de la muestra de especies no llega a la asíntota, en el área de estudio se ha registrado 20 especies, mientras que según los datos ajustados mediante la ecuación de Clench, indica que el máximo número de especies para el muestreo fue de 21 especies. Probablemente, la especie que no ha sido registrada correspondería a una especie nocturna o crepusculares, ocasional, con migración altitudinal o especies estacionales.

El coeficiente de determinación R^2 tuvo un valor de 0,99 que representa un ajuste aceptable al modelo de Clench (cerca de uno).

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

En el área de evaluación se registraron 20 especies, pero ninguna de ellas especies se encuentran incluidas en alguna categoría de conservación.

Respecto al nivel de endemismo, se ha registrado cinco especies restringidas al Bioma Andes Centrales (CAN), no se ha registrado especies endémicas de Perú o que estén dentro de alguna Área de Endemismo de Aves (EBA) (Tabla 7-35).



Handwritten signature

Handwritten signature

Handwritten signature

Handwritten signature

Handwritten signature

Handwritten signature

Handwritten signature

Handwritten signature



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

Tabla 7-35. Lista de especies incluidas en categorías de conservación y endémicas registradas en el área de estudio

Especies	Categorías de conservación				Endemismo		
	DS 004-2014-MINAGRI	IUCN	CITES	CMS	Perú	EBA	Bioma
<i>Oressochen melanopterus</i>	-	LC	-	II	-	-	-
<i>Colaptes rupicola</i>		LC					CAN
<i>Upucerthia validirostris</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Ochthoeca oenanthoides</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Phrygilus punensis</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN
<i>Sicalis uropygialis</i>	-	LC	-	-	-	-	CAN

Legenda: (E) LC: Preocupación menor, CAN: Bioma de los Andes Centrales.

- **Usos actuales y potenciales de las aves por la población local**

Durante la evaluación realizada en área de estudio no se ha logrado registrar especies que sean utilizadas por la población.

7.3.3.3. Composición de mamíferos silvestres

En toda el área de evaluación, conformada por dos zonas (EF 1 y EF 2), se registraron 2 especies de mamíferos silvestres divididas en 2 órdenes, 2 familias y 2 géneros (Tabla 7-36).

Tabla 7-36. Composición de mamíferos en las cuatro zonas evaluadas

Orden	Familia	Género	Especie
Rodentia	1	1	1
Carnivora	1	1	1
Total	2	2	2

En las evaluaciones mediante recorridos por transectos, los mayores registros obtenidos fueron de la especie *Lagidium peruanum* «vizcacha» con siete registros, todas por observaciones directas, seguido de la especie de la orden carnívora con 2 registros.

- **Descripción por zona de evaluación**

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

- Riqueza y abundancia de mamíferos silvestres por zona de evaluación**

En el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission se distinguen dos zonas denominadas EF 1 y EF 2 por la presencia de bofedales considerados como ecosistemas frágiles, de ahí la denominación de EF. La zona del EF 1, se encuentra asociado a la quebrada Pantion Huayco mientras que en el ecosistema EF 2, está asociada a la quebrada Huacollo.

En cada zona se realizó de 1 a 2 recorridos o transectos. En dónde el mayor esfuerzo se realizó en la zona de EF 2 con dos recorridos, con un total de 2,3 km en un tiempo de 2 horas y 25 minutos (Tabla 7-37).



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a large signature and the initials '1PC' at the bottom.



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

Tabla 7-37. Unidades y esfuerzo de muestreo en el área de evaluación

Zona	Quebradas	EF	Transectos	Km	Tiempo
EF 1	Qda. Pantion Huayco	FisMaln-3	1	1,8	1 h 10'
EF 2	Qda. Huacollo	FisMaln-1	1	1,3	1 h 10'
		FisMaln-2	1	1,0	1 h 15'
Total			3	4,10	3 h 35'

El esfuerzo de muestreo total con cámaras trampa fue de 62 trampas-noche, distribuidas para la Zona EF 1 y EF 2 con 1 esfuerzo de 31 trampas –noche respectivamente (Tabla 7-38).

Tabla 7-38. Esfuerzo de muestreo de cámaras trampa para la evaluación de mamíferos silvestres en el área de estudio

Código	Fecha de Instalación	Fecha de desinstalación	Tiempo de registro (días)	Esfuerzo de muestreo (Trampas- noche)
Zona EF 1: Qda. Pantion Huayco				
FisMaCT-2	24/05/2018	24/06/2018	31	31
Zona EF 2: Huacollo				
FisMaCT-1	24/05/2018	24/06/2018	31	31
Total				62



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

Para el cálculo del índice de ocurrencia se tomaron en cuenta todos los registros y evidencias encontradas (cualitativas y cuantitativas) en el área de estudio. No se consideraron las entrevistas realizadas a los apoyos locales, ni las observaciones y evidencias obtenidas fuera de los recorridos. Los valores de índice de Ocurrencia (IO) e Índice de Abundancia (IA) se muestran en la Tabla 7-39.

A nivel del análisis del registro de evidencias y considerando los índices de ocurrencia (IO), se confirman la presencia de la especie *Lagidium peruanum* «vizcacha», el cual sobrepasó el valor mínimo requerido (10) para confirmar su presencia según lo manifestado en Boddicker *et al.* (2002). En lo que respecta al análisis del índice de Abundancia (IA), *Lagidium peruanum* «vizcacha» se reportan como las más abundantes.

Tabla 7-39. Índice de ocurrencia (IO) e Índice de abundancia (IA) de mamíferos en las dos zonas evaluadas

Orden	Familia	Especies	Nombre común	Zona EF 1	Zona EF 2	IO	IA
Rodentia	Chinchillidae	<i>Lagidium peruanum</i>	Vizcacha	O (20)	O (31)	10	510
Carnivora	Mephitidae	<i>Conepatus chinga</i>	Zorrino, añás	-	Ex (2)	5	10

O: Observación directa, Ex: Excavación

c) **Similaridad de Jaccard**

Mediante el análisis de similaridad de Jaccard se obtuvo un grupo bien definido que comparten una de las dos especies registradas para ambos EF con un 50% de similaridad, la especie que origina esta unión es *Lagidium peruanum* «vizcacha». Los valores presentados en la Tabla 7-40, pueden ser expresados en porcentajes para poder entender este análisis.



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

Tabla 7-40. Índice de similaridad de Jaccard de mamíferos en las dos zonas evaluadas

Similaridad de Jaccard	Zona EF 1	Zona EF 2
Zona EF 1	1	0,5
Zona EF 2	0,5	1

Los valores obtenidos en el análisis de similaridad de Jaccard se muestran de manera gráfica en el Figura 7-67. Es necesario precisar que los valores usados para este análisis involucran los registros cualitativos y cuantitativos mediante recorridos.

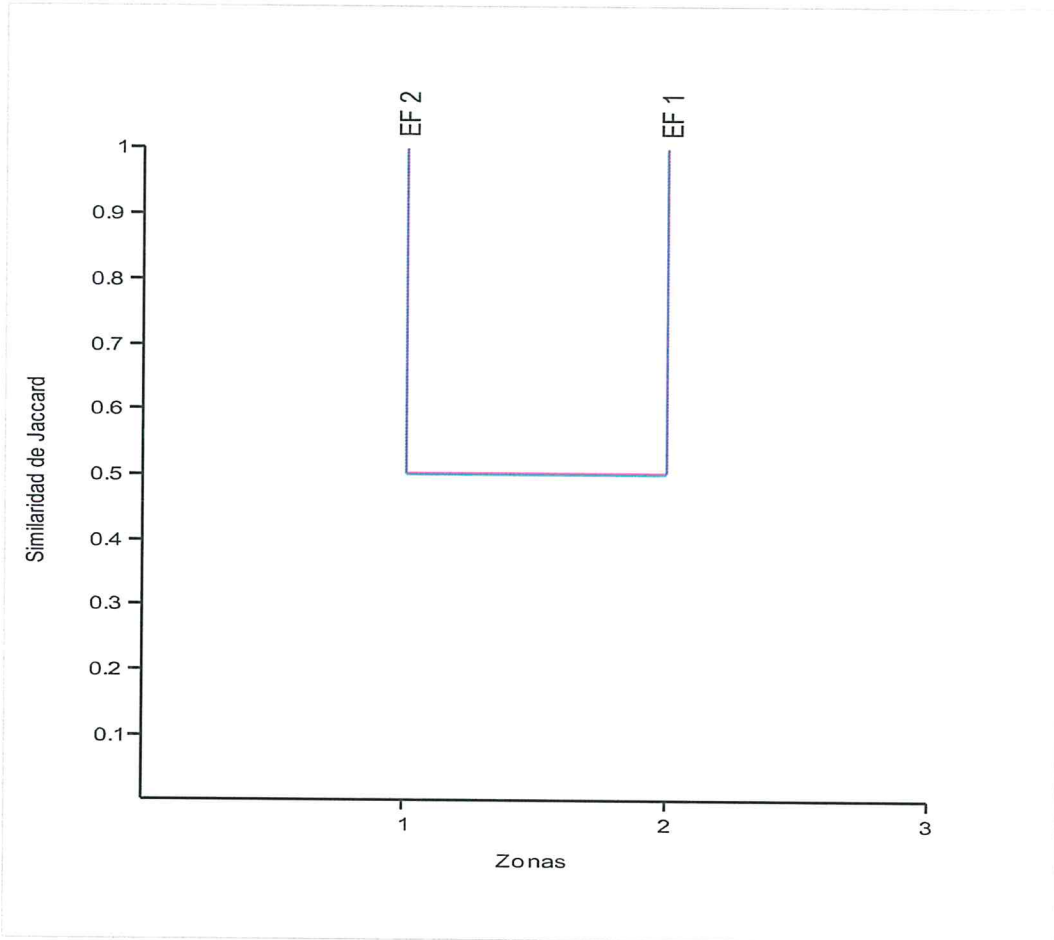


Figura 7-67. Cluster de similaridad de especies compartidas entre zonas evaluadas

d) Análisis de evaluación por cámaras trampa

Por medio de cámaras trampa se obtuvo 2 registros independientes perteneciente a la especie *Lagidium peruanum* «vizcacha» como especie común para esta área. Estos registros fueron obtenidos en la cámara de código FisMaCT-2 (Tabla 7-41).



Handwritten signature and initials in blue ink.

Handwritten initials 'JPC' in blue ink.



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

Tabla 7-41. Registros independientes de mamíferos silvestres por las cámaras trampa

Especies	Cámaras Trampa		Total
	Zona EF 1 Q. Pantion Huayco	Zona EF 2 Q. Huacollo	
	FisMa CT-2	FisMa CT-1	
<i>Lagidium peruanum</i>	2	0	2
Total	2	0	2

• Curva de acumulación de especies

En la Figura 7-68 se presenta la curva de acumulación de especies de mamíferos silvestres sólo mediante el registro de recorridos. En ella se observa que la curva de Clench es la que más se ajusta a los datos (R=1), en este caso, el número de recorridos realizados es casi el óptimo para el registro de 4 especies potencialmente presentes. Sin embargo, hay que señalar que con el uso de las cámaras trampa no se ha logrado sumar el registro de más especies a la lista de registros para el área de estudio.

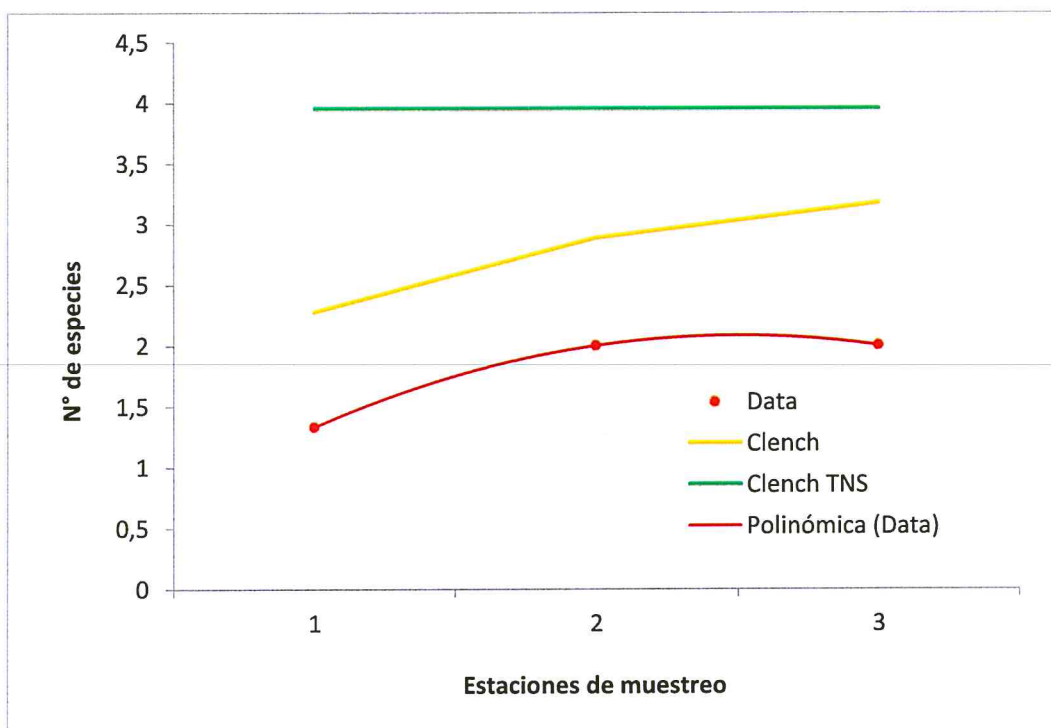


Figura 7-68. Curva de acumulación de especies

En relación a la diversidad de especies por zona de evaluación, la mayor diversidad se presenta en la Zona EF 2 con 2 especies comúnmente en la zona, *Lagidium peruanum* «vizcacha» y *Conepatus chinga* «añás». Además, no se registraron especies de conservación nacional o internacional.

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



8. DISCUSIONES

El presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission Energy Perú S.A.C., donde se evaluaron la calidad del agua superficial (quebradas y manantiales), sedimentos; además, se realizaron estudios especializados como evaluación de comunidades hidrobiológicas, caracterización geológica, evaluación hidroquímica y evaluación de flora y fauna silvestre.

Los recursos hídricos evaluados comprenden las quebradas Unutincoc, Patión Huayco, Huancoruni, Acsanamayu, Yurakjaja, Quelloacocha y Huacollo, así como cinco manantiales que tributan a las quebradas mencionadas, evaluándose 3 puntos en época seca y 12 puntos en época húmeda. La distribución de los puntos de muestreo se observa en la Figura 8-1.

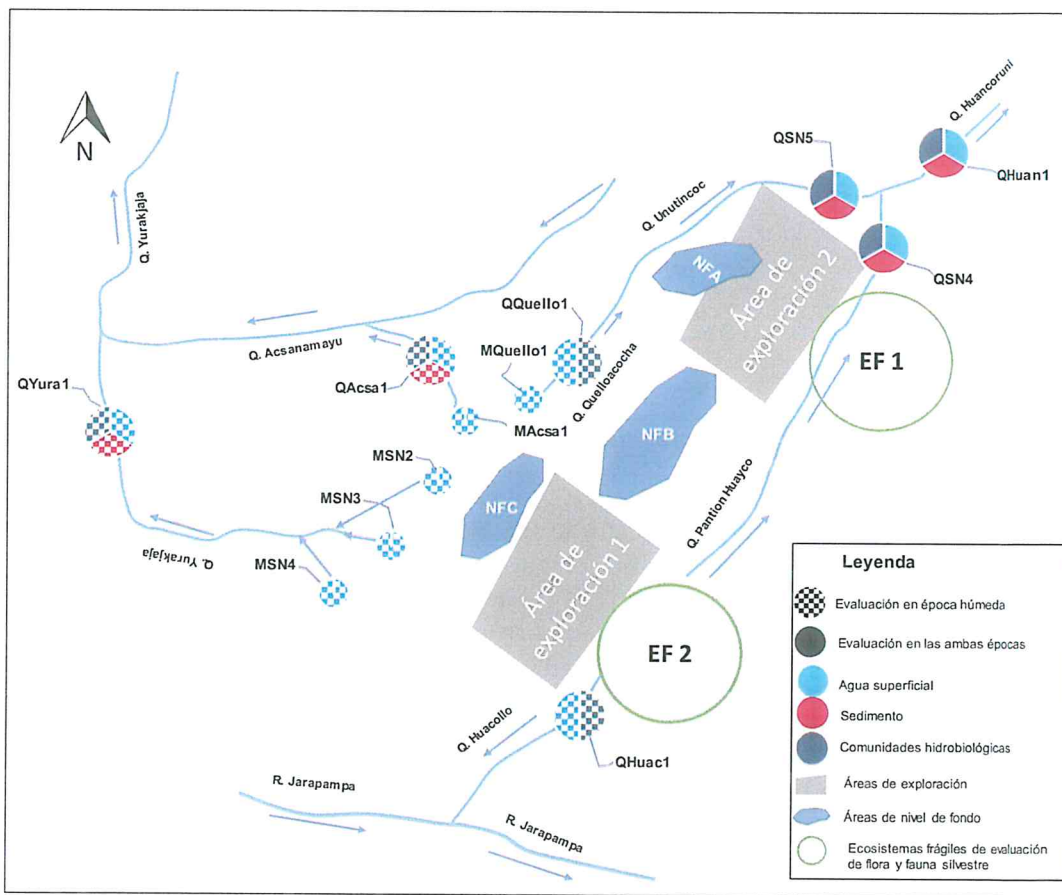


Figura 8-1. Distribución de puntos de muestreo en época húmeda y seca

En la Figura 8-2 se muestra el resumen de los parámetros que excedieron los Estándares de Calidad Ambiental para Agua Categoría 3 «Riego de vegetales y bebida de animales», aprobados mediante Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM (en adelante, ECA para agua Cat3), para manantiales la comparación se realizó de manera referencial²⁷.

²⁷ Cabe señalar que, los valores de oxígeno disuelto registrados en manantiales presentaron valores por debajo de los ECA para agua, que corresponden a condiciones naturales.



Handwritten blue ink notes and signatures on the left margin.

Handwritten blue ink notes and signatures at the bottom left margin.



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

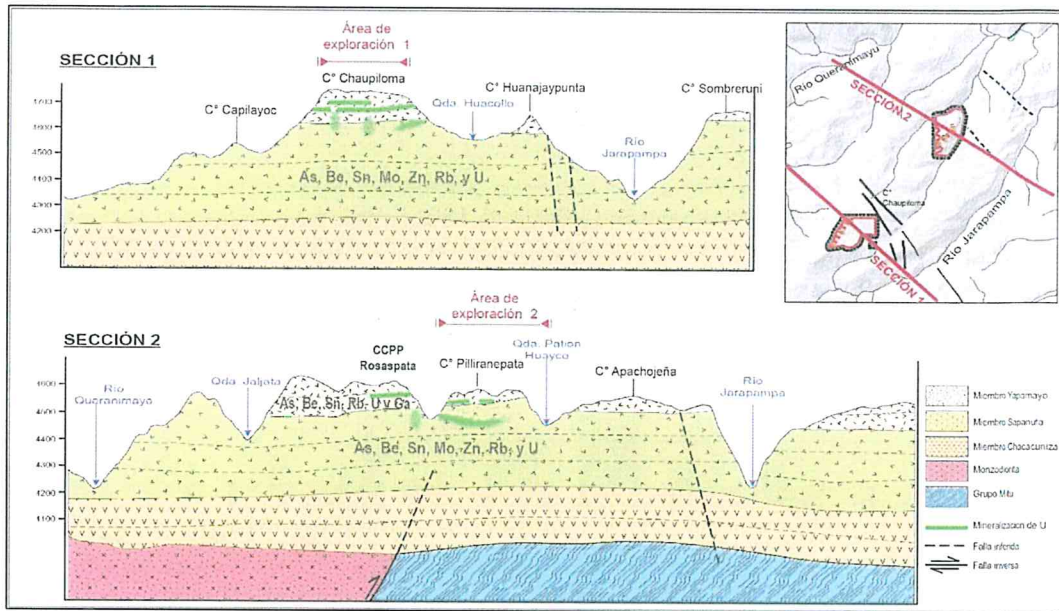


Figura 8-3. Sección geológica de las áreas de exploración 1 y 2

Los elementos traza reportados en la base litogeoquímica de Ingemmet (2016) nos indican que, los miembros Sapanuta y Yapamayo presentan valores de berilio, estaño, rubidio y uranio superiores al de la corteza continental propuesta por Rudnick (1995); además de los valores de molibdeno y zinc del Miembro Sapanuta y galio del Miembro Yapamayo. Ver Figura 8-4 y Figura 8-5. Las condiciones petrográficas de estas rocas volcánicas félsicas son apropiadas para almacenar minerales de uranio, zinc, torio, estaño y estroncio que podrían estar realacionadas con la zona mineralizada.

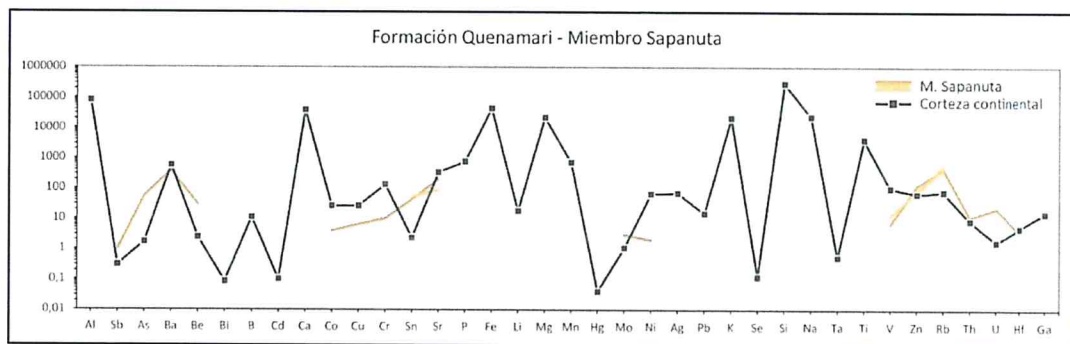


Figura 8-4. Comparación de los metales traza del Miembro Sapanuta con respecto a los valores de corteza continental propuesto por Rudnick (1995)

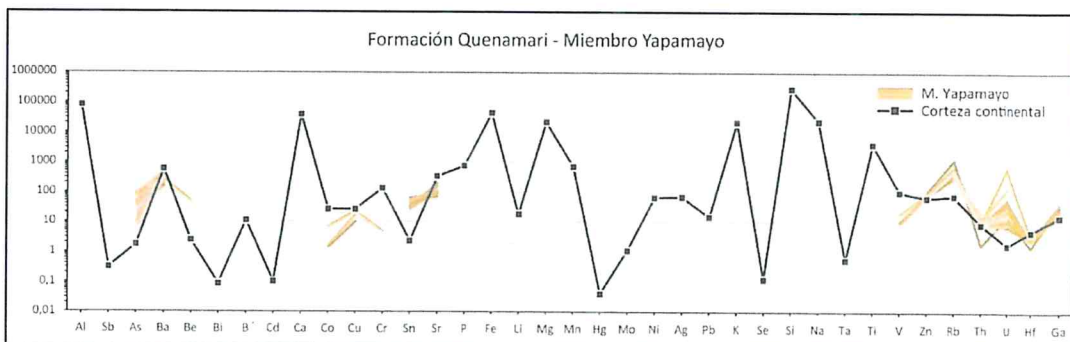


Figura 8-5. Comparación de los metales traza del Miembro Yapamayo con respecto a los valores de corteza continental propuesto por Rudnick (1995)



Vertical handwritten text on the left margin: 'A P H S A P H S'

Vertical handwritten text on the left margin: 'D. f. x LDC'



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

De acuerdo con la descripción geológica, si bien existen metales que superaron el valor de la corteza continental (Rudnick, 1995), estos no influyeron en la calidad del agua.

La quebrada Huancoruni (QHuan1), formada por las quebradas Unutincoc (QSN4, MQuello1 y QQuello1²⁸) y Patión Huayco (QSN5), evaluadas en la época húmeda y seca, los parámetros evaluados cumplieron con los ECA para agua Cat3, lo cual es similar a lo reportado en la línea base del IGA²⁹ (Figura 8-6). Además, presentaron facies bicarbonatadas-sódicas (Piper y Stiff), y según la clasificación de Ficklin, se clasificaron como casi neutras con baja concentración de metales.

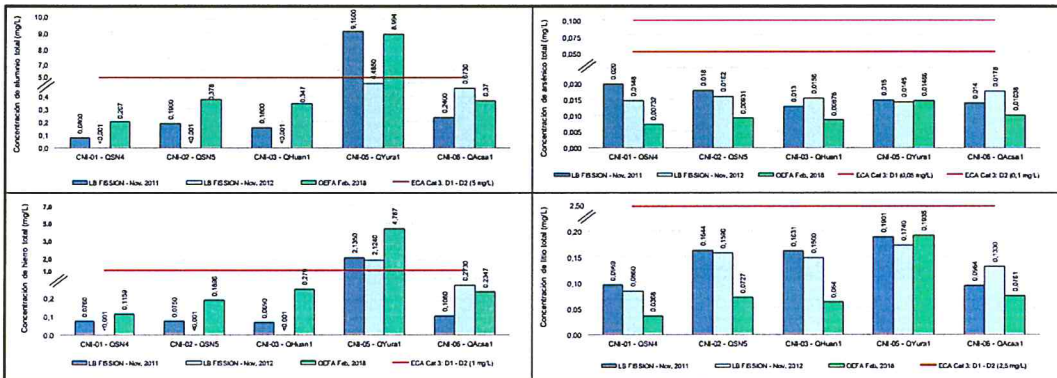


Figura 8-6. Comparación de los resultados reportados de OEFA con la línea de base respecto al a) aluminio, b) arsénico, c) hierro y f) plomo

Con relación a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en época húmeda, los puntos de muestreo HID-QQuello1, HID-QSN4 y HID-QHuan1, presentaron una calidad biológica buena (índice ABI); mientras que HID-QSN5 presentó una calidad biológica moderada. Esto debido a que se registró una alta densidad de organismos de los órdenes Plecoptera y Ephemeroptera en los puntos de muestreo HID-Huan1, HID-QSN5 y HID-QSN4; además, en estos puntos de muestreo el taxón *Claudioperla sp.* (orden Plecoptera) fue la especie de mayor densidad. Cabe precisar que los órdenes Plecoptera y Ephemeroptera comprenden taxones sensibles que son empleados como indicadores de buena calidad del agua (Roldán, 1996).

La concentración de mercurio total en sedimento del punto QSN4 excedió referencialmente el valor PEL de la CEQG, únicamente para la época húmeda, no teniendo influencia sobre el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas en este punto.

En la quebrada Acsanamayu (QAcas1) y el mantantial Acsanamayu (MAcas1), los parámetros evaluados en época húmeda cumplieron con los ECA para agua Cat3, lo cual son similares a la línea base del IGA³⁰ en el punto QAcas1 (Figura 8-4); presentando facies bicarbonatadas-sódicas (Piper y Stiff) y de acuerdo al diagrama de Ficklin, se clasificaron como casi neutras con baja concentración de metales.

Con relación a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto de muestreo HID-QAcas1 presentó una calidad biológica ABI moderada, con un predominio de organismos del taxón *Hyalella sp.* (Amphipoda) perteneciente a la

28 MQuello1 y QQuello1: puntos evaluados solo en época húmeda
 29 R.D. N° 194-2013-MEM/AAM «Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani, distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno»
 30 R.D. N° 194-2013-MEM/AAM «Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani, distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno»



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin

Vertical handwritten notes and signatures at the bottom left margin



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

familia Hyalellidae, que vive en aguas corrientes y remansos de quebradas, asociado a materia orgánica en descomposición, donde se forman densas poblaciones (Roldán, 2003). Cabe precisar que el orden Amphipoda pertenece al grupo de taxones «facultativos», según el índice biótico de Beck, los cuales se consideran menos tolerantes que los denominados «tolerantes» y más tolerantes que los «sensibles» (De la Lanza, 2000).

En la quebrada Yurakjaja (QYura1) y en los manantiales (MSN2, MSN3 y MSN4 ubicados en la formación Sapanuta), los parámetros evaluados en época húmeda cumplieron con los ECA para agua Cat3, a excepción del hierro y aluminio total en el punto QYura1, los cuales fueron similares a los de la línea base del IGA³¹ (Figura 8-4). Los 4 puntos evaluados presentaron facies bicarbonatadas-sódicas; y según el diagrama de Ficklin, se clasificaron como casi neutras con baja concentración de metales.

El incumplimiento a los ECA para Agua de hierro y aluminio total en el punto QYura1 se debería principalmente a los sólidos suspendidos totales que presentó una concentración de 597 mg/L³²; mientras que, en los demás puntos (QSN4, QSN5, QHuan1, QQuello1 y QHuac1) la concentración de este parámetro no superó los 15 mg/L, tal como se observa en la Tabla 8-1. Además, en el punto QYura1 la concretación de hierro y aluminio predomina en su estado suspendido (98 %), a diferencia de los otros puntos donde predominan en su estado disuelto.

Tabla 8-1. Caracterización de metales totales (disueltos y suspendidos) en los puntos evaluados

Parámetros	Porcentaje de metales disueltos en comparación con los metales totales en los puntos de muestreo											
	QSN4	QSN5	QHuan1	QAcsa1	QYura1	QQuello1	QHuac1	MAcsa1	MSN2	MSN3	MSN4	MQuello1
SST (mg/L)	4	13	15	15	597	<2	<2	<2	<2	<2	3	3
STD (mg/L)	18	20	19	20	18	11	18	8	21	6	15	15
Aluminio (%)	96	59	69	14	2	56	69	91	100	85	70	6
Arsénico (%)	100	100	100	37	66	100	100	100	80	100	95	100
Calcio (%)	93	100	69	39	31	91	92	77	69	79	81	0
Hierro (%)	100	100	100	9	2	36	100	100	72	NV	50	0
Piomo (%)	NV	80	44	NV	10	NV	NV	NV	NV	NV	NV	0
Uranio (%)	92	73	76	21	43	87	76	100	62	99	90	0

0-49 % 50-74 % 75-100%

NV: Valores menores al límite de detección del método de análisis del laboratorio.

La concentración de sólidos suspendidos estaría relacionada al intenso proceso erosivo de cárcavas en las tobas del miembro Sapanuta; adicionalmente, se presenta intensa erosión de ribera en la parte baja de las quebradas Yurakjaja y Acsanamayu (Figura 8-5).

³¹ R.D. N° 194-2013-MEM/AAM «Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani, distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno»
³² Valor que incumple los ECA para Agua Cat4E2 (2017): ≤100 mg/L

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



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

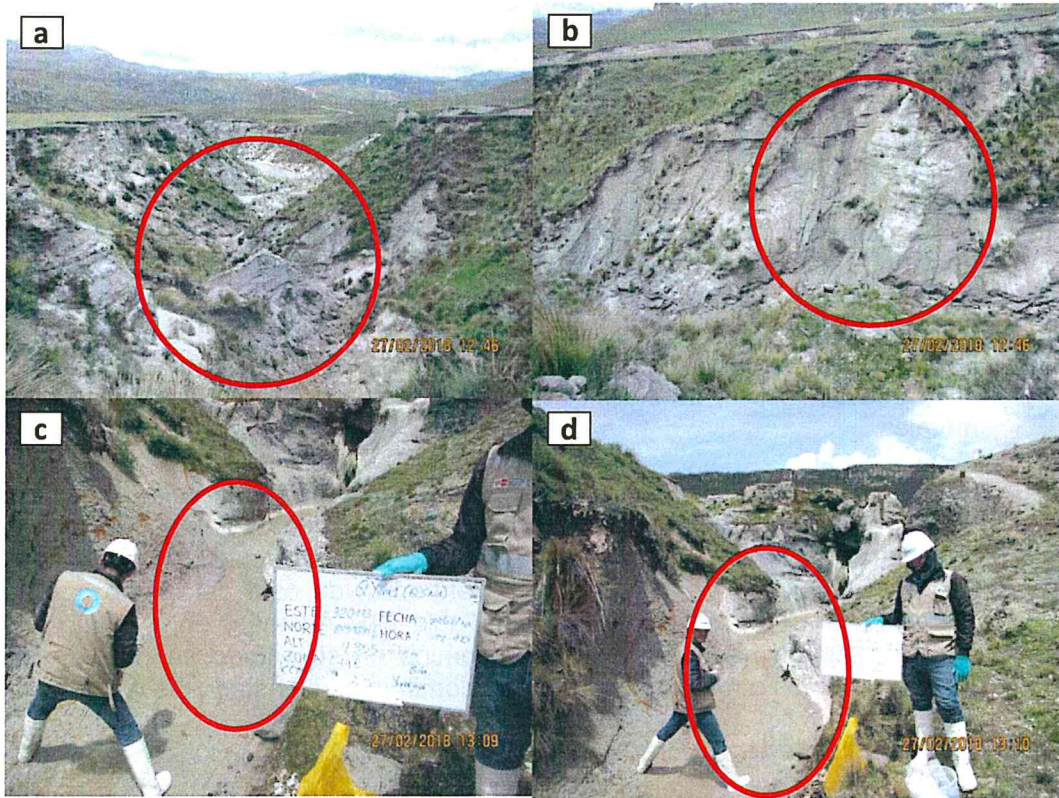


Figura 8-7. a y b) proceso de erosión en la quebrada Yurakjaja, c y d) presencia de sólidos suspendidos en la quebrada Yurakjaja

Con relación a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto de muestreo HID-QYura1 se obtuvo una calidad biológica buena (índice ABI), debido a la presencia (aunque en bajas densidades) de taxones sensibles de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, indicadores de buena calidad de agua (Roldán, 1999).

La concentración de uranio en agua no cuenta con valor en el ECA para Agua Cat3 (2017)³³; sin embargo, para la Cat1A1³⁴ tiene un valor de 0,02 mg/L. Las concentraciones de uranio en los puntos evaluados no excedieron los valores referenciales del ECA para agua Cat1A1, se debe precisar que los resultados obtenidos fueron similares a los reportados en la línea base del IGA³⁵ (Figura 8-8).



Handwritten blue notes and signatures on the left margin.

Handwritten blue notes and signatures at the bottom left margin.

³³ D.S. N° 004-2017-MINAM

³⁴ Categoría 1: Uso poblacional y Recreacional-A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

³⁵ R.D. N° 194-2013-MEM/AAM «Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani, distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno»



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

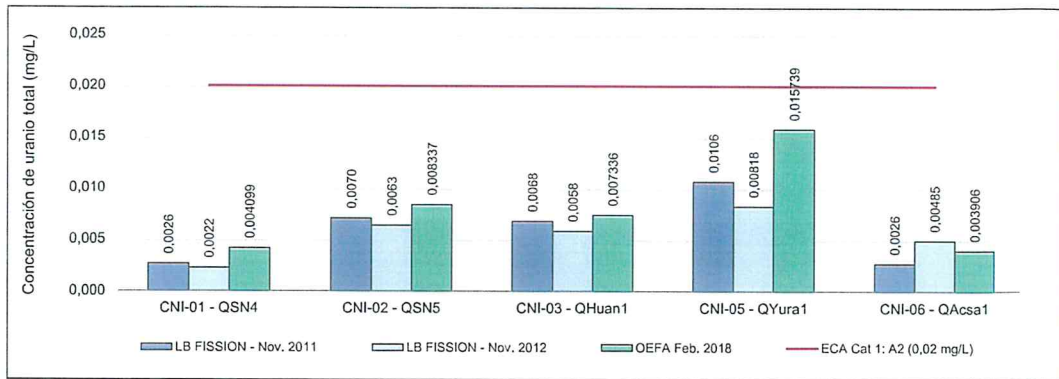


Figura 8-8. Comportamiento de uranio en las quebradas Unutincoc, Pation Huayco, Huancoruni, Yurakjaja y Acsanamayu

Cabe precisar que la mayor concentración de uranio en el agua del punto QYura1 se debe a la presencia de sólidos suspendidos totales (Tabla 8-1); mientras que la concentración de este metal en sedimentos fue menor en comparación con los demás puntos (QSN4, QSN5, QHuan1). Similar comportamiento presentó la quebrada Acsanamayu (QAcса1) pero con una menor concentración de uranio en agua (Figura 8-9).

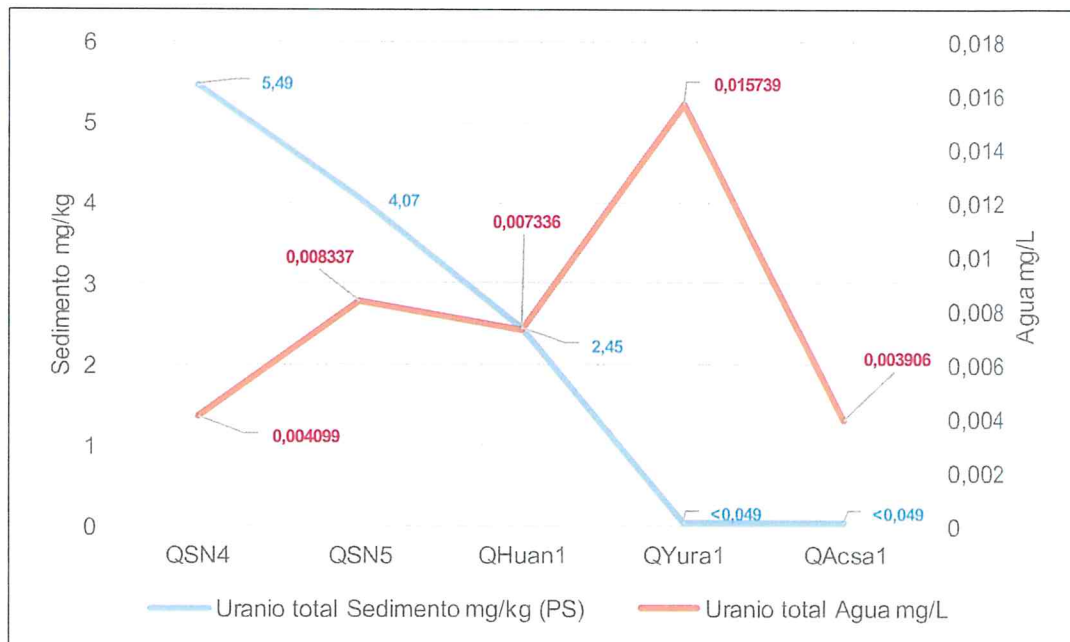


Figura 8-9. Comportamiento de la concentración del uranio en agua y sedimentos



Handwritten notes and arrows pointing upwards from the bottom left towards the stamp.

Handwritten notes at the bottom left corner.



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

Con relación al nivel de fondo se determinaron 3 áreas a evaluar: NNF1A, NNF1B y NNF1C, ubicados entre las áreas de exploración 1 y 2 (Figura 8-10).

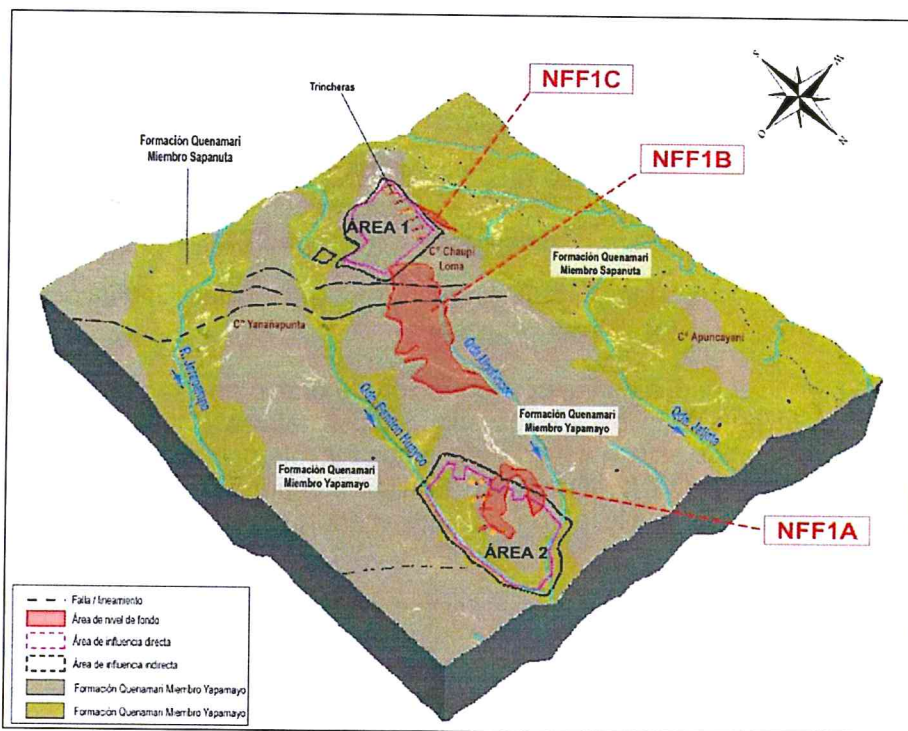


Figura 8-10. Ubicación de las áreas de nivel de fondo

Los resultados de nivel de fondo fueron comparados referencialmente con los estándares de calidad ambiental para suelo (ECA para suelo de uso agrícola e industrial) aprobado mediante Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM (Tabla 8-2). Adicionalmente, se analizaron los resultados de uranio y litio por tratarse de una zona mineralizada.

Tabla 8-2. Comparación referencial de los valores de nivel de fondo con los ECA para suelo

Parámetros en mg/kg PS	ECA para suelos		Nivel de fondo mg/kg PS	Nivel de referencia mg/kg PS
	Suelo agrícola	Suelo comercial / industrial / extractivo		
Arsénico total	50	140	18,3	28,5
Bario total	750	2000	43,08	65,76
Cadmio total	1,4	22	0,374	0,5
Cromo total	-	1000	4,905	10,89
Mercurio total	6,6	24	0,0389	0,0755
Plomo total	70	800	10,18	23,66
Uranio total	-	-	7,221	9,525
Litio total	-	-	244,5	330,3

De la tabla se observa que los valores de nivel de fondo y referencia son inferiores a los valores del ECA para suelo de uso agrícola e industrial. Asimismo, las concentraciones de arsénico, bario, cromo, mercurio y plomo en las áreas evaluadas para la realización del nivel de fondo presentan similar distribución espacial (Figura 8-11), donde las mayores concentraciones se ubican en la parte central del área evaluada, mientras que para el cadmio, litio y uranio las mayores concentraciones se ubican en los extremos del área evaluada (próximo a las áreas de exploración), cabe resaltar que el uranio presentó un comportamiento más homogéneo en comparación a los otros elementos.



Handwritten blue ink signatures and initials on the left margin of the page.



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»

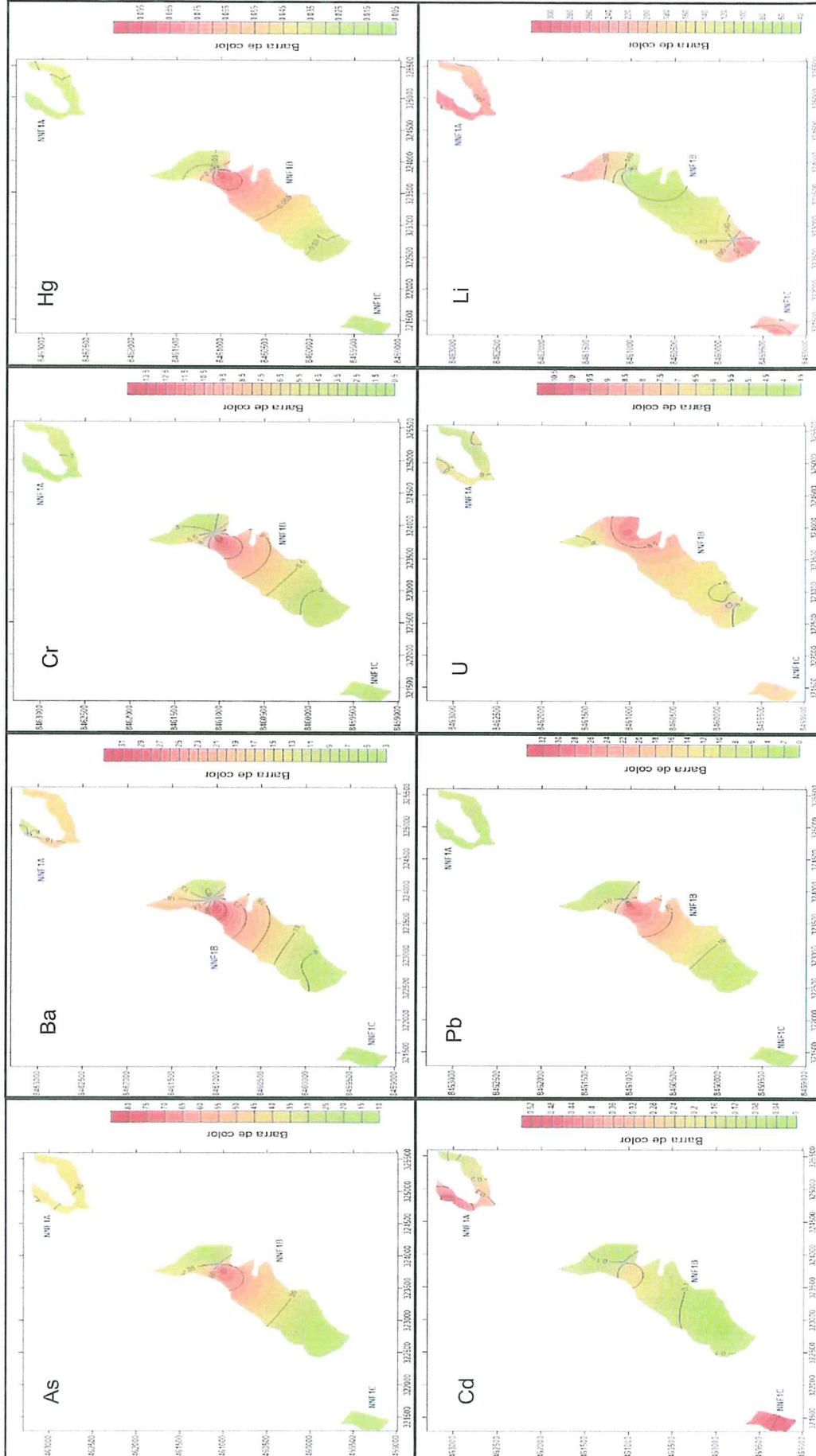


Figura 8-11. Distribución de la concentración de arsénico, bario, cromo, mercurio, plomo, uranio y litio en el nivel de fondo

Handwritten signature and notes at the bottom of the page.



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

Con relación a la flora silvestre, las 77 especies registradas representaron el 65 % de las especies mencionadas en la línea base del IGA³⁶, en el que indica un total de 119 especies para el área de estudio; cabe mencionar que, el estudio realizado se enfocó principalmente a los bofedales como ecosistemas frágiles, siendo él área evaluada menor a la de la línea base del IGA. Esta riqueza de especies muestra la diversidad presente en el área de estudio; en donde, se han evaluado 3 formaciones vegetales (bofedal, césped de puna y vegetación de roquedal) (Figura 8-12).

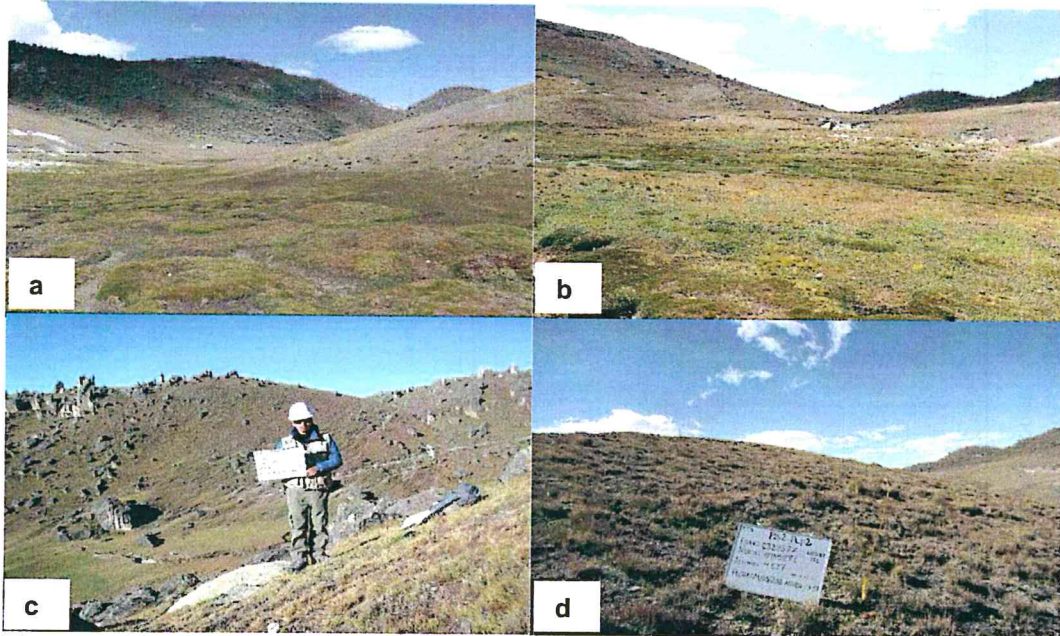


Figura 8-12. Formaciones vegetales identificadas en el área de estudio a) bofedal en el EF 1, b) bofedal en el EF 2, c) vegetación de roquedal y d) césped de puna

Las familias más diversas en toda el área de estudio y en las diferentes formaciones vegetales fueron Asteraceae y Poaceae, en general estas son las más diversas en hábitats altoandinos (Gentry, 1993). Un ejemplo de esto último se evidencia en el trabajo realizado en suelos crioturbados por Cano *et al.* (2010 y 2011), donde mencionan a estas familias como las más diversas; además Asteraceae y Poaceae son la segunda y quinta familia respectivamente, con mayor número de especies en el Perú (Brako y Zarucchi, 1993).

La mayor riqueza de especies se encuentra en la vegetación de roquedal con 55 especies que representan el 71 % del total registrado; uno de los factores que favorecen a esta alta riqueza, es la presencia de variados microhábitats que permiten el desarrollo de una mayor diversidad de especies. La siguiente formación con mayor número de especies es el césped de puna con 26, y un número similar se registró en bofedales con 25; cabe precisar que, existe una diferencia en las especies que componen cada formación, siendo en su mayoría higrófilas³⁷ en el bofedal y cespitosas en el césped de puna.

La formación con mayor cobertura vegetal es el bofedal (con un promedio de 98,5 %), esto debido a que las especies dominantes en estos ecosistemas, forman almohadillados densos, planos o cóncavos; además de especies cespitosas que incrementan su cobertura debido a la constante presencia del recurso hídrico; caso

³⁶ R.D. N° 194-2013-MEM/AAM «Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani, distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno»
³⁷ Especies que tienen mayor afinidad al agua.



Handwritten signature and date.

Handwritten signature and date.

Handwritten signature and date.



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

contrario ocurre en el roquedal con una cobertura vegetal promedio de 70,5 %, debido a que en esta formación cobra relevancia la presencia de rocas y piedras, las que disminuyen la cobertura vegetal.

Se observa que existe una heterogeneidad en la dominancia de especies entre las formaciones vegetales, siendo diferente la especie dominante en cada formación. En el bofedal las especies con mayor abundancia relativa, en su mayoría, son especies higrófilas (*Plantago tubulosa* y *Calamagrostis brevifolia*), las que necesitan de ambientes saturados de agua para poder desarrollarse. En el césped de puna las especies principales son *Calamagrostis tarmensis* y *Aciachne pulvinata*, la primera es una gramínea amacollada que muestra la presencia de parches de pajonales dentro del césped de puna y la segunda especie cespitosa es propia de esta formación en el Perú. Las especies dominantes en la vegetación de roquedal fueron *Calamagrostis vicunarum* y *Bougueria nubicola*.

En el EF 1 se registraron un total de 57 especies en las 3 formaciones vegetales evaluadas, en donde el bofedal presentó 21 especies. Las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal fueron *Calamagrostis brevifolia* y *Plantago tubulosa*, (25,3 y 14,1 %, respectivamente), especies propias de ambientes húmedos. Del total de especies en este ecosistema frágil, 3 se encuentran en algún estado de conservación entre ellas *Perezia coerulescens* que está categorizada como vulnerable (Vu) según el Decreto Supremo N.º 043-2006-AG y *Austrocylindropuntia lagopus* categorizada como vulnerable (Vu) según la IUCN (2018) (Figura 8-13).

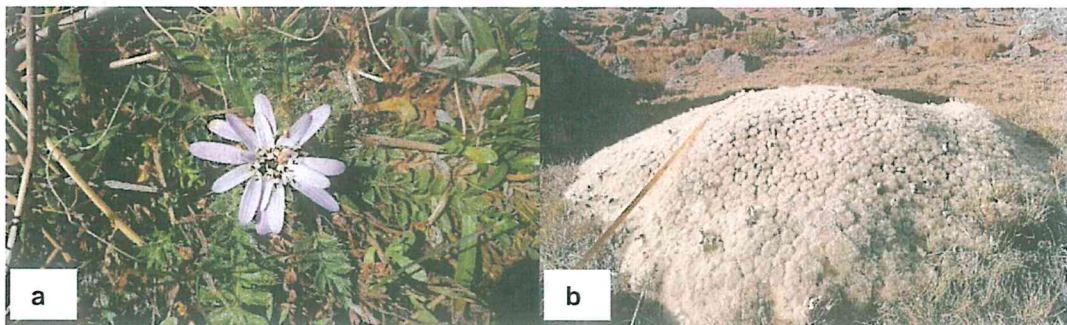


Figura 8-13. Especies amenazadas presentes en el EF 1, a) *Perezia coerulescens* y b) *Austrocylindropuntia lagopus*

En el EF 2 se registraron un total de 58 especies en las 3 formaciones vegetales evaluadas, en donde el bofedal presentó 20 especies. Las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal fueron *Calamagrostis brevifolia* y *Aciachne pulvinata* (con 18,8 y 14,4 % respectivamente), propias de ambientes húmedos. Del total de especies en este ecosistema, 2 se encuentran en algún estado de conservación, *Perezia coerulescens* categorizada como vulnerable (Vu) según el Decreto Supremo N.º 043-2006-AG y *Myrosmodes paludosa* presente en el apéndice II del CITES (2015) (Figura 8-14).



Handwritten blue ink notes and arrows on the left margin.

Handwritten blue ink notes at the bottom left margin.



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

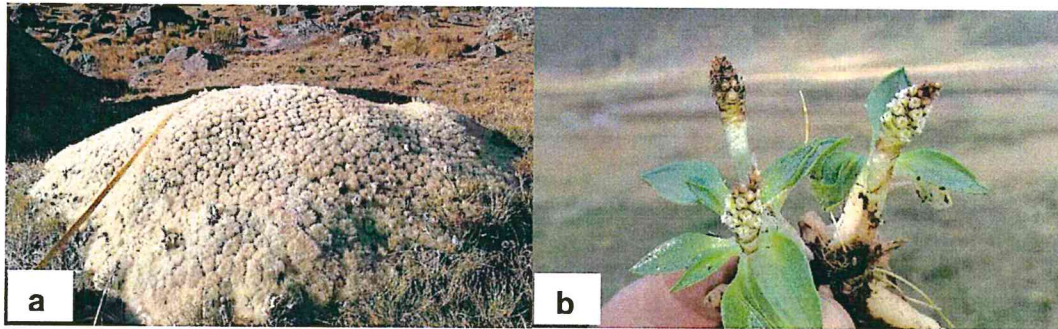


Figura 8-14. Especies amenazadas presentes en el EF2, a) *Austrocyliodropuntia lagopus* y b) *Myrosmododes paludosa*

Los valores de diversidad varían de acuerdo a la formación vegetal estudiada. La formación vegetal más diversa es la vegetación de roquedal (2,38 nits/individuo), seguida muy de cerca del bofedal (2,36 nits/individuo), lo que contribuye a la mayor diversidad en ambas formaciones es la mayor riqueza de especies presentes. El césped de puna presenta el menor índice de diversidad debido a la existencia de un mayor número de especies dominantes y eso es respaldado por el mayor valor del índice de dominancia (0,29) registrado.

El análisis de similaridad y NMDS muestran que las formaciones vegetales están bien definidas, siendo los más cercanos entre sí, el césped de puna y la vegetación de roquedal, esto debido a que ambas formaciones se encuentran próximas, lo que facilita un intercambio entre las especies que las componen (*Belloa piptolepis*, *Plantago Lamprophylla* y *Senecio candollei*).

Para fauna silvestre fueron evaluados los grupos taxonómicos anfibios y reptiles, aves y mamíferos. Respecto a anfibios y reptiles, la composición y diversidad está conformada por dos especies; para anfibios se registró el sapo *Pleurodema marmoratum* (Figura 8-12) y en cuanto a los reptiles la lagartija *Liolaemus gr. signifer*. Con ambos registros se incrementa el listado de especies de anfibios y reptiles del área de estudio, debido a que en los IGA³⁸ estos grupos taxonómicos no fueron evaluados.

La riqueza de especies de las zonas evaluadas puede considerarse como representativa, ya que se logró obtener el 100 % de la cobertura de muestreo. Sin embargo, es necesario incrementar el número de VES y transectos, y añadir una zona de evaluación en la microcuenca de las quebradas Unutincoc, Acsanamayu y Yurakjaja.

El césped de puna fue el hábitat que presentó mayores valores de diversidad debido a que en este, se registraron dos especies: el sapo *Pleurodema marmoratum* y la lagartija *Liolaemus gr. signifer*. Esta formación vegetal presenta microhábitats que favorecen la presencia de estas dos, brindando las condiciones adecuadas de humedad y agua para la sobrevivencia de *P. marmoratum* y presenta refugios y zonas adecuadas para la alimentación y termorregulación de las lagartijas *L. gr. Signifer* (Figura 8-15).

³⁸ R.D. N° 194-2013-MEM/AAM «Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani, distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno»
R.D. N° 249-2015-MEM/DGAAM «Informe técnico sustentatorio (ITS) de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani, distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno»



Handwritten signature

Handwritten signature

Handwritten signature



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



Figura 8-15. *Pleurodema marmoratum*, registrado en la evaluación del VES Co-He-V36, en el ámbito de la quebrada Huacollo (EF 2)

En comparación con otros estudios realizados en el distrito de Corani, se observa que la composición de especies de herpetozoos es similar a la registrada en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C.³⁹, exceptuando que en esta última se registró además la rana *Telmatobius* cf. *marmoratus* (Familia Telmatobiidae). Considerando que esta especie fue registrada durante las evaluaciones en la microcuenca de la quebrada Collpamayo, a 17 km al sur del proyecto de exploración minera Corani de Fission, es posible que también se distribuya en su área de influencia, siendo necesario confirmar o descartar su presencia debido a que es considerada como una especie vulnerable según la categorización de especies amenazadas del estado peruano⁴⁰, y la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2018).

La especie más abundante y con mayor distribución en el área del proyecto es la lagartija *Liolaemus* gr. *signifer* (Figura 8-16), que se registró en las 2 zonas de evaluación EF 1 (1 individuo) y EF 2 (6 individuos). Su abundancia fue menor en el EF 1; sin embargo, este resultado parece estar influenciado por la hora de evaluación de los VES, que se realizó entre las 16–18 horas cuando la temperatura ambiental disminuye.

Las lagartijas son organismos poiquiloterms, es decir su temperatura corporal está relacionada directamente con las temperaturas del ambiente. Por ello, cuando la temperatura ambiental se aproxima a los límites de tolerancia de las lagartijas, éstos se refugian evitando tanto el sobrecalentamiento como las bajas temperaturas (Avery, 1978; Marquet *et al.*, 1989). En la zona de estudio a partir de las 16 horas la temperatura ambiental disminuye; por ende, la actividad de las lagartijas también, siendo más difícil y menos probable registrarlas en los VES.

³⁹ Informe N.º 287-2018-OEFA/DEAM-STEAC, «Evaluación ambiental temprana (EAT) en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, durante los años 2017 y 2018».

⁴⁰ DS N.º 004-2014-MINAGRI, «actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas».



Handwritten blue ink notes and arrows on the left margin, including a vertical line of characters and a large arrow pointing upwards.

Handwritten blue ink notes at the bottom left margin, including a vertical line of characters and the letters 'PC'.

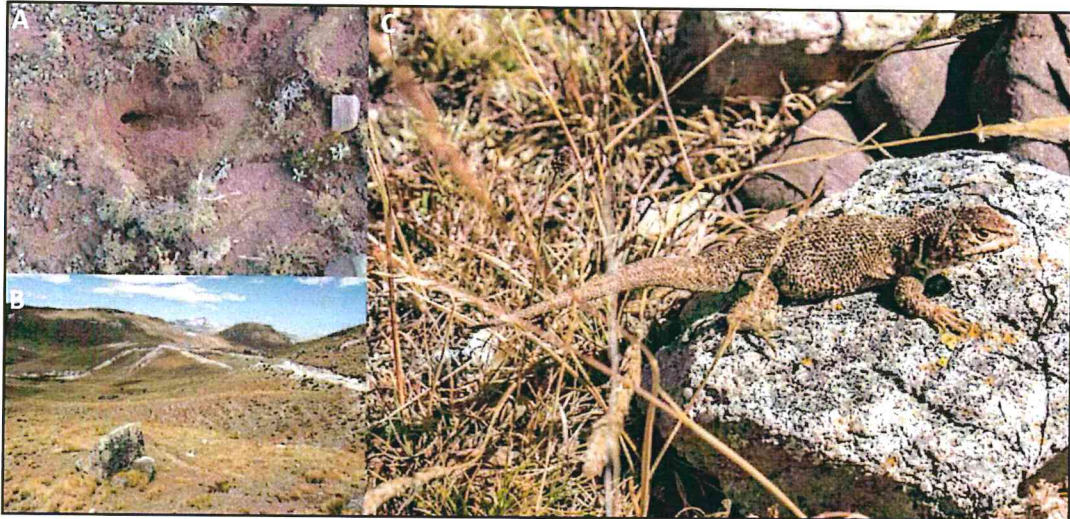


Figura 8-16. *Liolaemus gr. signifer* a) madriguera y refugio, b) hábitat de césped de puna y roquedales al fondo donde esta especie fue abundante y c) individuo adulto termoregulando, registrado en el VES Co-He-V36

En general los anfibios y reptiles son buenos indicadores ambientales porque son sensibles y responden rápidamente a disturbios y variaciones ambientales (Blaustein y Brancoft 2007; Stuart *et al.*, 2004). Esto debido a que, tanto anfibios como reptiles, tienen baja capacidad de dispersión por lo que muchas especies tienen una alta especialización ecológica (Huey *et al.*, 2009; Blaustein y Brancoft, 2007). Particularmente los anfibios que atraviesan una fase larval acuática y tienen una piel permeable desnuda, son sensibles a la contaminación ya que pueden absorber más fácilmente sustancias de su medio ambiente (Young *et al.*, 2004).

El inventario y monitoreo de las comunidades de anfibios y reptiles presentes en el área de estudio, proporcionan datos que pueden ser utilizados para evaluar cambios futuros causados por una amplia variedad de factores. Mas aún considerando que entre las principales amenazas para la conservación de estos organismos, se identifica la pérdida y modificación de sus hábitats que junto a la contaminación ambiental constituyen las causas principales para la desaparición y disminución de poblaciones de anfibios y reptiles a nivel mundial (Young *et al.*, 2004; Huey *et al.*, 2009).

La avifauna presente en el área de estudio comprende un total de 20 especies, cuya composición es propia de la sierra suroeste del Perú, donde las familias con mayor representatividad son la Thraupidae (fringilos y espigueros), Tyrannidae (mosqueritos y arrieros) y Furnariidae (canasteros), familias que según Schulenberg *et al.* (2010) son consideradas como las más predominantes en este tipo de ecosistema.

En el área de estudio se han evaluado 3 tipos de hábitats: bofedal, roquedal y césped de puna; estos, a pesar de tener características particulares, comparten diferentes especies de aves; como por ejemplo, las especies *Sicalis uropygialis*, *Phrygilus unicolor* y *P. plebejus* que han sido registradas en todos los hábitats debido a su alta capacidad de adaptación y desplazamiento (vuelo).

Otras especies fueron registradas en un solo tipo de hábitat como *Muscisaxicola maculirostris*, *Troglodytes aedon* y *Phrygilus unicolor* registradas en roquedal; y *Muscisaxicola cinereus*, *Geositta cunicularia* y *Ochthoeca oenanthoides* registradas en césped de puna. Estas especies, a pesar de tener la capacidad de desplazarse, necesitan los recursos que proveen estos hábitats (como variedad de insectos,

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

diferentes tipos de plantas, mayor cantidad de refugio, mejores zonas de reproducción, menores depredadores, entre otras) para poder sobrevivir, por lo que su ocurrencia permite caracterizar los hábitats estudiados.

En el estudio previo realizado en la línea base del IGA⁴¹ se reportan sólo 8 especies de aves, en comparación con las 20 reportadas en este estudio, lo que nos indica que el área de estudio posiblemente albergue más especies de aves. La evaluación ambiental permitió registrar 15 especies que no habían sido registradas en evaluaciones anteriores: *Gallinago andina*, *Attagis gayi*, *Thinocorus orbignyianus*, *Colaptes rupicola*, *Geositta tenuirostris*, *Upucerthia validirostris*, *Cinclodes albiventris*, *Muscisaxicola maculirostris*, *M. cinereus*, *M. griseus*, *Ochthoeca oenanthoides*, *Troglodytes aedon*, *Phrygilus punensis*, *P. plebejus* y *Sicalis uropygialis* (Figura 8-17), de las cuales ninguna se encuentra en las listas de conservación nacional o internacional.

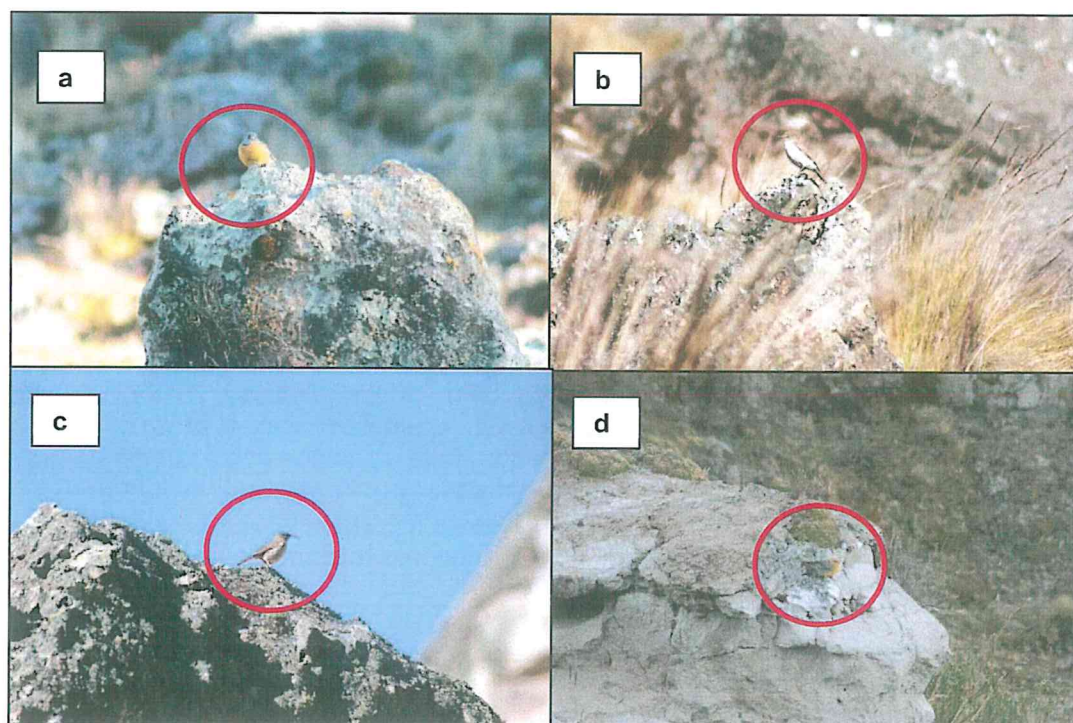


Figura 8-17. Especies de aves registradas en el área de estudio: a) *Phrygilus punensis* «fringilo peruano», b) *Muscisaxicola maculirostris* «dormilona chica», c) *Upucerthia validirostris* «bandurrita de Jelski» y d) *Sicalis uropygialis* «chirigüe de lomo brillante»

Durante la evaluación realizada se obtuvo que la especie con mayor abundancia fue *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo», que reportó un total de 22 individuos y fue registrada en todos los hábitats evaluados, obteniendo su mayor valor en el hábitat césped de puna (11 individuos), lo que nos indicó que ha logrado adaptarse y colonizar la mayoría de los hábitats, ya que se desarrolla en una variedad de hábitats no boscosos y es común en áreas de escasa vegetación (Fjeldsa y Krabbe, 1990).

Se registró en 1 de los bofedales a la especie *Gallinago andina* «becasina de la puna» (Figura 8-18), especie acuática propia de este hábitat (Stolz *et al.*, 1996; Gibbons *et al.*, 2016). Este registro confirma la estrecha relación entre el hábitat (bofedal) y la especie, siendo esta una causa más para la conservación de dichos ecosistemas frágiles.

⁴¹ R.D. N° 194-2013-MEM/AAM «Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani, distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno»



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



Figura 8-18. Especie *Gallinago andina* «becasina de la puna» registrada en el área de estudio

En la presente evaluación se registró especies ubicadas en las intercepciones de hábitats, por ejemplo, especies acuáticas como *Attagis gayi*, *Oressochen melanopterus* y *Thinocorus orbignyianus* se registraron en los límites del hábitat césped de puna y bofedal, y especies como *Zonotrichia capensis*, *Geositta tenuirostris* y *Colaptes rupicola* fueron registradas entre los hábitats césped de puna y roquedal.

Esto podría deberse a las condiciones climáticas de la zona que influyen en el patrón bimodal de las especies, así también puede deberse a la capacidad de desplazamiento y adaptación de las aves. Además, Franke *et al.* (2017) indica que el patrón bimodal de las especies depende de la ubicación y exposición de las mismas con relación a la iluminación solar, debido a que la mayor actividad de las aves se presenta en momentos diferentes, incluso en lugares relativamente cercanos entre sí, lo que confirma los patrones de comportamiento registrados en las especies durante la presente evaluación.

Con relación a los mamíferos silvestres, se registraron a las especies *Lagidium peruanum* «vizcacha» y *Conepatus chinga* «zorrino añas» mediante los métodos de recorridos por transectos y cámaras trampa, en comparación con la línea base del IGA⁴², en el que se reporta solamente la especie *L. peruanum* como especie silvestre (Figura 8-19).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.

⁴² R.D. N° 194-2013-MEM/AAM «Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del Proyecto de Exploración Minera Corani, distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno»



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

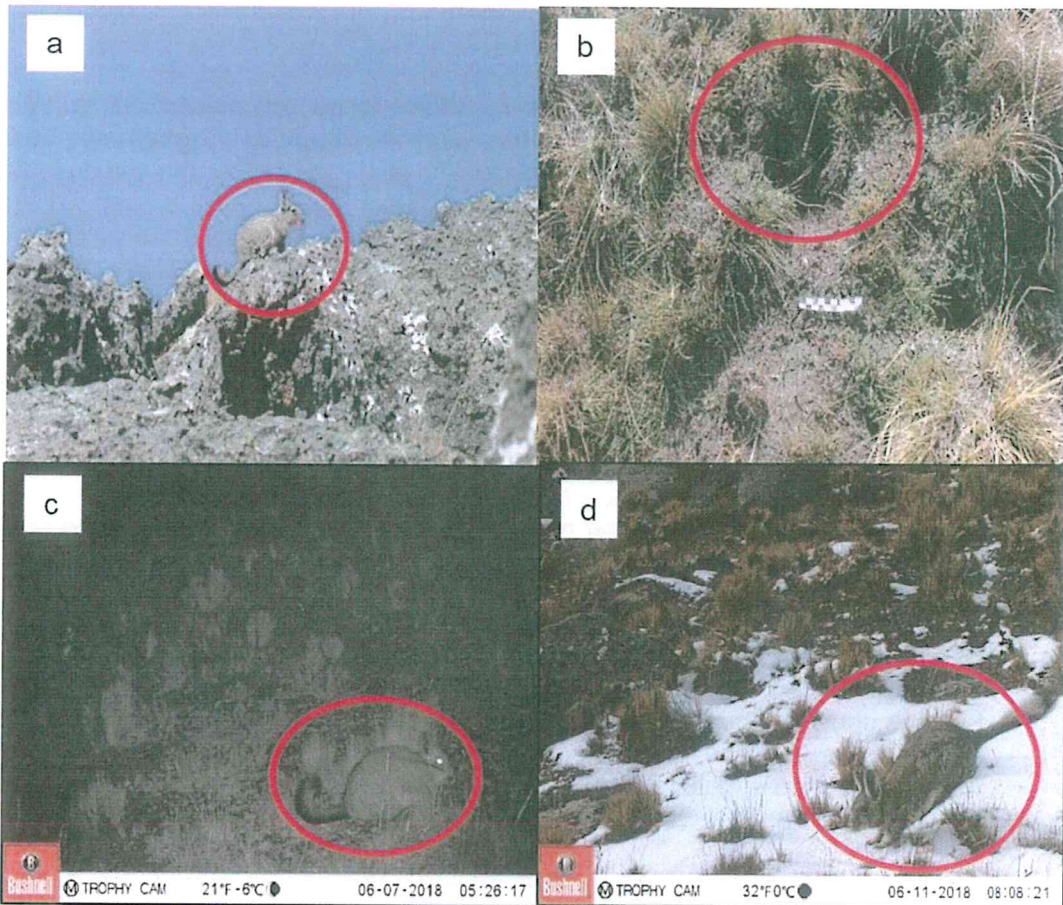


Figura 8-19. a) Registro de individuo de *Lagidium peruanum* «vizcacha» por medio de recorridos, b) excavación de *Conepatus chinga* «zorrino o añás» por medio de recorridos, c y d) registros de individuos de *L. peruanum* «vizcacha» en la cámara trampa FisMaCT-2

El esfuerzo de muestreo realizado fue de 3 transectos o recorridos, abarcando un total de 4,1 km en un tiempo de 3 horas y 35 minutos, considerando que la razón del recorrido es de 1,0 a 1,5 km/hora (Peres, 1999 y Wallace, 1999). Por este método se logró registrar a las 2 especies mencionadas, registrándose la especie *Lagidium peruanum* por observación directa y la especie *Conepatus chinga* por evidencia indirecta (excavación).

Así mismo, mediante el registro por medio de cámaras trampa (con un esfuerzo de 62 trampas-noche por un periodo de 31 días) se obtuvieron 2 registros independientes de la especie *Lagidium peruanum* «vizcacha», no variando la lista de registro de especies obtenida por medio de recorridos. Se debe mencionar que por medio de las cámaras trampa se logra el registro de especies raras y de difícil observación, y que son una herramienta muy útil para el muestreo y monitoreo de poblaciones de especies al ser un método no invasivo (Lynam, 2002; Karanth y Nichols, 2002; Karanth et al., 2004; Silver, 2004; Kays y Slauson, 2008).

Considerando las unidades de muestreo (3 recorridos) se obtuvieron 2 especies; sin embargo, según el análisis de ajuste de la curva de acumulación muestra que el número esperado de especies es de 4, las que se pudieran registrar ampliando el esfuerzo de muestreo.



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



9. CONCLUSIONES

- Las áreas de exploración se ubican sobre rocas volcánicas de la Formación Quenamari, específicamente sobre los miembros Sapanuta y Yapamayo. La litología consiste en tobas riolíticas (composición félsica) que presentan mineralización de uranio en fosfatos, silicatos y vanadatos mediante rellenos de fracturas y diseminado en la matriz rocosa. La mineralogía principal de uranio consiste en autunita y presenta como mineral secundario a la meta-autunita; asimismo se reportaron costras de pecblenda de hábito dendrítico.
- Los parámetros evaluados en la quebrada Huancoruni (QHuan1), formada por las quebradas Unutincoc (QSN4 y QQuello1) y Pation Huayco (QSN5), evaluadas en época húmeda y seca, cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para agua en la categoría 3 (Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM). Además, presentaron facies bicarbonatadas-sódicas, y sus aguas se clasificaron como casi neutras con baja concentración de metales. Con relación a las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en época húmeda, los puntos de muestreo HID-QQuello1, HID-QSN4 y HID-QHuan1, presentaron una calidad biológica buena (Índice ABI); mientras que; el punto HID-QSN5 presentó una calidad biológica moderada; además, en estos puntos de muestreo el taxón *Claudioperla sp.* (orden Plecoptera) fue la especie de mayor densidad. Cabe precisar que los órdenes Plecoptera y Ephemeroptera comprenden taxones sensibles que son empleados como indicadores de buena calidad del agua. Asimismo, la concentración de mercurio en sedimentos en el punto QSN4 excedió referencialmente el valor PEL (*Probable Effect Level*) de la *Canadian Environmental Quality Guidelines* (CEQG), únicamente para la época húmeda.
- En la quebrada Acsanamayu (QAcsa1 y QAcsaA) y mantantial Acsanamayu (MAcsa1), los parámetros evaluados en época húmeda cumplieron con los ECA para agua Cat3; presentando facies bicarbonatadas-sódicas y se clasificaron como casi neutras con baja concentración de metales. Con relación a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto de muestreo HID-QAcsa1 presentó una calidad biológica ABI moderada, con un predominio de organismos del taxón *Hyaella sp.* (Amphipoda) perteneciente a la familia Hyaellidae, que vive en aguas de corrientes y remansos de quebradas, asociado a materia orgánica en descomposición, donde se forman densas poblaciones. Cabe precisar que el orden Amphipoda pertenece al grupo de taxones «facultativos». Asimismo, la concentración de mercurio en sedimentos del punto QAcsa1 excedió referencialmente el valor ISQG (*Interine Sediment Quality Guidelines*) de la *Canadian Environmental Quality Guidelines* (CEQG), únicamente para la época húmeda.
- En la quebrada Yurakjaja (QYura1) y en los manantiales (MSN2, MSN3 y MSN4), los parámetros evaluados en época húmeda cumplieron con los ECA para agua Cat3 (2008), a excepción del hierro y aluminio total en el punto QYura1 que incumplieron este estándar; presentando facies bicarbonatadas-sódicas y se clasificaron como casi neutras con baja concentración de metales. La concentración de hierro y aluminio predomina en su estado suspendido (98 %), lo que se corrobora con la concentración de sólidos suspendidos totales que presentó una concentración de 597 mg/L en el mencionado punto, a diferencia de los demás puntos los cuales no superaron los 15 mg/L. Con relación a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en el punto de muestreo HID-QYura1 se obtuvo una calidad biológica buena (índice ABI), debido a la presencia (aunque en bajas densidades) de taxones sensibles de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, indicadores de buena calidad de agua. Asimismo, en sedimentos del punto QYura1 los parámetros evaluados no excedieron los valores de la *Canadian Environmental Quality Guidelines* (CEQG).





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

- Con relación al nivel de fondo las concentraciones de arsénico, bario, cromo, mercurio y plomo en las áreas evaluadas para la realización del nivel de fondo presentan similar distribución espacial, donde las mayores concentraciones se ubican en la parte central del área evaluada, mientras que para el cadmio, litio y uranio las mayores concentraciones se ubican en los extremos del área evaluada (próximo a las áreas de exploración), cabe resaltar que el uranio presentó un comportamiento más homogéneo en comparación a los otros elementos.
- En la evaluación de flora silvestre en el área de estudio se registraron 77 especies agrupadas en 24 familias botánicas y 52 géneros, donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae, y los géneros más diversos fueron *Calamagrostis* y *Senecio*. La vegetación de roquedal fue la formación con mayor riqueza, con 55 especies; seguida del césped de puna con 26 y, por último, bofedal con 25. Del total de especies en el área de estudio, se registraron 3 especies en estado de conservación (*Perezia coerulescens*, *Austrocylindropuntia lagopus* y *Myrosmodes paludosa*).
- La mayor cobertura vegetal se registró en el bofedal; asimismo, las especies con mayor abundancia relativa en el bofedal fueron *Calamagrostis brevifolia* y *Plantago tubulosa*; en el césped de puna, *Calamagrostis tarmensis* y *Aciachne pulvinata*; y en la vegetación de roquedal, *Calamagrostis vicunarum* y *Bougueria nubicola*.
- La formación más diversa fue la vegetación de roquedal con 2,38 nits/individuos. Además, se evidenció que las formaciones vegetales evaluadas están bien definidas, siendo las más relacionadas entre sí, el césped de puna y la vegetación de roquedal (análisis de similitud y NMDS).
- En el área de estudio se registró 1 especie de anfibio del Orden Anura, el sapo *Pleurodema marmoratum* (familia Leptodactylidae) y 1 especie de reptil del orden Squamata, la lagartija *Liolaemus* gr. *signifer* (familia Liolaemiidae), las cuales no se encuentran en ninguna categoría de amenaza.
- El tipo de hábitat más diverso fue el de césped de puna donde se registraron 2 especies (1 anfibio y 1 reptil), seguida del hábitat de roquedal donde se registró la mayor abundancia de la lagartija *Liolaemus* gr. *Signifer*; asimismo, en el hábitat bofedal no se registró ninguna especie.
- Las 2 zonas de evaluación presentan similares valores de los índices de diversidad calculados, pero en la zona EF 2 se encontró la mayor abundancia de la lagartija *Liolaemus* gr. *signifer*.
- En el área de estudio la avifauna es típica de la zona altoandina, registrándose 20 especies pertenecientes a 9 familias y 4 órdenes, de las cuales 15 especies son nuevos registros en el área de estudio; asimismo, 16 son de ambientes terrestres y 4 de ambientes acuáticos. La especie con mayor número de individuos fue *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 22, seguido de *Colaptes rupicola* «carpintero andino» con 17.
- La riqueza de especies es muy significativa en el área de estudio, sin embargo, no se han reportado especies dentro de alguna de las listas de conservación nacional o internacional. Sin embargo, se ha logrado registrar 5 especies cuyo endemismo está restringido al bioma de los Andes Centrales.



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



«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 especies generalistas y especies propias. El bofedal y césped de puna comparten especies terrestres y acuáticas, siendo el césped de puna el de mayor riqueza de especies, mientras que el hábitat con la menor riqueza, abundancia y diversidad fue el bofedal.
- En las evaluaciones de mamíferos silvestres, se registró un total de 2 especies de mamíferos mayores pertenecientes al orden Rodentia (*Lagidium peruanum*) y Carnívora (*Conepatus chinga*), siendo el orden Rodentia el de mayor abundancia. Ninguna de estas especies se encuentra en las listas de conservación nacional o internacional.

10. ANEXOS

Anexo 1: Mapas

Anexo 2: Reportes de resultados (2017 y 2018)

Anexo 3: Reportes de campo (2018)

Anexo 4: Participación ciudadana

Anexo 5: Análisis estadístico para nivel de fondo y referencia

Anexo 6: Versión digital del informe N.º 086-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, Ríos, Rieradevall y Prat (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28: 35-64.

Arnórsson S. (2000). *Isotopic and Chemical Techniques in Geothermal Exploration, Development and Use*. x+351 pp. Vienna: International Atomic Energy Agency. Volume 139.

Avery, R. A. (1978). *Lizards-A study in thermoregulation*. The Institut of Biology Studies in Biology No. 109.

Bibby C., Jones, M. & Marsden, S. (1998). *Expedition Field Techniques; bird surveys, expedition advisory centre*, London

Birds of the rainforest of southern Perú and northern Bolivia, Vol 1: Tinamous (Tinamidae) through barbets (Capitonidae) (CD). Ithaca, NY: Cornell Laboratory of Ornithology.

Blanco, D. (1999). Los Humedales como Hábitat de aves acuáticas. Boletín UNESCO, Uruguay.: 208-217

Blaustein, A.R. y Bancroft, B.A. (2007) Amphibian Population Declines: Evolutionary Considerations. *BioScience*, 57, 437.

Boddicker M., Rodriguez J. J. y J. Amanzo. (2002). Indices for assessment and monitoring of large mammals within an adaptive management framework. *Environmental Monitoring and Assessment*, 76: 105 - 123.

Brako L. y Zarucchi J. L. (1993). Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*. Vol. 45, p 1-1286.



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin, including a vertical line of scribbles and the initials 'LPC' at the bottom.



Brandolin, P. y Blendinger, P. (2016). Effect of habitat and landscape structure on Waterbird abundance in wetlands of central Argentina. *Wetlands Ecology and Management* 24(1):93-105. <http://dx.doi.org/10.1007/s11273-015-9454-y>

Bryce, S. y Hughes, R. (2002). Variable assemblage responses to multiple disturbance gradients: Oregon and Appalachia, USA, case studies. In T.P. Simon (ed.), *Biological response signatures: Multimeric index patterns for assessment of freshwater assemblages*, CRC Press, Boca Raton, Florida (CMS) Convention on Migratory Species. (2015). Appendices I and II. [Internet]. Recuperado en: <http://www.cms.int/en/page/appendix-i-ii-cms> (Acceso 6 de junio 2018).

Cano A., Mendoza W., Castillo S., Morales M. La Torre M.I., Aponte H., Delgado A., Valencia N. y Vega N. (2010). Flora y vegetación de suelos crioturbados y hábitats asociados en la Cordillera Blanca, Ancash, Perú. *Revista Peruana de Biología*. 17(1): 095 – 0103.

Cano A., Delgado A., Mendoza W., Trinidad H., Gonzáles P., La Torre M.I., Chanco M., Aponte H., Roque J., Valencia N. y Navarro E. (2011). Flora y vegetación de suelos crioturbados y hábitats asociados en los alrededores del abra Apacheta, Ayacucho - Huancavelica (Perú). *Revista Peruana de Biología*, 18(2): 169 - 178

Carlotto, V., Quispe, J., Acosta, H., Rodríguez, R., Romero, D. Cerpa, L., Mamani, M. y Días, E., Navarro, P., Jaimes, F., Velarde, T. y Cueva, E. (2009) Dominios geotectónicos y metalogénesis del Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 103: 1-89.

Chao, A y Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology* 93:2533–2547.

Chudzińska, M; Van Beest, F; Madsen, J. y Nabe-Nielsen, J. (2015). Using habitat selection theories to predict the spatiotemporal distribution of migratory birds during stopover – a case study of pink-footed geese *Anser brachyrhynchus*. *Oikos* 124(7):851-86. <http://dx.doi.org/10.1111/oik.01881>

Colwell, R. (2011). *Estimates: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples*. Version 9. User's Guide and application published at <http://purl.oclc.org/estimates>.

Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Cites). (2017). Apéndices I, II y III. 46 pp. En vigor a partir del 4 de octubre del 2017.

Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Cites). (2015). Recuperado de <https://www.cites.org/sites/default/files/esp/app/2015/S-Appendices-2015-02-15.pdf>

Crisci y López Armengol (1983). *Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica*. Washington, D.C.: Departamento de asuntos científicos y tecnológicos de la Secretaría General de la OEA, serie de Biología, 132 p.

Custodio, E. y Llamas, M. R.- (1976). *Hidrología Subterránea*. – Tomo I y II. Ed. Omega, Barcelona España.



Handwritten blue ink marks on the left margin, including a vertical line with an arrow pointing up, and several initials and symbols: 'A', 'R', 'd.', 'D.', 'J', 'S', and 'LDC'.



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

De la Lanza, E. G., Hernández, P. S. y Carbajal, P. J. L. (2000). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores)*. Plaza y Valdés. México. 633 p.

Dixon W.J. (1953). Processing Data for Outliers. *Biometrics* 9: p.74-89.

Encalada, Rieradevall, Ríos, García y Prat (2011). Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA-S). Quito, 86 pp.

Ficklin W.H., Plumlee G.S., Smith K.S., & McHugh J, B. (1992). Geochemical classification of mine drainages and natural drainages in mineralized areas. En: Y. Kharaka, A. Maest (Eds.), *Proceedings of water-rock interaction* (pp 381–384). Rotterdam: Balkema.

Ferreyra R. (1944). Revisión del género *Onoseris*. *J. Arnold Arbor*. Vol. 25 n° 3, p. 349-395.

Ferreyra R. (1946). A revision of the Peruvian species of *Monnina* (Polygalaceae). *J. Arnold Arbor*. Vol. 27, n° 2, p. 123-167.

Fjeldsá J. y N. Krabbe. (1990). Birds of the high Andes. Zoological Museum, University of Copenhagen and Apollo Books, Copenhagen.

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). Recuperado en <http://avesecologaymedioambiente.blogspot.com/2017/04/las-aves-de-los-bofedales-altoandinos.html?q=bofedales>

Frost, Darrel R. (2018). Amphibian Species of the World: an Online Reference. Vers. 6.0. American Museum of Natural History, New York, USA [7 de agosto 2018].

Gentry, A. H. (1993). Overview of the Peruvian Flora. In BRAKO, Lois y ZARUCCHI, James L. Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*. Vol. 45, p xxix-xxxviii.

Gibbons, R. E., Zi Jia y Isabel Villalba Valdivia. (2016). Habitat use and seasonality of birds in the Peruvian puna with an emphasis on peatlands (bofedales). *Boletín de la Unión de Ornitólogos del Perú* (UNOP), 11 (2): 42-62.

Gómez, W., Jaimes, F. y Carhuamaca, A. (2014). Mapa geológico del cuadrángulo de Nuñoa (Hoja 29u1). *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico*. Lima, Perú

Hammer, Harper y Ryan (2001). Past: Paleontological Statistic software package for education and data analysis. *Paleontologia Eletronica* 4 (1): 1-9. http://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm [Accessed: 04/X/ 2011].

Hill, M. O. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences *Ecology*, 54, pp. 427-432.

Huey, R.B., Deutsch, C.A., Tewksbury, J.J., Vitt, L.J., Hertz, P.E., Alvarez Pérez, H.J. y Garland, T. (2009) Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming. *Proceedings. Biological sciences* 276, 1939–48.

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingemmet). (2016). Manual de estándares de cartografía para la digitalización de los mapas geológicos CGN a escala 1:100 000. Dirección de Geología Regional. Recuperado de: <http://www.ingemmet.gob.pe/bases-de-datos>.





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

International Union for Conservation of Nature - IUCN (2018). *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2018.1. <www.iucnredlist.org>.

International Union for the Conservation of Nature – IUCN (2017). *IUCN Red List of Threatened Species*. [Internet] Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/>. [Acceso 10 agosto de 2018].

IUCN SSC Amphibian Specialist Group (2015). *Telmatobius marmoratus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T57349A3059350. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T57349A3059350.en>.

Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113, pp. 363-375.

Karanth K. U. y J. D. Nichols (eds.). (2002). *Monitoring tigers and their prey, a manual for researchers, managers and conservationist in tropical Asia*. Centre for Wildlife Studies, Bangalore, India.

Karanth, K.U., J.D. Nichols y N.S. Kumar (2004). Photographic sampling of elusive mammals in tropical forest. Pp 229-247 en: Thomson W. L. (ed.). *Sampling rare or elusive species*. Island Press. Washington.

Kattan, H, G; H. Serrano y Aparicio. (1996). Aves de Escalete: Diversidad, estructura trófica y organización social. *Cespedia* Vol. 21 (68) 920.

Kays, R.W. y K.M. Slauson. (2008). Remote Cameras. Pp. 110-140 en: R.A. Long, P. MacKay, W.J. Zielinski y J.C. Ray (eds.). *Noninvasive survey methods for carnivores*. Island Press. Washington D.C.

Klee, Kaplan y Meier (1958). Nonparametric Estimation from Incomplete Observations. *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 53. 457-481.

Klee R. (2014). *Guidance for Calculating the 95% Upper Confidence Level for Demonstrating Compliance with the Remediation Standar Regulations*. State of Connecticut Department of Energy and Environmental Protection, p. 12.

Krebs, C. J. (1989). *Ecological methodology*. Harper Collins Publ. 654 pp.

León B., Roque J., Ulloa-Ulloa C., Pitman N., Jorgensen P. M. y Cano A. (2006). El libro rojo de las especies endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología*, Número especial vol. 13, n° 2, 971 p.

López, J.C. (1996). *Geología del cuadrángulo de Nuñoa (29-u)*, Boletín No. 74, Serie A, Carta Geológica Nacional, Lima – Perú, p. 170.

Lynam A. (2002). Métodos de trabajo de campo para definir y proteger poblaciones de gatos grandes: los tigres indochinos como un estudio de caso. Pp. 62 en: R. Medellín, C. Equihua, C. Chetkiewics, A. Rabinowitz, P. Crawshaw, A. Rabinowitz, K. Redford, J. G. Robinson, E. Sanderson y A. Taber (eds.). *El jaguar en el nuevo milenio: una evaluación de su estado, detección de prioridades y recomendaciones para la conservación de los jaguares en América*. Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México y Wildlife Conservation Society. México.

Machado, M y Peña, G. (2000). *Estructura numérica de la comunidad de aves del orden Passeriformes en dos bosques con diferente grado de intervención antrópica en los corregimientos de Salero y San Francisco de Icho*. Tesis de Pregrado Chocó – Colombia, U.T.CH. Facultad de Ciencias Básicas.



10/08/2018
A
P
B.
D.
S
7
UC



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

Magurran A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey.

Marquet, A; Ortíz, C; Bozinovic, F y Jaksic, F. (1989). Ecological aspects of thermoregulation at high altitudes: the case of andean *liolaemus* lizards in northern Chile. *Oecologia* 81: 16-10

Matteucci S. D. y Colma A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Monografía Científica N° 22, Serie de Biología, Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington DC.

Molau, U. (1990). The genus *Bartsia* (Scrophulariaceae-Rhinanthoideae). *Opera Bot.* n° 102, p 1-99.

Moreno, C.E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y tesis CEA, vol. 1. Zaragoza, 84p.

Moreno y Halffter (2000). Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*, 37: 149- 158.

Moreno, Barragán, Pineda y Pavón (2011). Reanalizando la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1249 – 126.

Mostacedo B. y Fredericksen T. S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)*. Santa Cruz- Bolivia, Ed. El País. 87 pp.

Oksanen, J. (2011). Multivariate analysis of ecological communities in R: vegan tutorial. R package version 1.17-7. Recuperado de <http://vegan.r-forge.r-project.org/>

Pacheco, V., R. Cadenillas, E. Salas, C. Tello y H. Zeballos. (2009). Diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 16(1): 5-32.

Peres, C. (1999). General guidelines for standardizing line transect surveys of tropical primates. *Neotropical Primates* 7: 11 – 16

Pielou, E. C. (1975). *Ecological diversity*. Wiley, New York, 165 p.

Plenge, M. A. (2014). *Especies y subespecies de las aves del Perú*. Lima, Perú. Recuperado en <https://sites.google.com/site/boletinunop/subespecies> (Acceso 22 mayo del 2018).

Plenge, M. A. (2018). *Lista de las Aves de Perú*. Recuperado en <https://sites.google.com/site/boletinunop/checklist> (Acceso 2 de abril del 2018).

Plenge, M. A., Schulenberg T.S. y Valqui, T. (2018). *Species lists of birds for South American countries and territories: [Perú]*.

Plumlee, G.S., Smith, K.S., Montour, M.R., Ficklin, W.H., y Mosier, E.L. (1999). Geologic controls on the composition of natural waters and mine waters draining diverse mineral-deposit types, pp. 373-432 In: Filipek, L.H., and Plumlee, G.S. (eds.), *The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits*, Part B. Society of Economic Geologists, Reviews in Economic Geology, v. 6B.



Handwritten blue ink marks on the left margin, including a vertical line, the letter 'H', and various initials and symbols.



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

Pulido A. (2014). *Principios de hidrogeología kárstica*. Editorial Universidad de Almería, 409 pp.

Rivera, R., Condori, N. y Valencia, J. (2011). *Metalogénesis del Uranio en las regiones de Cusco y Puno*. Boletín N.º 23, serie B, Instituto geológico, minero y metalúrgico-Ingemmet.

Rodríguez, R., Choquehuanca, S. y Soberón, D. (2015). *Mapa geológico del cuadrángulo de Corani (Hoja 28u2)*. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Lima, Perú.

Roldán P.G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. FEN-Colombia, COLCIENCIAS - Universidad de Antioquia, Medellín. 217 pp.

Roldán, G. (1999). *Los Macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua*. Departamento de Biología. Universidad de Antioquia, Medellín - Colombia.

Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Universidad de Antioquia, Colombia. 170 pp.

Rodríguez, R., Choquehuanca, S. y Soberón, D. (2015). *Mapa geológico del cuadrángulo de Corani (Hoja 28u2)*. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Lima, Perú.

Rosner, B. (1975). On the detection of many outliers. *Technometrics*, 17, p 221 -227.

Rudnick R.L. y Fountain D.M. (1995). *Nature and composition of the Continental Crust: a lower crustal perspective*. Now at Department of Earth and Planetary Sciences, Universidad de Harvard, Cambridge, Massachusetts.

Sagástegui, A. y Leiva, S. (1993). *Flora invasora de los cultivos del Perú*. 1nd ed. Trujillo, Editorial Libertad EIRL. 539 p.

Schulenberg, T.S.; Stotz, D.F., Lane, D.F.; O'Neill, J. P. y Parker III, T. A. (2010). *Aves de Perú. Serie Biodiversidad Corbidi 01*. Centro de Ornitología y Biodiversidad-CORBIDI. Lima, Perú.

Shannon, C. E. (1948). «A Mathematical Theory of Communication». *Bell System Technical Journal* 27 (3): 379-423.

Silver S. (2004). *Estimando la abundancia de jaguares mediante trampas-cámara*. Wildlife Conservation Society, Nueva Cork.

Smith, A. R., Pryer K. M., Schuettpelz E., et al. (2006). A classification for extant ferns. *Taxon*. 2006, vol. 55, nº 3, p. 705-731.

Sokal y Michener (1958). *A Statistical Methods for Evaluating Relationships*. University of Kansas Science Bulletin, 38, 1409-1448.

Soberón J. y Llorente J. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conserv. Biol.* Vol 7, p. 480-488.





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

Stuart, S.N., Chanson, J.S., Cox, N.A., Young, B.E., Rodrigues, A.S.L., Fischman, D.L. y Waller, R.W. (2004) Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306, 1783–1786.

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.

Torres M., Quinteros, Z. y Takano, F. (2006). Variación temporal de la abundancia y diversidad de aves limícolas en el Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa, Lima-Perú. *Ecología Aplicada*, 5: 119-125. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v5i1-2.325>

Tovar O. (1993). Las gramíneas (Poaceae) del Perú. *Ruizia*. vol. 13, pp. 480.

Uetz, P., Freed, P. y Jirí Hošek (eds.). 2017. *The Reptile Database* [07 de febrero del 2018]. Recuperado de: <http://www.reptile-database.org>.

Villarreal H., Álvarez M., Córdoba S., Escobar F., Fagua G., Gast F., Mendoza H., Ospina M., Umaña M., (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Programa de inventario de biodiversidad. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, CO. 236 p.

Young, B.; Stuart, S.; Chanson, J.; Cox, N. y Boucher, T. (2004) *Joyas que están desapareciendo: El estado de los anfibios en el nuevomundo*. Nature Serve, Arlington, p 53 in Spanish.

Wallace R. B. (1999). Transectas lineales: Recomendaciones sobre diseño, práctica y análisis. P. VI-1 – VI-14 en L. Painter, D. Rumiz, D. Guinart, R. Wallace, B. Flores & W. Townsend (eds.). *Técnicas de Investigación para el Manejo de Fauna Silvestre: Un Manual del Curso Dictado con motivo del III Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. BOLFOR Documento Técnico 82/1999, Santa Cruz.

Weller M.W. (1999). *Wetland Birds: Habitat Resources and Conservation Implications*. Milton W. Cambridge University Press, New York. xv + 277 pp.



Handwritten notes and signatures on the left margin, including a vertical line of scribbles and several initials.