



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 MINERO SAN GABRIEL DE LA COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. - 2018



SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA

DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

2018

Vertical list of handwritten signatures and initials 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»

INFORME N.º 340-2018-OEFA/DEAM-STE

A : FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN
Director de Evaluación Ambiental

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

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

SHIANNY VÁSQUEZ CARDEÑA
Especialista de Evaluaciones Ambientales

JORGE LUIS PERALTA ARGOMEDA
Tercero Evaluador

SANTOS DEMETRIO RAMOS CANALES
Tercero Evaluador

FRAY LUIS YANAPA HUAQUISTO
Tercero Evaluador

CALEB PEREZ QUISPE
Tercero Evaluador

JHONY ANGEL RIOS GARCIA
Tercero Evaluador

HUBER SADY TRINIDAD PATRICIO
Tercero Evaluador

DANY ERNESTO CHUNGA BENAVIDES
Tercero Evaluador

ERICKA JUDITH MORGÁ CASTELLANOS
Tercero Evaluador

JACKELINE AMANDA DELGADO CORNEJO
Tercero Evaluador

LUIS MIGUEL PEREYRA JUAREZ
Tercero Evaluador

RUBI GABRIELA LUMBRERAS HUAMAN
Tercero Evaluador

GIOVANNA MIRIAM PINTO ALCARRAZ
Tercero Evaluador

ASUNTO : Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.-2018

REFERENCIA : Planefa 2018

FECHA : Lima, 26 NOV. 2018



[Handwritten signature and vertical text]

[Handwritten signature]

2018-101-42730



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

Datos generales de la evaluación ambiental temprana en el proyecto minero San Gabriel

| | | |
|----|----------------------|---|
| a. | Ubicación general | Distrito Ichuña, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua |
| b. | Ámbito de influencia | Área de influencia del proyecto minero San Gabriel de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.-2018 |
| c. | Antecedentes | Planefa 2018 |
| d. | Objetivo general | Realizar la evaluación ambiental temprana, en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.-2018. |
| e. | Tipo de evaluación | Evaluación ambiental temprana |

Cantidad de puntos evaluados por matriz en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.-2018

| | | | | | |
|---|-------------------|---------------------|---|--------------------|---------------------------------|
| a. | Fecha de comisión | Primera ejecución | 9/03/2018 al 25/03/2018 | | |
| | | Segunda ejecución | 25/04/2018 al 14/05/2018 | | |
| | | Tercera ejecución | 15/06/2018 al 29/06/2018 | | |
| b. | Puntos evaluados | Primera ejecución | | | |
| | | Agua superficial | Quebradas | 49 | |
| | | | Manantiales | 20 | |
| | | Agua subterránea | Piezómetros | 5 | |
| | | | Hidrobiología | Perifiton | 49 |
| | | | | Macroinvertebrados | 40 |
| | | Sedimento | 23 | | |
| | | Segunda ejecución | | | |
| | | Flora | Zona Jamochini (EF 1) | 5 transectos | |
| | | | Zona Ceniguillayoc - Quilcata (EF 2) | 7 transectos | |
| | | | Zona Agani-Ansamani (Pachacutec) (EF 3) | 9 transectos | |
| | | | Zona Japucucho-Agani2 (EF 4) | 9 transectos | |
| | | | Zona Apacheta (Zona I) | 4 transectos | |
| | | Zona Oyo (EF 5) | 1 transecto | | |
| | | Anfibios y reptiles | Zona Jamochini (EF 1) | 3 transectos | 4 búsquedas por registro visual |
| Zona Ceniguillayoc - Quilcata (EF 2) | 1 transectos | | 6 búsquedas por registro visual | | |
| Zona Agani-Ansamani (Pachacutec) (EF 3) | 2 transectos | | 6 búsquedas por registro visual | | |
| Zona Japucucho-Agani2 (EF 4) | 2 transectos | | 8 búsquedas por registro visual | | |
| Zona Atiñayoc (Zona I) | 1 transecto | | 4 búsquedas por registro visual | | |



Handwritten signature and date: 15/06/2018

Handwritten signature and date: 15/06/2018



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

| | | | | | |
|------|--------------------|---|--------------|------------------|--|
| | Aves | Zona Jamochini (EF 1) | 5 transectos | | |
| | | Zona Ceniguillayoc - Quilcata (EF 2) | 5 transectos | | |
| | | Zona Agani-Ansamani (Pachacutec) (EF 3) | 8 transectos | | |
| | | Zona Japucucho-Agani2 (EF 4) | 8 transectos | | |
| | | Zona Atiñayoc (Zona I) | 4 transectos | | |
| | | Zona Oyo Oyo (EF 5) | 1 transecto | | |
| | Mamíferos | Zona Jamochini (EF 1) | 3 transectos | 1 cámara trampa | |
| | | Zona Ceniguillayoc - Quilcata (EF 2) | 3 transectos | 3 cámaras trampa | |
| | | Zona Agani-Ansamani (Pachacutec) (EF 3) | 3 transectos | 2 cámaras trampa | |
| | | Zona Japucucho-Agani2 (EF 4) | 3 transectos | 3 cámaras trampa | |
| | | Zona Atiñayoc (Zona I) | 2 transectos | 1 cámara trampa | |
| | Tercera ejecución | | | | |
| | Agua superficial | Quebradas | 44 | | |
| | | Manantiales | 16 | | |
| | Agua subterránea | Piezómetros | 3 | | |
| | Hidrobiología | Perifiton | 40 | | |
| | | Macroinvertebrados | 33 | | |
| | Sedimento | 17 | | | |
| | Suelo | Muestra compuesta | 124 | | |
| | | Materia orgánica | 20 | | |
| pH | | 19 | | | |
| Roca | Geoquímica de roca | 12 | | | |
| | TESSIER | 5 | | | |
| | ABBA | 6 | | | |
| | SPLP | 6 | | | |
| | Cianuro total | 7 | | | |
| | pH | 1 | | | |

Parámetros que incumplieron la normativa del proyecto minero San Gabriel de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.-2018 para agua superficial, agua subterránea y sedimento.

| Matriz | Parámetro | Puntos que incumplieron la norma |
|------------------|-----------|---|
| | | Norma del IGA ⁽¹⁾ / Norma vigente ⁽²⁾ |
| Agua superficial | pH | Avenida (marzo): |
| | | Microcuenca Agani-Ansamani <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Japucucho (QJapu-01) • Bofedal Agani 2 (HPacha-01) • Manantial Agani 2 (FPacha-01) • Bofedal Quilcata (HQuil-03) • Manantial Jamochini 2 (FJamo2-01) • Manantial Quilcata (FQuil-01) • Manantial Llapapampa (FLlap-01) Microcuenca Itapallone (Sector Corire) <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Apacheta (QApac-01, QApac-02, QApac-03 y QApac-04) |



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

| | |
|-------------------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Katrina (QKatr-01) • Manantial Millahuaico (FMill-01) • Quebrada Millahuaico (QMill-01) • Quebrada Corire (QCori-02) <p>Microcuenca Chaclaya</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Chaclaya (QChac-01) <p>Microcuenca Oyo Oyo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manantial Saya (FSaya-01) <p>Estiaje (junio)</p> <p>Microcuenca Agani-Ansamani</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Japucucho (QJapu-01) • Bofedal Quilcata (HQuil-03) • Manantial Jamochini 2 (FJamo2-01) • Manantial Agani (FAgan-01) • Quebrada Ansamani (QAnsa-02) • Manantial Llapapampa (FLlap-01) <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Atiñayoc (QAtiñ-01) • Quebrada Cruzana (QCruz-01) • Quebrada Apacheta (QApac-01A, QApac-02, QApac-03 y QApac-04) • Quebrada Katrina (QKatr-01, QKatr-02 y QKatr-03) • Manantial Millahuaico (FMill-01 y FMill-01A) • Quebrada Millahuaico (QMill-01) • Quebrada Corire (QCori-02) <p>Microcuenca Chaclaya</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Chaclaya (QChac-01) • Manantial Japu (FJapu-01) <p>Microcuenca Oyo Oyo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Chalsani (QChal-01) |
| Conductividad eléctrica | <p>Estiaje (junio)</p> <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Apacheta (QApac-01A) |
| Turbidez | <p>Avenida (marzo):</p> <p>Microcuenca Chaclaya</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manantial Llaullacaso (FLlah-01) <p>Microcuenca Oyo Oyo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manantial Churupata 01 (FChur-01) |
| Cobalto total | <p>Avenida (marzo):</p> <p>Microcuenca Agani-Ansamani</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bofedal Agani 2 (HPacha-01) |



Handwritten signature and initials in blue ink.

Handwritten initials and signature in blue ink.



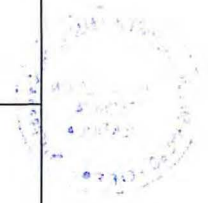
«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

| | | |
|--|-----------------|---|
| | | <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <p>Estiaje (junio)</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Apacheta (QApac-01A y QApac-02) |
| | Aluminio total | <p>Avenida (marzo):</p> <p>Microcuenca Agani-Ansamani</p> <ul style="list-style-type: none"> Bofedal Agani 2 (HPacha-01) <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Apacheta (QApac-02, QApac-03 y QApac-04) Manantial Millahuaico (FMill-01) Quebrada Corire (QCori-02) <p>Estiaje (junio)</p> <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Apacheta (QApac-01A, QApac-02, QApac-03 y QApac-04) Quebrada Katrina (QKatr-01 y QKatr-02) Manantial Millahuaico (FMill-01 y FMill-01A) Quebrada Corire (QCori-02) |
| | Sulfatos | <p>Estiaje (junio)</p> <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Apacheta (QApac-01A) |
| | Manganeso total | <p>Avenida (marzo):</p> <p>Microcuenca Agani-Ansamani</p> <ul style="list-style-type: none"> Bofedal Agani 2 (HPacha-01 y HPacha-03) Quebrada Agani 2 (QPach-02 y QPach-04) Bofedal Quilcata (HQuil-01) Quebrada Jamochini (QJamo-01, QJamo-02 y QJamo-03) <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Atiñayoc (QAtiñ-01 y QAtiñ-02) Quebrada Cruzana (QCruz-01) Quebrada Katrina (QKatr-01) Quebrada Apacheta (QApac-02, QApac-03 y QApac-04) Quebrada Millahuaico (QMill-01) Quebrada Corire (QCori-01 y QCori-02) <p>Estiaje (junio)</p> <p>Microcuenca Agani-Ansamani</p> <ul style="list-style-type: none"> Bofedal Agani 2 (HPacha-03) Quebrada Jamochini (QJamo-01 y QJamo-02) <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Atiñayoc (QAtiñ-01 y QAtiñ-02) Quebrada Cruzana (QCruz-01) Quebrada Katrina (QKatr-01, QKatr-02 y QKatr-03) Quebrada Apacheta (QApac-01A, QApac-02, QApac-03 y QApac-04) Quebrada Misaorcco (QMisa-01) Quebrada Millahuaico (QMill-01) Quebrada Corire (QCori-02) |



Handwritten signature and initials in blue ink

Handwritten initials and signature in blue ink





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

| | |
|---------------|---|
| Hierro total | <p>Avenida (marzo):</p> <p>Microcuenca Agani-Ansamani</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bofedal Quilcata (HQuil-01) <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Katrina (QKatr-01) <p>Microcuenca Chaclaya</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manantial Llaullacaso (FLlah-01) <p>Estiaje (junio)</p> <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Atiñayoc (QAtiñ-01 y QAtiñ-02) • Quebrada Cruzana (QCruz-01) • Quebrada Katrina (QKatr-03) • Quebrada Apacheta (QApac-01A y QApac-02) |
| Níquel total | <p>Avenida (marzo):</p> <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Apacheta (QApac-01) <p>Estiaje (junio)</p> <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Apacheta (QApac-01A) |
| Cadmio total | <p>Avenida (marzo):</p> <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Katrina (QKatr-01) • Quebrada Apacheta (QApac-02 y QApac-03) <p>Estiaje (junio)</p> <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Katrina (QKatr-01, QKatr-02 y QKatr-03) • Quebrada Apacheta (QApac-01A, QApac-02, QApac-03 y QApac-04) • Quebrada Corire (QCori-02) |
| Cobre total | <p>Avenida (marzo):</p> <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Apacheta (QApac-02) <p>Estiaje (junio)</p> <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Apacheta (QApac-01A, QApac-02 y QApac-03) • Manantial Millahuaico (FMill-01A) |
| Selenio total | <p>Estiaje (junio)</p> <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Apacheta (QApac-01A) |
| Plomo total | <p>Avenida (marzo):</p> <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Katrina (QKatr-01) |



Handwritten signature and initials in blue ink.

Handwritten signature and initials in blue ink.



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

| | | |
|--------------------------|------------|---|
| | | <p>Estiaje (junio)</p> <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Katrina (QKatr-01, QKatr-02 y QKatr-03) Quebrada Apacheta (QApac-02, QApac-03 y QApac-04) |
| | Zinc total | <p>Avenida (marzo):</p> <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Katrina (QKatr-01) <p>Estiaje (junio)</p> <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Katrina (QKatr-01, QKatr-02 y QKatr-03) Quebrada Apacheta (QApac-01A, QApac-02 y QApac-03) |
| Sedimento ⁽³⁾ | Arsénico | <p>Avenida (marzo):</p> <p>Microcuenca Agani-Ansamani</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Agani 2 (SED-QPach-04) Quebrada Agani (SED-QAgan-01B, SED-QAgan-02 y SED-QAgan-05) Quebrada Ansamani (SED-QAnsa-01 y SED-QAnsa-02) Quebrada Ceniguillayoc (SED-QCeni-01 y SED-QCeni-02) Quebrada Jamochini (SED-QJamo-01, SED-QJamo-02 y SED-QJamo-03) Quebrada Jamochini 2 (SED-QJamo2-01A, SED-QJamo2-01B y SED-QJamo2-01C) <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Cruzana (SED-QCruz-01) Quebrada Atiñayoc (SED-QAtiñ-02) Quebrada Katrina (SED-QKatr-01) Quebrada Apacheta (SED-QApac-02, SED-QApac-03 y SED-QApac-04) Quebrada Millahuaico (SED-QMill-01) Quebrada Corire (SED-QCori-01 y SED-QCori-02) <p>Estiaje (junio)</p> <p>Microcuenca Agani-Ansamani</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Agani 2 (SED-QPach-02) Quebrada Agani (SED-QAgan-04) Quebrada Jamochini (SED-QJamo-01, SED-QJamo-02, SED-QJamo-03) <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Cruzana (SED-QCruz-01) Quebrada Atiñayoc (SED-QAtiñ-02) Quebrada Apacheta (SED-QApac-02 y SED-QApac-03) Quebrada Millahuaico (SED-QMill-01) Quebrada Corire (SED-QCori-01 y SED-QCori-02) |
| | Cadmio | <p>Avenida (marzo):</p> <p>Microcuenca Agani-Ansamani</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Agani 2 (SED-QPach-04) Quebrada Agani (SED-QAgan-02 y SED-QAgan-05) Quebrada Ansamani (SED-QAnsa-01 y SED-QAnsa-02) |



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»

| | | |
|--|----------|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Jamochini (SED-QJamo-01, SED-QJamo-02 y SED-QJamo-03) Quebrada Jamochini 2 (SED-QJamo2-01A, SED-QJamo2-01B y SED-QJamo2-01C) <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Cruzana (SED-QCruz-01) Quebrada Atiñayoc (SED-QAtiñ-02) Quebrada Katrina (SED-QKatr-01) Quebrada Apacheta (SED-QApac-02, SED-QApac-03 y SED-QApac-04) Quebrada Millahuaico (SED-QMill-01) Quebrada Corire (SED-QCori-01 y SED-QCori-02) <p>Estiaje (junio)</p> <p>Microcuenca Agani-Ansamani</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Jamochini (SED-QJamo-02 y SED-QJamo-03) |
| | Cobre | <p>Avenida (marzo):</p> <p>Microcuenca Agani-Ansamani</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Agani 2 (SED-QPach-04) Quebrada Agani (SED-QAgan-02) Quebrada Jamochini (SED-QJamo-01) Quebrada Jamochini 2 (SED-QJamo2-01A, SED-QJamo2-01B y SED-QJamo2-01C) <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Atiñayoc (SED-QAtiñ-02) Quebrada Katrina (SED-QKatr-01) Quebrada Apacheta (SED-QApac-02, SED-QApac-03 y SED-QApac-04) Quebrada Millahuaico (SED-QMill-01) Quebrada Corire (SED-QCori-02) <p>Estiaje (junio)</p> <p>Microcuenca Agani-Ansamani</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Agani 2 (SED-QPach-02) <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Atiñayoc (SED-QAtiñ-02) Quebrada Apacheta (SED-QApac-02 y SED-QApac-03) Quebrada Corire (SED-QCori-02) |
| | Mercurio | <p>Avenida (marzo):</p> <p>Microcuenca Agani-Ansamani</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Agani 2 (SED-QPach-04) Quebrada Agani (SED-QAgan-01B y SED-QAgan-05) Quebrada Ansamani (SED-QAnsa-01 y SED-QAnsa-02) Quebrada Ceniguillayoc (SED-QCeni-01) Quebrada Jamochini (SED-QJamo-02 y SED-QJamo-03) Quebrada Jamochini 2 (SED-QJamo-01A) <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> Quebrada Cruzana (SED-QCruz-01) Quebrada Atiñayoc (SED-QAtiñ-02) Quebrada Katrina (SED-QKatr-01) Quebrada Apacheta (SED-QApac-02, SED-QApac-03 y SED-QApac-04) |



Handwritten signature and initials in blue ink, including an upward-pointing arrow.

Handwritten signature and initials in blue ink.



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

| | |
|-------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Corire (SED-QCori-01 y SED-QCori-02) <p>Estiaje (junio)</p> <p>Microcuenca Agani-Ansamani</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Agani 2 (SED-QPach-02) • Quebrada Jamochini (SED-QJamo-02) <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Cruzana (SED-QCruz-01) • Quebrada Atiñayoc (SED-QAtiñ-02) • Quebrada Apacheta (SED-QApac-02 y SED-QApac-03) • Quebrada Corire (SED-QCori-01 y SED-QCori-02) |
| Plomo | <p>Avenida (marzo):</p> <p>Microcuenca Agani-Ansamani</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Jamochini (SED-QJamo-01 y SED-QJamo-02) • Quebrada Jamochini 2 (SED-QJamo-01A, SED-QJamo-01B y SED-QJamo-01C) <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Cruzana (SED-QCruz-01) • Quebrada Atiñayoc (SED-QAtiñ-02) • Quebrada Katrina (SED-QKatr-01) • Quebrada Apacheta (SED-QApac-02, SED-QApac-03 y SED-QApac-04) • Quebrada Millahuaico (SED-QMill-01) • Quebrada Corire (SED-QCori-01 y SED-QCori-02) <p>Estiaje (junio)</p> <p>Microcuenca Agani-Ansamani</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Jamochini (SED-QJamo-01, SED-QJamo-02, SED-QJamo-03) • Quebrada Jamochini 2 (SED-QJamo2-02) <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Cruzana (SED-QCruz-01) • Quebrada Atiñayoc (SED-QAtiñ-02) • Quebrada Apacheta (SED-QApac-02 y SED-QApac-03) • Quebrada Millahuaico (SED-QMill-01) • Quebrada Corire (SED-QCori-01 y SED-QCori-02) |
| Zinc | <p>Avenida (marzo):</p> <p>Microcuenca Agani-Ansamani</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Jamochini (SED-QJamo-01 y SED-QJamo-02) • Quebrada Jamochini 2 (SED-QJamo-01A y SED-QJamo-01C) <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Cruzana (SED-QCruz-01) • Quebrada Atiñayoc (SED-QAtiñ-02) • Quebrada Katrina (SED-QKatr-01) • Quebrada Apacheta (SED-QApac-02, SED-QApac-03 y SED-QApac-04) • Quebrada Corire (SED-QCori-01 y SED-QCori-02) |



Handwritten signature and arrow pointing to the stamp

Handwritten initials and signature



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

| | | |
|--|--|--|
| | | <p>Estiaje (junio)</p> <p>Microcuenca Agani-Ansamani</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Agani 2 (SED-QPach-02) • Quebrada Jamochini (SED-QJamo-02) <p>Microcuenca Itapallone (Sector Corire)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quebrada Cruzana (SED-QCruz-01) • Quebrada Atiñayoc (SED-QAtiñ-02) • Quebrada Apacheta (SED-QApac-02 y SED-QApac-03) • Quebrada Corire (SED-QCori-01 y SED-QCori-02) |
|--|--|--|

(1) Agua superficial: Comparado con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua categoría 3. Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM.

(2) Agua superficial: Comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua para Agua categoría 3. Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

(3) Sedimento: Comparado de manera referencial con los criterios del Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente CCME (*Canadian Council of Ministers of the Environment*. 2001. *Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Introduction. Updated. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.*).

2. PRINCIPALES CONCLUSIONES

- Para realizar el análisis de la evaluación ambiental se dividió el área de estudio en tres microcuencas. Las principales conclusiones por zona se presentan a continuación.
- En la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel y zonas aledañas; el contexto geológico y mineralógico es uno de los factores que podría influir sobre las características físicas y químicas del agua, sedimento y suelo; y en conjunto estas variables influyen sobre la dinámica de las comunidades biológicas (hidrobiología, flora y fauna).

2.1 Microcuenca Agani-Ansamani

- En la microcuenca Agani-Ansamani la caracterización hidroquímica del agua superficial y subterránea; en general, presentó una tendencia bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica en las temporadas de avenida y estiaje, relacionado con aguas meteóricas o recientes en interacción con el suelo y rocas sedimentarias de las Formaciones Gramadal, Hualhuani y Murco, las mismas que se encuentran intruidas por el yacimiento epitermal de sulfuración intermedia Canahuire, que se emplaza en la quebrada Jamochini.

Zona Jamochini

- En la parte alta de la quebrada Jamochini las aguas subterráneas presentaron facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica (PZ-01 y PZ-07) y sulfatada bicarbonatada cálcica magnésica (PZ-02), con presencia de metales como plomo (PZ-01 y PZ-02), manganeso (PZ-01 y PZ-07) y hierro (PZ-07), que llegaron a incumplir referencialmente los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2015 y 2017), asociados a un pH cercanos a la neutralidad; debido a la presencia de calizas de la Formación Gramadal con venillas de siderita y ankerita; como consecuencia de una alteración hidrotermal (sideritización) producto del emplazamiento del yacimiento Canahuire.
- El agua superficial en la quebrada Jamochini presentó un cambio en su naturaleza hidroquímica de facies sulfatada cálcica magnésica en temporada de avenida a una facies bicarbonatada cálcica magnésica en estiaje, esto podría estar



Handwritten signature and initials in blue ink.

Handwritten signature and initials in blue ink.



relacionado a las características geológicas y mineralógicas. El parámetro que incumplió los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2015 y 2017) en ambas temporadas fue el manganeso; además, en el sedimento se evidenció la presencia de arsénico, cadmio, mercurio y plomo cuyas concentraciones superaron los valores PEL del estándar canadiense CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment); mientras que, el cobre y zinc presentaron concentraciones superiores al valor ISQG del estándar mencionado en al menos un punto evaluado, esto se debería a la cercanía de la zona mineralizada Canahuire, donde se observó instalaciones auxiliares y una bocamina (Rampa San Gabriel Nv. 4780).

- En esta quebrada las concentraciones de los metales evaluados en el agua y los sedimentos decrecieron desde la parte media hasta la parte baja, conforme se alejan de la zona mineralizada Canahuire y reciben el aporte del bofedal y la quebrada Jamochini 2. Asimismo, esta condición influyó sobre la diversidad de las comunidades hidrobiológicas; especialmente, sobre los macroinvertebrados bentónicos que registraron una baja riqueza en la parte media con presencia de especies tolerantes a los cambios medioambientales como *Cricotopus* sp., *Podonomus* sp. y Haplotaxidae n.d. y se relacionaron a una calidad ecológica entre pésima y mala, según el índice biótico andino (ABI); mientras que, en la parte baja se presentó una mayor riqueza y una calidad ecológica entre moderada y buena con presencia de especies sensibles como *Andesiops* sp., *Meridialaris* sp., *Anomalocosmoecus* sp., *Gigantodax* sp. y *Simulium* sp.

Zona Japucucho-Agani 2

- El agua superficial en la quebrada Japucucho-Agani 2 presentó una predominancia del anión sulfato en la parte alta, mientras que en la parte media-baja mostró una predominancia del anión bicarbonato, esto se debería al aporte de los bofedales cercanos a este sector. Los parámetros que incumplieron los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2015 y 2017) fueron el pH, aluminio y cobalto, en al menos un punto en la parte alta y el manganeso en toda la quebrada; además en la parte baja el sedimento presentó arsénico y mercurio cuyas concentraciones superaron los valores PEL del estándar canadiense CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment); mientras que, el cadmio, cobre y zinc presentaron concentraciones superiores al valor ISQG del estándar mencionado, esto se debería al arrastre de material erosionando desde la zona de óxidos (Formación Hualhuani) ubicado en la parte alta.
- En esta zona, el contexto geológico influyó sobre la diversidad de las comunidades hidrobiológicas de macroinvertebrados bentónicos y microalgas del perifiton, que registraron una baja riqueza en la parte alta; resaltando las especies *Cricotopus* sp. y Haplotaxidae n.d., como especies tolerantes a los cambios medioambientales y se relacionaron a una calidad ecológica pésima, según el índice biótico andino (ABI); mientras que, en la parte baja se presentó una mayor riqueza y una buena calidad ecológica con presencia de especies sensibles como *Andesiops* sp., *Cailloma* sp., *Gigantodax* sp. y *Simulium* sp. Además, se observó que las diatomeas: *Achnantheidium* cf. *convergens*, *Achnantheidium* sp. 1, *Adlafia* sp., *Gomphonema* cf. *auritum*, *Eunotia* cf. *pectinalis*, *Eunotia* cf. *bidens*, *Pinnularia* cf. *divergens* y *Pinnularia microstauron*, fueron las microalgas asociadas a condiciones ácidas del agua (parte alta).



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



Zona Ceniguillayoc-Quilcata

- Los parámetros analizados en la quebrada Ceniguillayoc (QCeni-01 y QCeni-02) cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2015 y 2017). Con respecto al sedimento, el arsénico (SED-QCeni-02) presentó una concentración superior al valor PEL del estándar canadiense CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment); mientras que solo el mercurio (SED-QCeni-01) presentó una concentración superior al valor ISQG del estándar mencionado, esto se debería al contexto geológico donde afloran areniscas y lutitas con óxidos, de la Formación Murco.
- Las características abióticas de esta quebrada no influyeron sobre la diversidad de las comunidades hidrobiológicas de macroinvertebrados bentónicos y microalgas del perifiton, ya que se registró una moderada riqueza para ambas; destacando las especies *Andesiops* sp., *Meridialaris* sp., *Claudioperla* sp., *Cailloma* sp., *Anomalocosmoecus* sp. *Gigantodax* sp. y *Simulium* sp., como especies sensibles a los cambios medioambientales y se relacionaron a una buena calidad ecológica, según el índice biótico andino (ABI). Además, se observó que las diatomeas: *Cocconeis placentula*, *Nitzschia gracilis*, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema subclavatum*, *Navicula lanceolata*, *Fragilaria capuccina*, *Fragilaria tenera*, *Ulnaria ulna* y *Ulnaria acus*, fueron las especies más comunes en todos los puntos evaluados.
- El bofedal Quilcata presentó predominancia del anión bicarbonato en ambas temporadas con una tendencia alcalina; llegando a incumplir los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2015 y 2017) para el pH en el punto HQuil-03 (parte media) en ambas temporadas; mientras que, en la parte alta (HQuil-01) presentó concentraciones de manganeso y hierro que incumplieron el estándar mencionado en la temporada de avenida, la presencia de estos metales estaría relacionada con las características geológicas propias de la Formación Murco, compuesta por niveles de areniscas masivas de color rojo, lutitas negras carbonosas y limos con presencia de óxidos rellenando fracturas. Se registró una moderada riqueza de microalgas del perifiton, destacando las diatomeas: *Cocconeis placentula*, *Nitzschia gracilis*, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema subclavatum*, *Navicula lanceolata*, *Fragilaria capuccina*, *Fragilaria tenera*, *Ulnaria ulna* y *Ulnaria acus*, como las especies más comunes. Cabe mencionar que, se observó actividades de pastoreo en estos bofedales, cercanos al caserío Quilcata.



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

Zona Agani-Ansamani

- El agua superficial en la quebrada Agani-Ansamani presentó una naturaleza hidroquímica bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica en todo su recorrido desde aguas arriba (QAgan-01A) hasta aguas abajo (QAnsa-01) en las dos temporadas de evaluación; todos los parámetros evaluados cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2015 y 2017) a excepción del pH (8,59 unidades) en el punto QAnsa-02 en la temporada de estiaje. Con respecto al sedimento, la mayor concentración de metales se registró en la temporada de avenida, debido al mayor arrastre producto de las precipitaciones, donde el arsénico (SED-QAgan-01B y SED-QAgan-02) y el mercurio (SED-QAgan-01B y SED-QAnsa-01) superaron los valores PEL del estándar canadiense CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment); mientras que, el cadmio superó el valor ISQG del estándar mencionado en su recorrido en 4 de los 7 puntos evaluados.

Handwritten initials and signatures at the bottom left of the page.



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

- Tanto en estiaje como en avenida, la parte alta y media de la quebrada Agani-Ansamani (desde HB-QAgan-01A hasta HB-QAgan-06) presentó una mayor riqueza de macroinvertebrados bentónicos que la parte baja (HB-QAnsa-02 y HB-QAnsa-01), lo cual se relacionó con una buena calidad ecológica según el índice biótico andino (ABI), destacando las especies consideradas sensibles a los cambios medioambientales como *Andesiops* sp., *Meridialaris* sp., *Claudioperla* sp., *Cailloma* sp., *Anomalocosmoecus* sp., *Gigantodax* sp. y *Simulium* sp.; mientras que la riqueza de microalgas del perifiton, en general, fue similar tanto en la parte alta y media como en la parte baja, a pesar de la presencia de arsénico, cadmio y mercurio en el sedimento. Además, se observó que las diatomeas: *Nitzschia gracilis*, *Encyonema minutiforme*, *Gomphonema subclavatum*, *Gomphonema minutum*, *Navicula lanceolata*, *Fragilaria capuccina*, *Fragilaria capuccina* var. *gracilis*, *Ulnaria ulna*, *Ulnaria acus* y *Diatoma tenuis* y la cianobacteria *Leptolyngbya* sp. 1, fueron las especies más comunes en todos los puntos de muestreo.
- En la parte media de la quebrada Agani-Ansamani se evaluó el agua subterránea en el sector Quilcata (PZ-04) y aguas abajo de la confluencia con la quebrada Jamochini (PZ-06), presentando una naturaleza hidroquímica con predominio del anión sulfato en las dos temporadas, y presencia de metales como boro y manganeso en el piezómetro PZ-04; y hierro y manganeso, asociado a un pH ácido, en el piezómetro PZ-06, que llegaron a incumplir referencialmente los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2015 y 2017); esto se debería a que el agua subterránea se desplaza a través de las fallas y poros interconectados, generando una permeabilidad secundaria en las formaciones geológicas que afloran en este sector (rocas sedimentarias de la Formación Hualhuani y brechas de la zona mineralizada Canahuire).



2.2 Microcuenca Itapallone (Sector Corire)

- La microcuenca Itapallone (sector Corire) comprende las zonas mineralizadas de Katrina y parte de Canahuire, y el centro volcánico Chucapaca; además, de zonas de óxidos (sombrosos de hierro) relacionados a un sistema magmático-hidrotermal, el cual presenta una alteración argílica avanzada asociada a una mineralización compuesta por sulfuros, óxidos, hidróxidos y carbonatos. Este contexto geológico y mineralógico marcan la caracterización hidroquímica del agua superficial; que en general, mostró un predominio de la facies sulfatada aluminica cálcica en las temporadas de avenida y estiaje. Además, el alto grado de erosión y escasa cobertura vegetal al interactuar con las aguas de lluvia, podrían generar procesos de disolución, precipitación y arrastre de metales en el agua, sedimentos y suelo; esta condición influenciaría directamente en el desarrollo de las comunidades hidrobiológicas.

Zona Atiñayoc

- En las quebradas Atiñayoc (QAtiñ-01 y QAtiñ-02) y Cruzana (QCruz-01) el agua superficial presentó un cambio en su naturaleza hidroquímica de facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica en temporada de avenida a una facies sulfatada cálcica magnésica en la temporada de estiaje, esto podría deberse a la variación hidrológica relacionada a las precipitaciones. El parámetro que incumplió los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2015 y 2017) en ambas temporadas fue el manganeso; además, en la temporada de estiaje el pH y el hierro también incumplieron el estándar mencionado; en los sedimentos (SED-QAtiñ-02 y SED-QCruz-01) se evidenció la presencia de arsénico, cadmio, mercurio, plomo y zinc que superaron los valores PEL del estándar canadiense

Handwritten initials and signature at the bottom left of the page.



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

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment); mientras que, el cobre superó el valor ISQG del estándar mencionado. Esto se debería a que las quebradas evaluadas, se ubican aguas abajo de la zona mineralizada Canahuire, la cual presenta un alto grado erosión que favorecería el transporte y disposición de estos metales en el agua y sedimento.

- Las características del agua superficial y sedimentos influenciarían sobre la diversidad de las comunidades hidrobiológicas de macroinvertebrados bentónicos y microalgas del perifiton, ya que registraron una baja riqueza en esta zona; predominando las especies *Cricotopus* sp., *Parakiefferiella* sp. y *Podonomopsis* sp., como especies tolerantes a los cambios medioambientales y se relacionaron a una pésima calidad ecológica según el índice biótico andino (ABI). Además, en la temporada de estiaje se observó que las diatomeas: *Achnantheidium* sp. 1 y *Nitzschia gracilis* y la cianobacteria *Pseudanabaena* sp. 1, fueron las microalgas más frecuentes en estas quebradas, lo cual indicaría su adaptación a las condiciones ácidas del agua (acidófilas) con alto contenido de metales.

Zona Apacheta-Corire

- El agua superficial en la quebrada Apacheta-Corire y sus tributarios (Misaorcco, Katrina, Atiñayoc, Millahuaico y Corire) presentó una predominancia de facies sulfatada aluminica cálcica en las temporadas de avenida y estiaje, asociado a un pH ácido del agua, con presencia de metales como aluminio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, níquel, plomo, selenio y zinc que incumplieron los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (2015 y 2017). Asimismo, en el sedimento se evidenció la presencia de arsénico, cadmio, mercurio, plomo y zinc que superaron los valores PEL del estándar canadiense CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment); mientras que, el cobre superó el valor ISQG del estándar mencionado. Esto se debería a que está quebrada y sus aportantes se desplazan sobre un contexto geológico con predominancia de rocas volcánicas (Chucapaca) y zonas mineralizadas (Katrina), las mismas que se caracterizaron por ser potenciales generadores de acidez; además, presentaron un alto grado de erosión que favorecería el transporte y disposición de estos metales en el agua y sedimento.
- Las características del agua superficial y sedimentos influirían sobre la diversidad de las comunidades hidrobiológicas de macroinvertebrados bentónicos y microalgas del perifiton, ya que registraron una baja riqueza en esta zona; predominando las especies *Cricotopus* sp. y *Podonomus* sp., como especies tolerantes a los cambios medioambientales y se relacionaron a una pésima calidad ecológica según el índice biótico andino (ABI). También, se observó que las diatomeas: *Achnantheidium* sp. 1, *Nitzschia gracilis*, *Eunotia arcus* y *Eunotia* cf. *exigua*, y las cianobacterias *Chroococcus dispersus*, *Cyanosarcina* sp., *Leptolyngbya* sp. 1 y *Pseudanabaena* sp. 1, fueron las microalgas más frecuentes en estas quebradas, lo cual indicaría su adaptación a las condiciones ácidas (acidófilas) del agua con alto contenido de metales.



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

2.3 Microcuenca Chaclaya

- Los manantiales FJapu-01 y FLlah-01 ubicados en la parte alta y media de la quebrada Llaullacaso; presentaron facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica en ambas temporadas; mientras que, el manantial FJapu-01 presentó una facies sulfatada bicarbonatada cálcica magnésica en la temporada de avenida. Todos los parámetros evaluados en estos puntos cumplieron referencialmente los

Handwritten notes and signatures in blue ink, including the letters 'Ch.', 'R', and a signature.



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

ECA para agua categoría 3 (2015 y 2017); a excepción del pH en el manantial FJapu-01 en la temporada de estiaje.

- Los manantiales Jatu (FJatu-01, FJatu-02 y FJatu-03) presentaron predominancia del anión bicarbonato en ambas temporadas; asimismo, todos los parámetros evaluados en estos puntos cumplieron referencialmente los ECA para agua categoría 3 (FJatu-02 y FJatu-03) y categoría 1-A1 (FJatu-01). Cabe resaltar que, el manantial FJatu-01 es captado para el consumo de la población de San Juan de Miraflores.
- La quebrada Llaullacaso (QLlau-01) presentó facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica en la temporada de avenida, mientras que en la temporada de estiaje fue sulfatada bicarbonatada cálcica magnésica; asimismo, todos los parámetros evaluados cumplieron los ECA para agua categoría 3 (2015 y 2017).
- La quebrada Pacolle-Chaclaya (QPaco-01 y QChac-01) presentó facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica en ambas temporadas, cabe resaltar que el punto QPaco-01 no registró flujo de agua en la temporada de estiaje registrando un comportamiento intermitente. Los parámetros evaluados en estos puntos cumplieron los ECA para agua categoría 3 (2015 y 2017), a excepción del pH en el punto QChac-01 que registró valores ligeramente alcalinos, debido al contexto geológico donde afloran calizas y areniscas de las Formaciones Gramadal y Hualhuani.
- La riqueza de macroinvertebrados bentónicos en las quebradas Llaullacaso (HB-QLlau-01) y Pacolle-Chaclaya (HB-QPaco-01 y HB-QChac-01), fue menor en la temporada de estiaje en comparación con la temporada de avenida; esto se debería a la disminución del caudal; por otro lado, la riqueza de microalgas del perifiton, en general, tuvo una tendencia a incrementarse en estiaje, esto podría deberse a la disminución del caudal que beneficiaría el establecimiento de esta comunidad sobre el sustrato. Con respecto a la calidad ecológica, la parte alta de la quebrada Pacolle-Chaclaya (HB-QPaco-01) presentó una pésima calidad ecológica, a pesar de que los parámetros de agua cumplieron los ECA para agua categoría 3; esto se debería al bajo caudal que presento; mientras que, en el punto aguas abajo (HB-QChac-01) la calidad ecológica fue buena en la temporada de avenida y moderada en estiaje; con presencia de especies sensibles a los cambios medioambientales como *Andesiops* sp., *Meridialaris* sp., *Claudioperla* sp., *Gigantodax* sp. y *Simulium* sp.

2.4 Microcuenca Oyo Oyo

- Las quebradas Oyo Oyo (QOyoo-01) y Chalsani (QChal-01) presentaron facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica en ambas temporadas, y todos los parámetros evaluados cumplieron los ECA para agua categoría 3 (2015 y 2017).
- Los manantiales FChur-01 y FChur-02 presentaron facies bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica en ambas temporadas cumpliendo referencialmente los ECA para agua categoría 1-A1 (2015 y 2017), a excepción de la turbidez (FChur-01) en la temporada de avenida, debido a la disolución de material suspendido por las lluvias propias de la temporada. Respecto al manantial FSaya-01, presentó facies sulfatada bicarbonatada cálcica magnésica en la temporada de avenida con un pH



Vertical handwritten notes and signatures in blue ink.

Vertical handwritten notes and signatures in blue ink.



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

ligeramente ácido que incumplió referencialmente los ECA para agua categoría 3 (2015 y 2017), es importante mencionar que este manantial presentó un caudal mínimo de agua en esta temporada y en estiaje no registró flujo de agua, evidenciando un comportamiento intermitente. Cabe resaltar que los manantiales FChur-01 y FChur-02 son captados para el consumo de la población de Santa Cruz de Oyo Oyo.

- La riqueza de macroinvertebrados bentónicos en las quebradas Oyo Oyo (HB-QOyoo-01) y Chalsani (HB-QChal-01) fue menor en la temporada de estiaje en comparación con la temporada de avenida; asimismo, en avenida la calidad ecológica, determinada referencialmente a partir del índice biótico andino (ABI), fue moderada; mientras que, en estiaje fue mala, esto podría deberse a la disminución del caudal de las quebradas en estiaje. Respecto a la riqueza de microalgas del perifiton, en general, tuvo una tendencia a incrementarse en estiaje, debido al bajo caudal que beneficiaría el establecimiento de esta comunidad sobre el sustrato.

2.5 Nivel de fondo en suelo

- Se determinó los valores de nivel de fondo de 21 metales y metaloides para los suelos de la zona adyacente a los futuros componentes mineros y para los suelos de la zona de cultivos de las comunidades de San Juan de Miraflores y Santa Cruz de Oyo Oyo. El nivel de fondo de las zonas adyacentes a los futuros componentes mineros presentó las mayores concentraciones de aluminio, arsénico, hierro, manganeso, plomo, titanio y zinc en comparación a las zonas de cultivo, por el contexto geológico y la presencia de zonas mineralizadas (Canahuire, Katrina) y el centro volcánico Chucapaca; en la zona de cultivo los valores de nivel de fondo de bario, boro, calcio, cobalto, cobre, cromo, estroncio, magnesio, fósforo y silicio presentaron mayores concentraciones respecto a la zona adyacente a los futuros componentes mineros debido a la influencia del contexto geológico donde afloran rocas sedimentarias de la Formación Hualhuani y la Formación Murco compuestas por calizas, areniscas cuarzosas y lutitas.

2.6 Flora

- Se registraron 262 especies agrupadas en 43 familias botánicas y 130 géneros, donde las familias más diversas fueron Asteraceae y Poaceae, y los géneros más diversos fueron *Senecio* y *Calamagrostis*. La vegetación de roquedal fue la formación con mayor riqueza con 148 especies; seguida del matorral mixto con 102 especies.
- La especie con mayor abundancia relativa en el bofedal fue *Distichia muscoides*; en el matorral mixto, *Baccharis tola*; en la vegetación de roquedal, *Anatherostipa rosea*; y en la vegetación de suelos crioturbados, *Xenophyllum weddellii*.
- Las formaciones vegetales más diversas fueron el matorral mixto y la vegetación de roquedal, con 2,35 y 2,20 nits/individuos respectivamente. Las zonas más diversas fueron la zona Agani-Ansamani (EF 3) y Ceniguillayoc-Quilcata (EF 2), con 2,20 nits/individuos cada uno.
- El análisis de escalonamiento multidimensional no métrico (NMDS) y de similitud evidenciaron que las formaciones vegetales evaluadas están bien definidas, siendo las más relacionadas entre sí, el matorral mixto y la vegetación de roquedal; y las



Handwritten signature and initials in blue ink.

Handwritten signature and initials in blue ink.



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

dorbignyi, Muscisaxicola juninensis, Ochthoeca oenanthoides, Phrygilus punensis, Phrygilus erythronotus, Diuca specularifera y Sicalis uropygialis.

- Del total de especies de mamíferos registrados 4 de ellos se encuentran en la lista de conservación nacional e internacional. Entre las que destacan *Hippocamelus antisensis* «taruca» categorizada como especie Vulnerable (VU) por el D.S. N.º 004-2014-MINAGRI, el Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú y la IUCN, además está incluida en el apéndice I del CITES. Las especies *Puma concolor* «puma» y *Vicugna vicugna* «vicuña» están categorizadas en estado de Casi Amenazada (NT) por la legislación nacional, por el Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú e incluidas en el apéndice II y I del CITES, respectivamente. Por último, la especie *Lycalopex culpaeus* «zorro» solo está considerada en el apéndice II del CITES.
- Los bofedales y matorrales mixtos fueron los hábitats más diversos en cuanto a los grupos de aves, anfibios y reptiles. La reducción o pérdida de estos hábitats ocasionaría un efecto directo sobre las especies más abundantes o generalistas porque reduciría sus áreas de uso, así como de las especialistas que dependen directamente de estos hábitats. Debido a ello, es imperativo conservar estas áreas que constituyen uno de los hábitats principales de la fauna silvestre.

Microcuenca Agani - Ansamani

- En la microcuenca Agani-Ansamani se evaluaron 4 ecosistemas frágiles (bofedales) y sus hábitats asociados (roquedal y matorral mixto), en las zonas Jamochini (EF 1), Ceniguillayoc-Quilcata (EF 2), Agani-Ansamani sector Pachacutec (EF 3) y Japucucho-Agani 2 (EF 4).
- Esta microcuenca fue la más diversa en cuanto al grupo de anfibios y reptiles, se registraron 2 especies de anfibios, *Telmatobius peruvianus* (familia Telmatobiidae) y *Pleurodema marmoratum* (familia Leptodactylidae), y una especie de reptil, la lagartija *Liolaemus cf. signifer* (familia Liolaemidae).
- Las aves en esta microcuenca registraron 37 especies pertenecientes a 15 familias y 9 órdenes taxonómicos. La especie más abundante fue *Phrygilus plebejus* «fringilo de pecho cenizo» con 109 individuos registrados.
- Los mamíferos mayores en esta microcuenca presentaron la mayor riqueza con 5 especies, *Lagidium viscacia* «vizcacha», *Puma concolor* «puma», *Lycalopex culpaeus*, «zorro», *Conepatus chinga* «zorrino o añas» y *Vicugna vicugna* «vicuña», especies registradas mediante la evaluación de transectos y cámaras trampa.
- El hábitat bofedal fue el más diverso en cuanto a los anfibios y reptiles, donde se registraron 3 especies (2 anfibios y 1 reptil). Este hábitat es importante para la especie *Telmatobius peruvianus* que fue registrada únicamente en los bofedales, así como para la especie *Pleurodema marmoratum* cuyos hábitats de reproducción son las pozas estacionarias presentes en este hábitat. Para el caso de aves, se registró 30 especies y 357 individuos, siendo la especie más representativa *Cinclodes albiventris* con 52 individuos registrados.
- El hábitat de matorral mixto fue el segundo con mayor representatividad, donde se registraron 2 especies de anfibios y reptiles, es importante en cuanto a abundancia de la especie *Liolaemus cf. signifer*, que también estuvo presente en los hábitats



Handwritten notes and signatures on the left margin, including an arrow pointing up, a circled 'P', and the signature 'SAPA' at the bottom.



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

de roquedal y suelos crioturbados. En cuanto a las aves, en el matorral mixto, se registraron 25 especies y 170 individuos, siendo la especie más representativa *Phrygilus plebejus* con 70 individuos.

Microcuenca Itapallone

- La microcuenca Itapallone, fue evaluada solo en el sector de Corire (zona I). Respecto a la herpetofauna se registró la especie de lagartija *Liolaemus cf. signifer* que en esta zona obtuvo su mayor abundancia relativa con 12 individuos.
- Respecto a las aves se registraron 6 especies y 11 individuos; las especie más abundantes y representativas fueron *Orochelidon andecola* y *Muscisaxicola juninensis*.
- En cuanto a los mamíferos mayores, se registraron 4 especies en total, habiéndose registrado la especie *Hippocamelus antisensis* «taruca» únicamente mediante transectos y la especie *Conepatus chinga* «zorrino o ññas» mediante cámaras trampa; mientras que, las demás especies fueron registradas por ambos métodos.

Microcuenca Oyo Oyo

- En la microcuenca Oyo Oyo, se evaluó solo el hábitat Rodal de *Puya* (EF 5) y el grupo taxonómico de aves. Se registraron 13 especies y 49 individuos, las especies mas representativas fueron *Psilopsiagon aurifrons*, *Asthenes dorbignyi*, *Ochthoeca oenanthoides* y *Diglossa brunneiventris*.

3. RECOMENDACIONES

- Aprobar el informe de la evaluación ambiental en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.–2018, en vista que cuenta con el sustento técnico requerido.
- Remitir a la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas para los fines que se estimen convenientes.



↑

P

P.

te

Handwritten signature

Handwritten initials

Handwritten signature



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

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

SHIANNY VÁSQUEZ CARDEÑA
Especialista de Evaluaciones Ambientales
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

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

SANTOS DEMETRIO RAMOS CANALES
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

CALEB PEREZ QUISPE
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

JHONY ANGEL RIOS GARCIA
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

DANY ERNESTO CHUNGA BENAVIDES
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»

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

LUIS MIGUEL PEREYRA JUÁREZ
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

RUBI GABRIELA LUMBRERAS HUAMAN
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

GIOVANNA MIRIAM PINTO ALCARRAZ
Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización
Ambiental - OEFA

26 NOV. 2018

Visto el Informe N.º 340 -2018-OEFA/DEAM-STEC, 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



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»

ÍNDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. | ANTECEDENTES | 2 |
| 3. | OBJETIVOS | 3 |
| 3.1 | Objetivo general | 3 |
| 3.2 | Objetivos específicos | 3 |
| 4. | ÁREA DE ESTUDIO | 4 |
| 5. | PARTICIPACIÓN CIUDADANA..... | 5 |
| 6. | METODOLOGÍA | 8 |
| 6.1 | Calidad de agua superficial..... | 8 |
| 6.1.1 | Guías utilizadas para la evaluación..... | 8 |
| 6.1.2 | Puntos de muestreo..... | 9 |
| 6.1.3 | Parámetros y métodos de análisis | 17 |
| 6.1.4 | Equipos utilizados..... | 18 |
| 6.1.5 | Aseguramiento de la calidad | 18 |
| 6.1.6 | Colección de la muestra | 18 |
| 6.1.7 | Criterios de comparación..... | 19 |
| 6.2 | Calidad de agua subterránea..... | 21 |
| 6.2.1 | Guías utilizadas para la evaluación..... | 21 |
| 6.2.2 | Puntos de muestreo..... | 21 |
| 6.2.3 | Parámetros y métodos de análisis | 22 |
| 6.2.4 | Equipos utilizados..... | 23 |
| 6.2.5 | Aseguramiento de la calidad | 23 |
| 6.2.6 | Colección de la muestra | 23 |
| 6.2.7 | Criterios de comparación..... | 23 |
| 6.3 | Calidad de sedimento | 24 |
| 6.3.1 | Guías utilizadas para la evaluación..... | 24 |
| 6.3.2 | Puntos de muestreo..... | 24 |
| 6.3.3 | Parámetros y métodos de análisis | 25 |
| 6.3.4 | Aseguramiento de la calidad | 25 |
| 6.3.5 | Colección de la muestra y equipos utilizados | 25 |
| 6.3.6 | Criterios de comparación..... | 25 |
| 6.4 | Comunidades hidrobiológicas..... | 26 |
| 6.4.1 | Guías utilizadas para la evaluación..... | 26 |
| 6.4.2 | Puntos de muestreo..... | 26 |

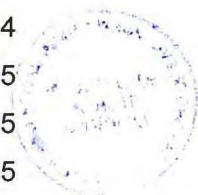


Handwritten signatures and initials in blue ink along the left margin.



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

| | | |
|-------|--|----|
| 6.4.3 | Parámetros y métodos de análisis | 27 |
| 6.4.4 | Equipos utilizados | 28 |
| 6.4.5 | Aseguramiento de la calidad | 28 |
| 6.4.6 | Procesamiento de datos | 28 |
| 6.5 | Caracterización hidroquímica | 32 |
| 6.5.1 | Aseguramiento de la calidad | 33 |
| 6.5.2 | Procesamiento de los datos | 33 |
| 6.5.3 | Diagramas hidroquímicos | 33 |
| 6.5.4 | Índices hidroquímicos | 35 |
| 6.6 | Nivel de fondo y referencia de suelos | 36 |
| 6.6.1 | Guías utilizadas para la evaluación | 36 |
| 6.6.2 | Puntos de muestreo | 36 |
| 6.6.3 | Colecta de muestra | 38 |
| 6.6.4 | Parámetros y métodos de análisis | 39 |
| 6.6.5 | Equipos utilizados | 39 |
| 6.6.6 | Aseguramiento de la calidad | 39 |
| 6.6.7 | Criterios de comparación | 39 |
| 6.6.8 | Procesamiento de datos | 40 |
| 6.7 | Caracterización geológica | 44 |
| 6.7.1 | Guías utilizadas para la evaluación | 44 |
| 6.7.2 | Ubicación de puntos | 45 |
| 6.7.3 | Parámetros y métodos de análisis | 45 |
| 6.7.4 | Equipos utilizados | 45 |
| 6.7.5 | Criterios de evaluación | 45 |
| 6.8 | Caracterización de drenaje ácido de roca (DAR) | 46 |
| 6.8.1 | Guías utilizadas para la evaluación | 46 |
| 6.8.2 | Ubicación de puntos | 46 |
| 6.8.3 | Parámetros y métodos de análisis | 47 |
| 6.8.4 | Equipos utilizados | 48 |
| 6.8.5 | Aseguramiento de la calidad | 48 |
| 6.8.6 | Procesamiento de datos | 48 |
| 6.9 | Flora silvestre | 48 |
| 6.9.1 | Guías utilizadas para la evaluación | 49 |
| 6.9.2 | Ubicación de zonas evaluadas | 49 |
| 6.9.3 | Parámetros y métodos de análisis | 54 |
| 6.9.4 | Procesamiento de datos | 54 |
| 6.9.5 | Equipos utilizados | 57 |

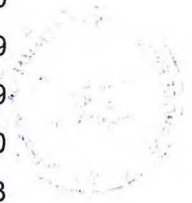


Handwritten signatures and initials in blue ink along the left margin.



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

- 6.10 Fauna silvestre 57
 - 6.10.1 Guías utilizadas para la evaluación..... 57
 - 6.10.2 Ubicación de unidades de evaluación..... 58
 - 6.10.3 Parámetros y métodos de análisis 72
 - 6.10.4 Equipos utilizados..... 72
 - 6.10.5 Criterios de comparación..... 72
 - 6.10.6 Procesamiento de datos..... 72
- 7. RESULTADOS 76
 - 7.1 Resultados de agua comparados con los ECA 2015 y 2017, sedimentos comparados con la CCME y análisis de las comunidades hidrobiológicas..... 76
 - 7.1.1 Microcuenca Agani-Ansamani..... 77
 - 7.1.2 Microcuenca Itapallone (sector Corire) 127
 - 7.1.3 Microcuenca Chaclaya 160
 - 7.1.4 Microcuenca Oyo Oyo 170
 - 7.2 Estudios especializados..... 177
 - 7.2.1 Caracterización hidroquímica 177
 - 7.2.2 Nivel de fondo y referencia de suelos 195
 - 7.2.3 Caracterización geológica 200
 - 7.2.4 Caracterización de drenaje ácido de roca..... 210
 - 7.2.5 Flora silvestre 219
 - 7.2.6 Fauna silvestre 249
- 8. Discusión..... 300
 - 8.1 Microcuenca Agani-Ansamani 313
 - 8.2 Microcuenca Itapallone (Sector Corire) 342
 - 8.3 Microcuenca Chaclaya..... 358
 - 8.4 Microcuenca Oyo Oyo..... 363
 - 8.5 Nivel de fondo y nivel de referencia de metales y metaloides en suelo..... 368
 - a. Zona adyacente a los futuros componentes mineros 368
 - b. Zonas de cultivo..... 369
 - 8.6 Fauna 370
- 9. conclusiones..... 389
 - 9.1 Microcuenca Agani-Ansamani 389
 - 9.2 Microcuenca Itapallone (sector Corire)..... 392
 - 9.3 Microcuenca Chaclaya..... 394
 - 9.4 Microcuenca Oyo Oyo..... 395
 - 9.5 Nivel de fondo en suelo..... 395
 - 9.6 Flora 395



Handwritten blue ink signatures and initials on the left margin, including a large 'P' and 'D'.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 9.7 Fauna | 396 |
| Microcuenca Agani – Ansamani | 397 |
| Microcuenca Itapallone..... | 398 |
| Microcuenca Oyo Oyo | 398 |
| 10. ANEXOS | 398 |
| 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 399 |



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





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5-1. Actores sociales en el área de influencia del PM San Gabriel..... 6

Tabla 5-2. Participación ciudadana en las etapas de ejecución de la EAT en el área de influencia del PM San Gabriel 7

Tabla 6-1. Metodologías para la colecta de muestra y medición de caudal..... 9

Tabla 6-2. Distribución de puntos de muestreo de agua superficial..... 10

Tabla 6-3. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial localizados en el área de influencia del PM San Gabriel y zonas aledañas (fuera del área de influencia) 11

Tabla 6-4. Parámetros y metodologías utilizados en la evaluación ambiental temprana del PM San Gabriel 17

Tabla 6-5. ECA para agua D.S. N.º 015-2015-MINAM y D.S. N.º 004-2017-MINAM categorías 1 y 3 20

Tabla 6-6. Referencias normativas para evaluación de la calidad del agua subterránea... 21

Tabla 6-7. Distribución de puntos de muestreo de agua subterránea..... 22

Tabla 6-8. Ubicación de los puntos de muestreo de agua subterránea en el área de influencia del PM San Gabriel 22

Tabla 6-9. Parámetros y metodologías de los análisis de agua subterránea..... 22

Tabla 6-10. Referencias para el muestreo de la calidad de sedimento 24

Tabla 6-11. Distribución de los puntos de muestreo de calidad de sedimento en el área de influencia del PM San Gabriel 25

Tabla 6-12. Parámetros evaluados y métodos de análisis 25

Tabla 6-13. Valores de comparación para la calidad de sedimento de aguas continentales 26

Tabla 6-14. Ubicación y número de puntos de muestreo de las comunidades hidrobiológicas en las quebradas de las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire), Chaclaya y Oyo Oyo 27

Tabla 6-15. Parámetros evaluados y métodos de análisis 27

Tabla 6-16. Valores de sensibilidad asignadas a las familias de macroinvertebrados bentónicos para determinar el índice ABI 30

Tabla 6-17. Estados de calidad ecológica del agua, según el ABI en Perú 31

Tabla 6-18. Puntajes de tolerancia asignadas a las familias de macroinvertebrados bentónicos para la obtención del índice IBH..... 31

Tabla 6-19. Clasificación de la calidad del agua según el IBH..... 32

Tabla 6-20. Categorías de calidad de agua mediante el índice EPT 32

Tabla 6-21. Valores aceptables de error aceptable en función de la conductividad eléctrica 33

Tabla 6-22. Referencia para el muestreo de la calidad del suelo..... 36

Tabla 6-23. Ubicación y cantidad de puntos de muestreo de suelo en zona adyacente a los futuros componentes mineros y zonas de cultivo 38

Tabla 6-24. Parámetros evaluados de suelo 39

Tabla 6-25. Referencias para la caracterización geológica 44

Tabla 6-26. Referencias para la caracterización del DAR 46

Tabla 6-27. Ubicación de puntos de muestreo para la caracterización del DAR 47

Tabla 6-28. Parámetros a evaluar de DAR en el área de influencia del PM San Gabriel... 47

Tabla 6-29. Guías para caracterizar flora silvestre 49

Tabla 6-30. Ubicación de puntos de muestreo por punto de intersección de flora silvestre en las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire) y Oyo Oyo 50

Tabla 6-31. Parámetros analizados en la evaluación de flora vascular en el área de influencia del PM San Gabriel 54



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Tabla 6-32. Guía para la evaluación de fauna 57

Tabla 6-33. Ubicación de registros por encuentros visuales (VES) de anfibios y reptiles en las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire) y Oyo Oyo 59

Tabla 6-34. Ubicación de puntos de muestreo por transectos en hábitats acuáticos de anfibios y reptiles en las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire) y Oyo Oyo 63

Tabla 6-35. Ubicación de puntos de muestreo por transectos lineales de aves en en las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire) y Oyo Oyo 66

Tabla 6-36. Ubicación de puntos de muestreo por transectos lineales de mamíferos en en las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire) y Oyo Oyo 68

Tabla 6-37. Ubicación de cámaras trampa para la evaluación de mamíferos en el área de influencia del PM de San Gabriel 70

Tabla 6-38. Parámetros evaluados en los grupos de fauna silvestre en las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire) y Oyo Oyo 72

Tabla 6-39. Fórmulas de los modelos para las curvas de acumulación de especies. 75

Tabla 7-1. Parámetros que incumplieron los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3 en la microcuenca Agani-Ansamani..... 79

Tabla 7-2. Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2 86

Tabla 7-3. Índices bióticos y calidad ecológica del agua por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2 87

Tabla 7-4. Índices de diversidad alfa de la comunidad del perifiton (microalgas) por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2 89

Tabla 7-5. Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Ceniguillayoc-Quilcata 94

Tabla 7-6. Índices bióticos y calidad ecológica del agua por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Ceniguillayoc-Quilcata. 95

Tabla 7-7. Índices de diversidad alfa de la comunidad del perifiton (microalgas) por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Ceniguillayoc-Quilcata 97

Tabla 7-8. Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini..... 105

Tabla 7-9. Índices bióticos y calidad ecológica del agua por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini..... 106

Tabla 7-10. Índices de diversidad alfa de la comunidad del perifiton (microalgas) por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini..... 109

Tabla 7-11. Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Agani-Ansamani..... 119

Tabla 7-12. Índices bióticos y calidad ecológica del agua por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Agani-Ansamani 120



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



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

Tabla 7-13. Índices de diversidad alfa de la comunidad del perifiton (microalgas) por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Agani-Ansamani 124
Tabla 7-14. Parámetros que incumplieron los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3, subcategoría D1 y D2 en la microcuenca Itapallone (sector Corire) 129
Tabla 7-15. Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc 135
Tabla 7-16. Índices bióticos y calidad ecológica del agua por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc 136
Tabla 7-17. Índices de diversidad alfa de la comunidad del perifiton (microalgas) por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc 138
Tabla 7-18. Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire 157
Tabla 7-19. Índices bióticos y calidad ecológica del agua por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire 158
Tabla 7-20. Índices de diversidad alfa de la comunidad del perifiton (microalgas) por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire 160
Tabla 7-21. Parámetros en agua que incumplieron con los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3 (quebradas) y categoría 1 A1(manantiales) en la microcuenca Chaclaya 162
Tabla 7-22. Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclaya-Llaullacaso 166
Tabla 7-23. Índices bióticos y calidad ecológica del agua por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclaya-Llaullacaso 167
Tabla 7-24. Índices de diversidad alfa de la comunidad del perifiton (microalgas) por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclaya-Llaullacaso 169
Tabla 7-25. Parámetros en agua que incumplieron los ECA para agua categoría 3 (quebradas) y categoría 1 A1(manantiales) en la microcuenca Oyo Oyo 171
Tabla 7-26. Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Oyo Oyo 174
Tabla 7-27. Índices bióticos y calidad ecológica del agua por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Oyo Oyo 175
Tabla 7-28. Índices de diversidad alfa de la comunidad del perifiton (microalgas) por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Oyo Oyo 177
Tabla 7-29. Estadísticos generales y valores de nivel de fondo y de referencia determinados para las zonas adyacentes a los futuros componenete mineros 195
Tabla 7-30. Resultados y clasificación edáfica del contenido de materia orgánica en zonas adyacentes a los futuros componenete mineros 196
Tabla 7-31. Resultados y clasificación edáfica del potencial de hidrógeno en zonas adyacentes a los futuros componenete mineros 197



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Tabla 7-32. Estadísticas generales del parámetro de pH..... 198

Tabla 7-33. Estadísticos generales y valores de nivel de fondo y referencia en suelos de zonas de cultivo de las comunidades de San Juan de Miraflores y Santa Cruz de Oyo Oyo 199

Tabla 7-34. Valores de nivel de fondo y referencia y valores de los ECA suelo agrícola e industrial/extractivo..... 199

Tabla 7-35. Valores de nivel de fondo y referencia y valores de los ECA suelo agrícola e industrial-extractivo..... 200

Tabla 7-36. Mineralogía del depósito Canahuire 202

Tabla 7-37. Resultados de laboratorio de la prueba estática de balance ácido-base ABA en las muestras evaluadas..... 213

Tabla 7-38. Número de familias, géneros y especies por cada clase registrada en el área de estudio 220

Tabla 7-39. Cobertura vegetal por transecto, formación vegetal, ecosistema Frágil y Microcuenca, presente en el área de influencia de proyecto minero San Gabriel 232

Tabla 7-40. Índices de diversidad alfa obtenido de los transectos evaluados en los puntos de muestreo presentes en el área de estudio..... 240

Tabla 7-41. Índices de similitud entre las formaciones vegetales presentes en el área de estudio con el Índice Morisita 243

Tabla 7-42. Índices de Similitud entre las EF/Zonas presentes en el área de influencia proyecto minero San Gabriel con el Índice Morisita 245

Tabla 7-43. Especies categorizadas según la Legislación Nacional DS N.º 043-2006 AG, IUCN 2018 y en los Apéndices CITES 2015, presentes en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel..... 248

Tabla 7-44. Lista de especies endémicas del Perú, según León et al. (2006) y Montesinos (2014)..... 248

Tabla 7-45. Especies de anfibios y reptiles registrados en el área de estudio 249

Tabla 7-46. Esfuerzo de muestreo por formación vegetal en el área de estudio 251

Tabla 7-47. Anfibios y reptiles registrados en el hábitat de bofedal en el área de estudio..... 253

Tabla 7-48. Anfibios y reptiles registrados en el hábitat de matorral mixto en el área de estudio 254

Tabla 7-49. Reptiles registrados en el hábitat de roquedal el área de estudio 254

Tabla 7-50. Reptiles registrados en el hábitat de suelos crioturbados en el área de estudio 255

Tabla 7-51. Riqueza, abundancia e índices de diversidad por tipo de hábitat en el área de estudio 255

Tabla 7-52. Valores del índice de similitud de Morisita por microcuenca en el área de estudio 256

Tabla 7-53. Esfuerzo de muestreo por formación vegetal en el área de estudio 258

Tabla 7-54. Anfibios y reptiles registrados en la zona Jamochini..... 260

Tabla 7-55. Anfibios y reptiles registrados en la microcuenca Zona Ceniguillayoc-Quilcata 260

Tabla 7-56. Anfibios y reptiles registrados en la zona Agani-Ansamani 261

Tabla 7-57. Anfibios y reptiles registrados en la zona Japacucho-Agani 2 261

Tabla 7-58. Anfibios y reptiles registrados en la zona Atiñayoc 262

Tabla 7-59. Riqueza, abundancia e índices de diversidad por microcuenca en el área de estudio 263

Tabla 7-60. Valores del índice de similitud de Morisita por microcuenca en el área de estudio 264

Tabla 7-61. Parámetros de los modelos para la curva de acumulación de especies 265



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin, including an arrow pointing up, a large flourish, and several initials and signatures at the bottom.



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

Tabla 7-62. Diferencia de la composición de especies entre bofedal y matorral mixto, mediante el análisis SIMPER 266

Tabla 7-63. Valores de los parámetros físicos y características ambientales de los transectos evaluados en hábitats acuáticos en el área de estudio 267

Tabla 7-64. Especies categorizadas según el Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI y la IUCN (2018), presentes en el área de estudio..... 269

Tabla 7-65. Orden, Familia y número de especies de aves registradas 270

Tabla 7-66. Resumen de la Riqueza y Abundancia por hábitat 272

Tabla 7-67. Riqueza de especies y abundancia registrada en los bofedales 273

Tabla 7-68. Riqueza de especies y abundancia registrada en el hábitat matorral mixto.. 274

Tabla 7-69. Riqueza de especies y abundancia registrada en rovedal..... 276

Tabla 7-70. Riqueza de especies y abundancia registrada en Suelos crioturbados..... 277

Tabla 7-71. Riqueza y Abundancia e índices de diversidad por hábitat..... 278

Tabla 7-72. Valores del índice de Similitud de Morisita entre los hábitats 279

Tabla 7-73. Riqueza de especies y abundancia registrada en la zona Agani-Ansamani. 280

Tabla 7-74. Riqueza de especies y abundancia registrada en la zona Jamochini..... 281

Tabla 7-75. Riqueza de especies y abundancia registrada en la zona Ceniguillayoc-Quilcata 282

Tabla 7-76. Riqueza de especies y abundancia registrada en la zona Japucucho-Agani 2 283

Tabla 7-77. Riqueza de especies y abundancia registrada en la zona Atiñayoc 284

Tabla 7-78. Riqueza de especies y abundancia registrada en la zona Oyo Oyo..... 285

Tabla 7-79. Riqueza, abundancia e índices de diversidad por microcuena 285

Tabla 7-80. Valores del índice de similitud de Morisita entre las microcuenas presentes 286

Tabla 7-81. Lista de especies incluidas en categorías de conservación y endémicas registradas en el PM San Gabriel 290

Tabla 7-82. Usos de las aves por la población local..... 291

Tabla 7-83. Composición de mamíferos 292

Tabla 7-84. Unidades y esfuerzo de muestreo por microcuena en el proyecto minero San Gabriel 292

Tabla 7-85. Esfuerzo de muestreo de cámaras trampa para la evaluación de mamíferos silvestres en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel..... 293

Tabla 7-86. Índice de ocurrencia (IO) e Índice de diversidad de mamíferos en las zonas evaluadas 294

Tabla 7-87. Similaridad de Jaccard por microcuena en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel..... 295

Tabla 7-88. Registros independientes de mamíferos silvestres por las cámaras trampa. 298

Tabla 7-89. Estado de conservación de especies amenazadas 299

Tabla 8-1. Relación entre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los ejes canónicos relacionados con las variables ambientales de agua y sedimentos 309

Tabla 8-2. Relación entre la comunidad de microalgas del perifiton y los ejes canónicos relacionados con las variables ambientales de agua y sedimentos..... 311

Tabla 8-3. Valores de conductividad hidráulica en el área de influencia del PM San Gabriel por unidades geológicas..... 333



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



ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 4-1. Ubicación del área de estudio de la EAT en el área de influencia del PM San Gabriel 5

Figura 6-1. Diagramas de Stiff 34

Figura 6-2. Diagramas de Piper 35

Figura 6-3. Clasificación geoquímica (diagrama de Ficklin) para el agua..... 35

Figura 6-4. Red de puntos de muestreo en zonas ayacentes a los futuros componentes mineros del PM San Gabriel y zonas de cultivo..... 37

Figura 6-5. a) Red de puntos de muestreo, b) Parcelas de muestreo en cruz en zonas planas o ligeramente inclinadas, c) Parcelas de muestreo en línea en suelos con pendiente moderadamente empinada a empinado y d) Parcelas de muestreo en «zig zag» en pendiente moderadamente inclinadas 37

Figura 6-6. Diagrama del tratamiento de datos en ProUCL 5.1 (adaptado por E. Angulo). 43

Figura 6-7. Resumen las recomendaciones brindadas en la guía técnica de ProUCL 5.1. 44

Figura 7-1. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial en la microcuenca Agani-Ansamani 78

Figura 7-2. Potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2..... 81

Figura 7-3 Concentración de aluminio en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2..... 81

Figura 7-4. Concentración de cobalto en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2..... 82

Figura 7-5. Concentración de manganeso en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2 82

Figura 7-6. Concentraciones de metales en sedimentos en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2: a) arsénico, b) cadmio, c) cobre, d) zinc y e) mercurio 84

Figura 7-7. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2..... 85

Figura 7-8. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2..... 86

Figura 7-9. Riqueza de la comunidad del perifiton (microalgas) por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2..... 88

Figura 7-10. Abundancia de la comunidad del perifiton por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2..... 89

Figura 7-11. Potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Ceniguillayoc-Quilcata..... 90

Figura 7-12. Concentración de hierro en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Ceniguillayoc-Quilcata..... 91

Figura 7-13. Concentración de manganeso en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Ceniguillayoc-Quilcata 91

Figura 7-14. Concentraciones de metales en sedimento en la temporada de avenida (marzo 2018) en los cuerpos de agua de la zona Ceniguillayoc-Quilcata a) arsénico y b) mercurio 92



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large 'A' at the top, followed by 'P', 'J', 'D', 'PC', and 'R' at the bottom, with 'SMPB' written at the very bottom.



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

Figura 7-15. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Ceniguillayoc-Quilcata 93

Figura 7-16. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Ceniguillayoc-Quilcata 94

Figura 7-17. Riqueza de la comunidad del perifiton (microalgas) por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Ceniguillayoc-Quilcata 96

Figura 7-18. Abundancia de la comunidad del perifiton por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Ceniguillayoc-Quilcata 97

Figura 7-19. Potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini 99

Figura 7-20. Concentración de manganeso en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini 100

Figura 7-21. Concentraciones de metales en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini: a) arsénico, b) cadmio, c) mercurio, d) cobre, e) plomo y f) zinc 103

Figura 7-22. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini 104

Figura 7-23. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini 105

Figura 7-24. Riqueza de la comunidad del perifiton (microalgas) por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini 107

Figura 7-25. Abundancia de la comunidad del perifiton por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini 108

Figura 7-26. Concentración de hierro en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en el agua subterránea de la zona Jamochini 109

Figura 7-27. Concentración de manganeso en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en el agua subterránea de la zona Jamochini 110

Figura 7-28. Concentración de plomo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en el agua subterránea de la zona Jamochini 110

Figura 7-29. Potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Agani-Ansamani 112

Figura 7-30. Concentración de manganeso en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Agani-Ansamani 113

Figura 7-31. Concentraciones de metales en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Agani-Ansamani: a) arsénico, b) mercurio, c) cadmio y d) cobre 115

Figura 7-32. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Agani-Ansamani 117

Figura 7-33. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Agani-Ansamani 118



A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
R
SHDAZ



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Figura 7-34. Riqueza de la comunidad del perifiton (microalgas) por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Agani-Ansamani 122

Figura 7-35. Abundancia de la comunidad del perifiton por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Agani-Ansamani..... 123

Figura 7-36. Potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en el agua subterránea de la zona Agani-Ansamani..... 125

Figura 7-37. Concentración de boro en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en el agua subterránea de la zona Agani-Ansamani..... 126

Figura 7-38. Concentración de hierro en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en el agua subterránea de la zona Agani-Ansamani..... 126

Figura 7-39. Concentración de manganeso en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en el agua subterránea de la zona Agani-Ansamani 127

Figura 7-40. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial en la microcuenca Itapallone (sector Corire)..... 128

Figura 7-41. Potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc 130

Figura 7-42. Concentración de hierro en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc 131

Figura 7-43. Concentración de manganeso en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc..... 131

Figura 7-44. Concentraciones de metales en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc: a) arsénico, b) cadmio, c) mercurio, d) plomo, e) zinc y f) cobre..... 133

Figura 7-45. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc 134

Figura 7-46. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc 135

Figura 7-47. Riqueza de la comunidad del perifiton (microalgas) por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc 137

Figura 7-48. Abundancia de la comunidad del perifiton por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc 138

Figura 7-49. Potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire..... 141

Figura 7-50. Conductividad eléctrica en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire..... 142

Figura 7-51. Concentración de aluminio en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire..... 143

Figura 7-52. Concentración de cadmio en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire..... 144

Figura 7-53. Concentración de cobalto en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire..... 145

Figura 7-54. Concentración de cobre en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire..... 146

Figura 7-55. Concentración de hierro en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire..... 147



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large arrow pointing upwards and various initials like 'P', 'D', 'R', 'S.M.P.'.



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

Figura 7-56. Concentración de manganeso en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire..... 148

Figura 7-57. Concentración de níquel en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire..... 149

Figura 7-58. Concentración de plomo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire..... 150

Figura 7-59. Concentración de selenio en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire..... 151

Figura 7-60. Concentración de zinc en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire..... 152

Figura 7-61. Concentraciones de metales en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire: a) arsénico, b) cadmio, c) mercurio, d) plomo, e) zinc y f) cobre 155

Figura 7-62. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire..... 156

Figura 7-63. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire..... 156

Figura 7-64. Riqueza de la comunidad del perifiton (microalgas) por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire..... 159

Figura 7-65. Abundancia de la comunidad del perifiton por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire 159

Figura 7-66. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial en la microcuenca Chaclaya 161

Figura 7-67. Potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclaya-Llaullacaso 163

Figura 7-68. Turbidez en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclaya-Llaullacaso 163

Figura 7-69. Concentración de hierro en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclaya-Llaullacaso 164

Figura 7-70. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclaya-Llaullacaso..... 165

Figura 7-71. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclaya-Llaullacaso..... 166

Figura 7-72. Riqueza de la comunidad del perifiton (microalgas) por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclaya-Llaullacaso..... 168

Figura 7-73. Abundancia de la comunidad del perifiton por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclaya-Llaullacaso 169

Figura 7-74. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial en la microcuenca Oyo Oyo..... 170

Figura 7-75. Potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Oyo Oyo..... 172

Figura 7-76. Turbidez en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Oyo Oyo 172



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Figura 7-77. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Oyo Oyo 173

Figura 7-78. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Oyo Oyo 174

Figura 7-79. Riqueza de la comunidad del perifiton (microalgas) por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Oyo Oyo 176

Figura 7-80. Abundancia de la comunidad del perifiton por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Oyo Oyo 176

Figura 7-81. Conductividad eléctrica (CE) en la microcuenca Agani-Ansamani: a) Temporada de avenida y b) Temporada de estiaje 179

Figura 7-82. Distribución en el diagrama de Piper de las concentraciones de iones en los puntos de muestreo de agua de la microcuenca Agani-Ansamani: a) temporada de avenida y b) temporada de estiaje 182

Figura 7-83. Clasificación hidroquímica según el diagrama de Ficklin en la microcuenca Agani-Ansamani: a) temporada de avenida y b) temporada de estiaje..... 183

Figura 7-84. Conductividad eléctrica en los cuerpos de agua de la microcuenca Itapallone (sector Corire), en la temporada de avenida y estiaje 185

Figura 7-85. Distribución en el diagrama de Piper de las concentraciones de iones en los puntos de muestreo de agua de la microcuenca Itapallone (sector Corire): a) temporada de avenida y b) temporada de estiaje 187

Figura 7-86. Clasificación hidroquímica según el diagrama de Ficklin en la microcuenca Itapallone (sector Corire): a) temporada de avenida y b) temporada de estiaje 188

Figura 7-87. Conductividad eléctrica en los cuerpos de agua de la microcuenca Chaclaya, en la temporada de avenida y estiaje 190

Figura 7-88. Distribución en el diagrama de Piper de las concentraciones de iones en los puntos de muestreo de agua de la microcuenca Chaclaya: a) temporada de avenida y b) temporada de estiaje 191

Figura 7-89. Clasificación hidroquímica según el diagrama de Ficklin en la microcuenca Chaclaya: a) temporada de avenida y b) temporada de estiaje 191

Figura 7-90. Conductividad eléctrica en los cuerpos de agua de la microcuenca Oyo Oyo, en la temporada de avenida y estiaje..... 193

Figura 7-91. Distribución en el diagrama de Piper de las concentraciones de iones en los puntos de muestreo de agua de la microcuenca Oyo Oyo: a) temporada de avenida y b) temporada de estiaje 194

Figura 7-92. Clasificación hidroquímica según el diagrama de Ficklin en la microcuenca Oyo Oyo: a) temporada de avenida y b) temporada de estiaje..... 194

Figura 7-93. Contenido de materia orgánica en suelos en zonas adyacentes a los futuros componente mineros 197

Figura 7-94. pH en en zonas adyacentes a los futuros componentes mineros 198

Figura 7-95. Mapa metalogenético con la ubicación del PM San Gabriel..... 201

Figura 7-96. Tipos de mineralización en el área de influencia y zonas aledañas del PM San Gabriel 202

Figura 7-97. Unidades geológicas de las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (Sector Corire) Chaclaya y Oyo Oyo..... 203

Figura 7-98. Estructura mineralizada en areniscas de la Formación Labra en la quebrada Katrina (Sector Corire)..... 204

Figura 7-99. Calizas grises fosilíferas de la Formación Gramada en el cerro Canahuire. 205



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



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

Figura 7-100. Areniscas y lutitas de la Formación Hualhuani en la quebrada Jamochini 2 206

Figura 7-101. Afloramientos de lutitas y areniscas feldespáticas rojizas de la Formación Murco 206

Figura 7-102. Contacto del Grupo Maure con las lavas del Grupo Tacaza, en el sector de Corire 207

Figura 7-103. Cerro Chucapaca, compuesto por domos riolíticos, cúpulas de riolita y reducidos afloramientos de bloques y cenizas y flujos piroclásticos 209

Figura 7-104. Sección geológica A-A' 210

Figura 7-105. Sección geológica B-B' 210

Figura 7-106. Presencia de pirita, sulfuros y óxidos en el sector de Katrina: a) Venillas y patinas de pirita, ferrihidrita, goetita; b) goetita y hematita; c) venillas de galena, esfalerita y calcopirita 211

Figura 7-107. Concentración de metales distribuidos en el Centro Volcánico Chucapaca, zonas mineralizadas (Katrina y Canahuire) y rocas sedimentarias correspondientes a la Formaciones Hualhuani y Gramadal 212

Figura 7-108. Concentración de metales lixiviados mediante la prueba de SPLP: a) Zonas mineralizadas Katrina y Canahuire y b) Centro Volcánico Chucapaca 215

Figura 7-109. Extracciones secuenciales de: a) Aluminio soluble, b) Azufre soluble, c) Hierro soluble, d) Manganeso soluble, e) Plomo soluble, f) Zinc soluble, g) Cobre soluble, h) Calcio soluble, i) Bario soluble, j) Cadmio soluble y k) Arsénico soluble 219

Figura 7-110. Porcentaje de especies por clase registrado en el área de estudio 220

Figura 7-111. Familias más diversas, indicando número de géneros y especies, registradas en el área de estudio 221

Figura 7-112. Familias con mayor porcentaje de especies, por encima del 2 % de especies registradas en el área de estudio 221

Figura 7-113. Géneros con mayor número de especies registradas en el área de estudio 222

Figura 7-114. Formas de crecimiento de la flora vascular registrada en el área de estudio 222

Figura 7-115. Número de especies, géneros y familias presentes en las 5 formaciones vegetales presentes en el área de estudio 223

Figura 7-116. Número de especies, géneros y familias por microcuenca y zonas, presentes en el área de estudio 224

Figura 7-117. Familias más diversas por microcuenca y zonas, presentes en el área de estudio 225

Figura 7-118. Número de especies, géneros y familias por formación vegetal, presentes en las zonas del área de estudio 226

Figura 7-119. Familias más diversas por formación vegetal, presentes en la zona Japucucho-Agani 2 (EF4) 227

Figura 7-120. Familias más diversas por formación vegetal, presentes en la zona Ceniguillayoc-Quilcata (EF2) 228

Figura 7-121. Familias más diversas por formación vegetal, presentes en la Zona Jamochini (EF1) 229

Figura 7-122. Familias más diversas por formación vegetal, presentes en la Zona Agani-Ansamani (EF3) 230

Figura 7-123. Familias más diversas por formación vegetal, presentes en la Zona Apacheta Corire (Zona 1) 231

Figura 7-124. Familias más diversas por formación vegetal, presentes en la Zona Oyo Oyo (EF5) 231

Figura 7-125. Especies vegetales con mayor abundancia relativa 233



Handwritten blue ink marks and signatures on the left margin, including a vertical list of letters (P, A, J, F, G, D, PE, A, R) and a signature at the bottom.



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

Figura 7-126. Especies vegetales con mayor abundancia relativa en el bofedal 234

Figura 7-127. Especies con mayor abundancia relativa en el matorral mixto 235

Figura 7-128. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de roquedal 235

Figura 7-129. Especies con mayor abundancia relativa en la vegetación de suelos crioturbados 236

Figura 7-130. Especies con mayor abundancia relativa en la zona Japucucho-Agani 2.. 237

Figura 7-131. Especies con mayor abundancia relativa en la zona Ceniguillayoc-Quilcata 237

Figura 7-132. Especies con mayor abundancia relativa en formaciones vegetales de la zona Jamochini..... 238

Figura 7-133. Especies con mayor abundancia relativa en la zona Agani-Ansamani 239

Figura 7-134. Especies con mayor abundancia relativa en la zona Apacheta Corire..... 240

Figura 7-135. Índices de diversidad alfa de las formaciones vegetales presentes en el área de estudio 242

Figura 7-136. Índices de diversidad alfa en las zonas presentes en el área de estudio... 243

Figura 7-137. Análisis de Clúster de las formaciones vegetales, con el Índice Morisita... 244

Figura 7-138. Análisis de Clúster de las zonas evaluadas, con el Índice Morisita 245

Figura 7-139. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) con los transectos evaluados, con el Índice Morisita 246

Figura 7-140. Curva de acumulación de especies. Modelo: $v2=(a*v1)/(1+(b*v1))$. Función de Clench..... 247

Figura 7-141. Abundancia de los individuos adultos de las especies de anfibios y reptiles 250

Figura 7-142. Abundancia de estadios premetamórficos (larvas) de las especies de anfibios y reptiles..... 250

Figura 7-143. Abundancia relativa (hora-hombre) de anfibios y reptiles adultos registrados en VES y transectos, en los hábitats evaluados 252

Figura 7-144. Abundancia relativa (hora-hombre) de anfibios en fase premetamorfica (larval), registrados en las evaluaciones de VES, en los hábitats evaluados 252

Figura 7-145. Abundancia e índices de diversidad por hábitat evaluado..... 256

Figura 7-146. Dendrograma de similaridad de anfibios y reptiles de los hábitats evaluados 257

Figura 7-147. Anfibios y reptiles registrados en las evaluaciones de VES y transectos, por EF y microcuencia 259

Figura 7-148. Anfibios fase premetamorfica (larval), registrados en las evaluaciones de VES y transectos por EF y microcuencia 259

Figura 7-149. Abundancia e índices de diversidad por hábitat evaluado 263

Figura 7-150. Dendrograma de similaridad de anfibios y reptiles en ecosistemas frágiles de las zonas evaluadas 264

Figura 7-151. Curva de acumulación de especies presentes..... 265

Figura 7-152. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) con los VES evaluados 266

Figura 7-153. Análisis de componentes principales (PCA) de las características físicas y ambientales de los transectos de hábitats acuáticos de herpetología 268

Figura 7-154. Especies de aves con mayor abundancia total registrada en el área de influencia del PM San Gabriel 271

Figura 7-155. Especies con mayor abundancia total registrada..... 272

Figura 7-156. Índices de Diversidad por hábitat evaluado en el PM San Gabriel..... 278

Figura 7-157. Dendrograma de Similitud de Morisita entre unidades de vegetación..... 279

Figura 7-158. Índices de Diversidad por microcuencia evaluada en el PM San Gabriel ... 286

Figura 7-159. Dendrograma de similitud de Morisita entre microcuencias 287



Handwritten signature and initials in blue ink, including an arrow pointing upwards and the name 'D.M.P.' at the bottom.



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

Figura 7-160. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) con las búsquedas intensivas realizadas en el área de estudio del PM San Gabriel... 288
Figura 7-161. Curva de acumulación de especies presentes en el área del PM San Gabriel... 290
Figura 7-162. Diversidad y abundancia de mamíferos silvestres en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel... 295
Figura 7-163. Cluster de similaridad de especies compartidas entre zonas evaluadas... 296
Figura 7-164. Curva de acumulación de especies... 297
Figura 7-165. Composición taxonómica de registros de mamíferos silvestres por cámaras trampa... 297
Figura 7-166. Composición de especies por microcuenca de evaluación... 298
Figura 8-1. Modelo conceptual de las formaciones geológicas, zonas mineralizadas y microcuencas en el área de influencia del PM San Gabriel y zonas aledañas... 301
Figura 8-2. Comparación de las concentraciones de los metales en rocas con la corteza terrestre (Wedepohl, 1994): a) Zonas mineralizadas Katrina – Canahuire, b) Centro volcánico Chucapaca y c) Unidades sedimentarias... 302
Figura 8-3. Distribución de puntos de suelo en la zona adyacente a los futuros componentes mineros y zonas de cultivo... 304
Figura 8-4. Mapa de distribución de la concentración de: a) arsénico, b) bario, c) cromo, d) cobre, e) plomo, f) zinc, g) hierro y h) manganeso en el PM San Gabriel y en zonas aledañas... 305
Figura 8-5. Agrupamiento de las comunidades hidrobiológicas de: a) macroinvertebrados bentónicos y b) microalgas del perifiton... 307
Figura 8-6. Análisis de correspondencia canónica entre las variables ambientales (agua y sedimentos) y las comunidades hidrobiológicas de: a) macroinvertebrados bentónicos y b) microalgas del perifiton... 308
Figura 8-7. Hidroquímica y parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 (2015 y 2017), en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Agani-Ansamani... 314
Figura 8-8. Parámetros que superaron los valores ISQG y PEL de la CCME para sedimentos, en las temporadas de avenida y estiaje evaluación en la microcuenca Agani-Ansamani... 316
Figura 8-9. Distribución del arsénico en sedimento en ambas temporadas en la microcuenca Agani-Ansamani: a) Brechas polimícticas (Canahuire), b) Formación Hualhuani (Japucucho), c) Formación Murco (Quilcata), d) Formación Hualhuani (Jamochini) y e) Formación Gramadal (Cruzana)... 317
Figura 8-10. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Agani-Ansamani... 318
Figura 8-11. Número de especies de microalgas del perifiton en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Agani-Ansamani... 319
Figura 8-12. Calidad ecológica del agua a partir del índice ABI en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Agani-Ansamani... 320
Figura 8-13. Concentración del manganeso en la Línea Base y las evaluaciones del OEFA, en la quebrada Jamochini: a) QJamo-01 y b) QJamo-02... 322
Figura 8-14. Vista panorámica de la parte alta de quebrada Jamochini... 322
Figura 8-15. Vista panorámica de la quebrada Jamochini 2: a) Temporada de avenida y b) Temporada de estiaje... 323
Figura 8-16. Parte alta de la quebrada Japucucho (HPacha-01) próxima a la zona de óxidos... 325
Figura 8-17. Comportamiento del manganeso y el pH en el agua de la quebrada Japucucho-Agani 2 en la temporada de avenida... 326
Figura 8-18. Relación entre carbonatos, bicarbonatos y pH... 327



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Figura 8-19. Vista panorámica de los bofedales y caserío Quilcata 329

Figura 8-20. Ubicación del manantial Agani (FAGan-01), el depósito mineral Canahuire y el prospecto Pachacutec 330

Figura 8-21. Comparación del potencial de hidrógeno (pH) del punto FAGan-01 con datos de la Línea Base..... 330

Figura 8-22. Comparación de potencial hidrógeno (pH) del punto FQuil-01 con datos de la Línea Base..... 331

Figura 8-23. Parte baja de la quebrada Agani-Ansamani: a) Temporada de avenida y b) Temporada de estiaje..... 332

Figura 8-24. Funcionamiento hidrodinámico de las aguas subterráneas en condición actual 334

Figura 8-25. Comparación de resultados en los piezómetros PZ-04 y PZ-06 con datos del administrado (IGA-2016): a) boro y b) manganeso 335

Figura 8-26. Formaciones vegetales evaluados en la microcuenca Agani-Ansamani: a) y b) Bofedal, c) Matorral mixto y d) Vegetación de roquedal..... 336

Figura 8-27. Familias más diversas por ecosistema frágil y formaciones vegetales asociadas (EF) en el área de estudio. EF1 (Jamochini), EF2 (Ceniguillayoc-Quilcata), EF3 (Agani-Ansamani), EF4 (Japucucho-Agani 2) 337

Figura 8-28. Especies comunes en el bofedal: a) *Distichia muscoides*, b) *Calamagrostis brevifolia*, c) *Hypochaeris taraxacoides*, d) *Oxychloe andina*, e) *Zameioscirpus muticus* y f) *Werneria pygmaea* 338

Figura 8-29. Especies comunes en el matorral mixto: a) *Parastrephia quadrangularis*, b) *Stipa ichu*, c) *Parastrephia lucida*, d) *Baccharis tola*, e) *Anatherostipa rosea* y f) *Festuca orthophylla* 339

Figura 8-30. Especies comunes en la vegetación de roquedal: a) *Pycnophyllum molle*, b) *Calamagrostis cephalantha*, c) *Xenophyllum poposum*, d) *Stipa ichu*, e) *Azorella compacta* y f) *Calamagrostis breviaristata* 340

Figura 8-31. Especies endémicas registradas en la microcuenca Agani-Ansamani..... 341

Figura 8-32. Especies amenazadas registradas en la microcuenca Agani-Ansamani 341

Figura 8-33. a) Vista panorámica del complejo volcánico Chucapaca, y b) Vista panorámica del sector Katrina, donde se observó la erosión y el arrastre de suelos 342

Figura 8-34. Hidroquímica y parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 (2015 y 2017), en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Itapallone (sector Corire)..... 344

Figura 8-35. Parámetros que superaron los valores ISQG y PEL del estándar canadiense para sedimentos (CCME) en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Itapallone (sector Corire)..... 345

Figura 8-36. Concentraciones de arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), mercurio (Hg), plomo (Pb) y zinc (Zn) en sedimento, en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Itapallone (sector Corire) 346

Figura 8-37. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Itapallone (sector Corire) 347

Figura 8-38. Número de especies de microalgas del perifiton en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Itapallone (sector Corire) 348

Figura 8-39. Calidad ecológica del agua a partir del índice ABI, en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Itapallone (sector Corire)..... 349

Figura 8-40. Distribución mensual de la precipitación anual (mm) en el distrito de Ichuña 350

Figura 8-41. Vista panorámica de la quebrada Atiñayoc, antes de su confluencia con la quebrada Cruzana: a) Temporada de avenida y b) Temporada de estiaje..... 350



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large 'P.' and 'SHUA' at the bottom.



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

Figura 8-42. Comparación de resultados en el punto de muestreo QAtiñ-02 con datos de la Línea Base: a) manganeso y b) hierro 351

Figura 8-43. Labor minera abandonada ubicada en la parte media de la quebrada Katrina 353

Figura 8-44. Comparación de resultados en el punto de muestreo QApac-02 con datos de la Línea Base: a) Aluminio, b) Cadmio y c) Manganeso..... 354

Figura 8-45. Comparación de resultados en el punto de muestreo QApac-02 con datos de la Línea Base: a) Hierro, b) Cobalto, c) Cobre y d) Zinc..... 355

Figura 8-46. Especies comunes de las formaciones vegetales en la zona Apacheta Corire: a) Vegetación de suelos crioturbados, b) *Xenophyllum weddellii*, c) *Stangea sp.*, d) *Senecio nutans*, e) Vegetación de roquedal, f) *Azorella compacta*, g) *Calamagrostis brevianistata* y h) *Anatherostipa hans-meyeri*..... 357

Figura 8-47. Especies en estado de amenaza registrados en la zona Apacheta-Corire: a) *Senecio sykora*, b) *Nototriche argyllioides* y c) *Ephedra rupestris* 358

Figura 8-48. Hidroquímica y los parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 y 1, en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Chaclaya 359

Figura 8-49. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Chaclaya 360

Figura 8-50. Número de especies de microalgas del perifiton en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Chaclaya 361

Figura 8-51. Calidad ecológica del agua a partir del índice ABI, en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Chaclaya 362

Figura 8-52. Hidroquímica y parámetros que incumplieron los ECA para agua categoría 3 y 1-A1, en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Oyo Oyo 363

Figura 8-53. Número de especies de macroinvertebrados bentónicos en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Oyo Oyo 364

Figura 8-54. Número de especies de microalgas del perifiton en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Oyo Oyo..... 365

Figura 8-55. Calidad ecológica del agua a partir del índice ABI, en las temporadas de avenida y estiaje en la microcuenca Oyo Oyo..... 366

Figura 8-56. Especies en estado de amenaza registrados en la zona Oyo Oyo (EF 5): a) rodal de *Puya*, b) *Azorella compacta*, c) *Baccharis genistelloides*, d) *Ephedra rupestris*, e) *Lobivia sp.*, f) *Parastrephia quadrangularis*, g) *Senecio nutans*, h) *Cumulopuntia boliviana subsp. Ignescens* y i) *Puya raimondii*..... 367

Figura 8-57. *Senecio crassilodix*, especie endémica registrada en la zona de Oyo Oyo . 367

Figura 8-58. Comparación de valores de nivel de fondo de la zona de cultivo con la zona adyacente a los futuros componentes mineros 368

Figura 8-59. Movilidad de los elementos en el suelo mineral en función del pH (Kabata-Pendias, 2000)..... 368

Figura 8-60. Valores de nivel de fondo y referencia en zonas adyacente a los futuros componentes mineros respecto al ECA para suelo de uso industrial-extractivo 369

Figura 8-61. Valores de nivel de fondo y referencia en zonas de cultivo respecto al ECA para suelo de uso agrícola 369

Figura 8-62. Hábitats representativos en el área de estudio: a) bofedal, b) roquedal, c) suelos crioturbados, d) rodal de *Puya* y e) matorral mixto 370

Figura 8-63. Especies de aves registradas en el área de estudio..... 372

Figura 8-64. Registro de mamíferos en el área de estudio 373

Figura 8-65. *Telmatobius peruvianus* (Familia Telmatobiidae)..... 375

Figura 8-66. *Pleurodema marmoratum* (Familia Leptodactylidae) 375

Figura 8-67. *Liolaemus cf. signifer* (Familia Liolaemidae) 376

Figura 8-68. Especies de aves del hábitat bofedal en la microcuenca Agani-Ansamani.. 377



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Figura 8-69. Especie «becasina de la puna» *Gallinago andina* registrado en el hábitat bofedal 378

Figura 8-70. Bofedales ubicados en la microcuenca Agani-Ansamani 378

Figura 8-71. Especies de aves del hábitat matorral mixto en la microcuenca Agani-Ansamani 379

Figura 8-72. Especies de aves del hábitat matorral mixto en la microcuenca Agani-Ansamani 380

Figura 8-73. Registro de mamíferos en la microcuenca Agani-Ansamani 381

Figura 8-74. Especies de aves registradas en la microcuenca Itapallone (sector Corire) 383

Figura 8-75. Registro de mamíferos silvestres en Itapallone (sector Corire Zona I)..... 384

Figura 8-76. Especies de aves en el hábitat rodal de Puya en la microcuenca Oyo Oyo (EF 5) 385

Figura 8-77. Especie *Asthenes dorbignyi* «canastero de pecho cremoso» registrado en el hábitat rodal de Puya, microcuenca Oyo Oyo (EF 5) 386

Figura 8-78. Abundancia relativa de adultos y larvas de *Telmatobius peruvianus* en cada una de las zonas de evaluación (EF) respecto a los valores de pH en el área de estudio..... 388

Figura 8-79. Especies CITES registradas en el área de estudio..... 389



↑

P

P

x

f

Q

I

7

D.

pe

A.

R

SA/MA



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

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto minero San Gabriel (en adelante, PM San Gabriel), desarrollado por la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., se ubica en el distrito Ichuña, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua. La subcuenca Ichuña se ubica en la parte alta de la cuenca del río Tambo (código N.º 131¹), de la región hidrográfica de la vertiente del Pacífico, entre 4450 y 5000 m s.n.m.

La Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. ha previsto explotar en San Gabriel oro, plata y cobre a través de un minado subterráneo y cuenta con un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) detallado aprobado, para la futura explotación se habilitarán aproximadamente 43 km de labores subterráneas (horizontales y verticales) con una tasa de minado nominal de 6000 t/d, y otras instalaciones principales y auxiliares. La planta de procesos tendrá dos líneas de producción gemelas de 3000 t/d de capacidad individual para el beneficio de los minerales.²

La huella del proyecto está ubicada en la quebrada Agani-Ansamani, los cursos de agua confluyen hacia el río Ichuña. Se considera como área de influencia ambiental directa e indirecta a la parte alta de las quebradas de Chaclaya, Itapallone (sector Corire) y Agani.

Desde el 2003, Minera Gold Fields Perú S.A. (MGF) obtuvo las concesiones mineras Chucapaca, Chucapaca Norte, Orcori, Yaretapampa y Yaretapampa Sur, la zona de cerro Chucapaca y sus alrededores. Desde el 2008, MGF cedió sus derechos a Compañía de Minas Buenaventura (CMB). Bajo la dirección de CMB se presentaron estudios exploratorios Categoría I, así como el Estudio de Impacto Ambiental semidetallado (EIA-sd) del proyecto de exploración Chucapaca (2009).

A partir del 2009 la CMB (49 %) y la MGF (51 %) formaron la empresa Canteras del Hallazgo S.A.C. (CDH), para dar continuidad al proyecto de exploración Chucapaca. Bajo la titularidad de CDH se llevó a cabo la primera y segunda modificatoria del EIA-sd del proyecto de exploración Chucapaca (2010 y 2013).

En el 2014 la CMB adquirió el 51 % de las acciones de la MGF haciéndose del 100 % de la participación sobre CDH, por tanto, la titularidad del proyecto Chucapaca pasó a ser 100 % de la CMB, proponiendo el nombre de proyecto San Gabriel, retomando conversaciones con las comunidades de su alrededor (Santa Cruz de Oyo Oyo, Maycunaca, Antajahua y Corire) viabilizando el proyecto San Gabriel y llegando a un acuerdo de compra de terrenos con las poblaciones alrededor del proyecto entre el 2014 y 2016. En noviembre del 2017 finalmente se aprobó el EIA detallado del proyecto minero San Gabriel.²

El área de influencia directa está delimitada por la Comunidad Campesina (C.C.) de Santa Cruz de Oyo Oyo, Maycunaca y Antajahua, CC San Juan de Miraflores y C.C. Corire, mientras que el área de Influencia Social Indirecta está conformada por el Distrito de Ichuña, Lloque y Yunga. Habiéndose realizado evaluaciones complementarias en el centro poblado de Ichuña, C.C. Santiago de Chucapaca. El área efectiva establecida para el proyecto San Gabriel en el EIA se encuentra delimitado por un área aproximadamente de 449,5 hectáreas aproximadamente.

¹ Codificación establecida en la Resolución Ministerial N.º 033-2008-AG, Aprueban Metodología de Codificación de Unidades Geográficas de Pfafstetter, Memoria Descriptiva y el Plano de Delimitación y Codificación de las Unidades Hidrográficas del Perú.

² Estudio de Impacto Ambiental detallado (EIA_d) del proyecto San Gabriel, aprobado por Resolución Directoral N.º 099-2017-MEM/DGAAM.



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



La Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del PM San Gabriel, tiene como objetivo, realizar un diagnóstico ambiental integral durante el 2018 de los componentes agua superficial, agua subterránea, sedimento, comunidades hidrobiológicas, suelo, flora y fauna.

La información contenida en esta evaluación permite establecer el diagnóstico de la calidad ambiental en forma integrada y continua con énfasis en aquellas actividades fiscalizadas por el OEFA, con la finalidad de brindar información y soporte técnico para la supervisión directa.

Finalmente, el análisis de resultados, discusiones y conclusiones busca aportar al entendimiento de la complejidad ambiental en el área de influencia del PM San Gabriel antes de iniciar con las actividades de construcción y explotación del yacimiento minero.

2. ANTECEDENTES

Mediante la Resolución de Consejo Directivo N.º 037-2017-OEFA/CD, publicado el 30 de diciembre de 2017 en el diario oficial El Peruano, se aprobó el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental correspondiente al 2018 (en adelante, Planefa 2018) del OEFA, el que comprende el Plan Anual de Evaluación Ambiental, que está orientado a ejecutar acciones de evaluación ambiental temprana (en adelante EAT) en las áreas de influencia de las actividades fiscalizables de competencia del OEFA, en aras de otorgar un soporte efectivo a la función supervisora.

El Planefa 2018 señala que la función evaluadora, en el marco del proceso de fiscalización ambiental, tiene varios objetivos, entre ellos, generar un diagnóstico ambiental que contenga un análisis integral del estado de los diversos componentes ambientales antes del inicio de las actividades de construcción y explotación del PM San Gabriel.

El PM San Gabriel cuenta con 8 Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) aprobados como: Estudios de Impacto Ambiental detallado (EIA), modificatorias de EIA e informes técnicos, de estos estudios, los parámetros que superaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua categoría 3 fueron potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto, sólidos totales suspendidos, sulfatos, aluminio, cobre, mercurio, nitrógeno amoniacal, boro, cobalto, arsénico, plomo, zinc, hierro, manganeso, níquel, cadmio, Escherichia. Coli, coliformes fecales y totales.

El OEFA a través de la Dirección de Evaluación realizó una evaluación ambiental de aguas superficial y sedimento de la cuenca Tambo durante el 2016. Los parámetros que superaron los ECA para agua categoría 3 en las microcuencas de Itapallone y Agani fueron potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica, aluminio, cloruros, boro, cadmio, cobalto, manganeso, hierro, plomo, zinc y cobre. A su vez la Autoridad Nacional del Agua (ANA) realizó dos monitoreos de agua superficial durante el 2014 en la cuenca del río Tambo, los parámetros que superaron los ECA para agua categoría 3 en las microcuencas Itapallone y Agani fueron pH, conductividad eléctrica, manganeso, hierro, boro, cadmio, coliformes termotolerantes, sodio y arsénico.

El resumen de los resultados del informe de monitoreo del OEFA se presenta en el Anexo D.1 y los datos presentados en los IGAs se presentan en el Anexo D.2. Mediante Informe N.º 0037-2018-OEFA-STEC del 28 de febrero de 2018, se aprobó el «Plan de Evaluación Ambiental Temprana en el área de influencia del proyecto



Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large 'A' at the top and 'R' at the bottom.



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

minero San Gabriel», cuyos objetivos específicos enmarcan el presente informe. La ejecución en campo comprendió 1 visita de reconocimiento y 3 monitoreos ambientales. La visita de reconocimiento se realizó del 4 al 15 de febrero de 2018 y tuvo por objetivo determinar las zonas de interés del estudio, verificar las coordenadas propuestas y realizar las primeras coordinaciones con los actores sociales.

Se ejecutaron 3 salidas de campo, la primera se llevó a cabo del 9 al 25 de marzo de 2018, donde se realizó el muestreo de 74 puntos de monitoreo de agua, 23 puntos de sedimento, 49 puntos de comunidades hidrobiológicas en época húmeda, en las microcuencas de los ríos Agani-Ansamani, Chaclaya Oyo Oyo e Itapallone (sector Corire).

La segunda, del 25 abril al 13 de mayo de 2018, comprendió el desarrollo de los componentes flora y fauna silvestre. La tercera salida, del 15 al 29 de junio de 2018 se realizó el muestreo de 63 puntos de monitoreo de agua, 17 puntos de sedimento y 40 puntos de comunidades hidrobiológicas en temporada de estiaje en las microcuencas de los ríos Agani-Ansamani, Chaclaya, Oyo Oyo e Itapallone (sector Corire), adicionalmente se realizó los estudios de suelos para evaluar el nivel de fondo de 12 áreas establecidas en el área de influencia del PM San Gabriel.

La totalidad de los puntos evaluados corresponden a 74 puntos de aguas superficial (53 quebradas y 21 manantiales), 5 para agua subterránea, 49 para hidrobiología, 27 para sedimentos, 124 puntos para nivel de fondo en suelos, 35 transeptos para flora y 54 transeptos para fauna.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- Realizar la evaluación ambiental temprana, en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel, en el distrito Ichuña, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua - 2018.

3.2 Objetivos específicos

- Evaluar la calidad del agua superficial en las quebradas y manantiales de las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire), Chaclaya y Oyo Oyo.
- Evaluar la calidad del agua subterránea en la microcuenca Agani-Ansamani.
- Evaluar la calidad del sedimento en las quebradas de las microcuencas Agani-Ansamani e Itapallone (sector Corire).
- Evaluar la composición y diversidad de las comunidades hidrobiológicas en las quebradas de las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire), Chaclaya y Oyo Oyo.
- Determinar los valores de nivel de fondo del suelo en áreas de pastoreo y áreas agrícolas en las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire), Chaclaya y Oyo Oyo.
- Caracterizar la geología local y el drenaje ácido de roca en la microcuenca Itapallone (sector Corire).



Vertical list of handwritten initials and signatures on the left margin.



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

- Evaluar la flora silvestre de los ecosistemas frágiles en las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire) y Oyo Oyo.
- Evaluar la fauna silvestre de los ecosistemas frágiles en las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire) y Oyo Oyo.

4. ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto minero San Gabriel se ubica políticamente en el distrito Ichuña, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua, aproximadamente a 837,4 km de Lima y 115,5 km de la ciudad Moquegua (Figura 4-1).

Geográficamente el área efectiva del proyecto se emplaza en los Andes meridionales del Perú, a una altura que varía entre 4450 y 5000 m s.n.m., asimismo, se localiza en la región hidrográfica del Pacífico, unidad hidrográfica de la cuenca del río Tambo³, (N.º 131, según la codificación Pfafstetter), en la subcuenca Ichuña, en la microcuenca Agani-Ansamani y parte de las microcuencas Itapallone (sector Corire) y Chaclaya que desembocan sus aguas al río Ichuña. Adicionalmente se evaluó la microcuenca Oyo Oyo.

En la evaluación, el área de estudio comprendió zonas de 4 microcuencas de la subcuenca Ichuña (parte alta de la cuenca del río Tambo), donde las 3 primeras microcuencas comprenden parte del área de influencia del PM San Gabriel, la última se encuentra fuera del área de influencia, y se detallan a continuación:

- Microcuenca Agani-Ansamani: conformada por las quebradas Agani, Agani 2, Ansamani, Ceniguillayoc, Quilcata y Jamochini.
- Microcuenca Itapallone (sector Corire): conformada por las quebradas Apacheta, Katrina, Atifayoc, Corire, Cruzana, y Millahuaico.
- Microcuenca Chaclaya: conformada por las quebradas Llaullacaso, Pacolle y su continuación en la quebrada Chaclaya.
- Microcuenca Oyo Oyo: conformada por las quebradas Oyo Oyo y Chalsani.



Vertical handwritten signature and initials in blue ink.

³ Autoridad Nacional del Agua. (2009). Unidades hidrográficas del Perú: R.M. N.º 033-2009-AG



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

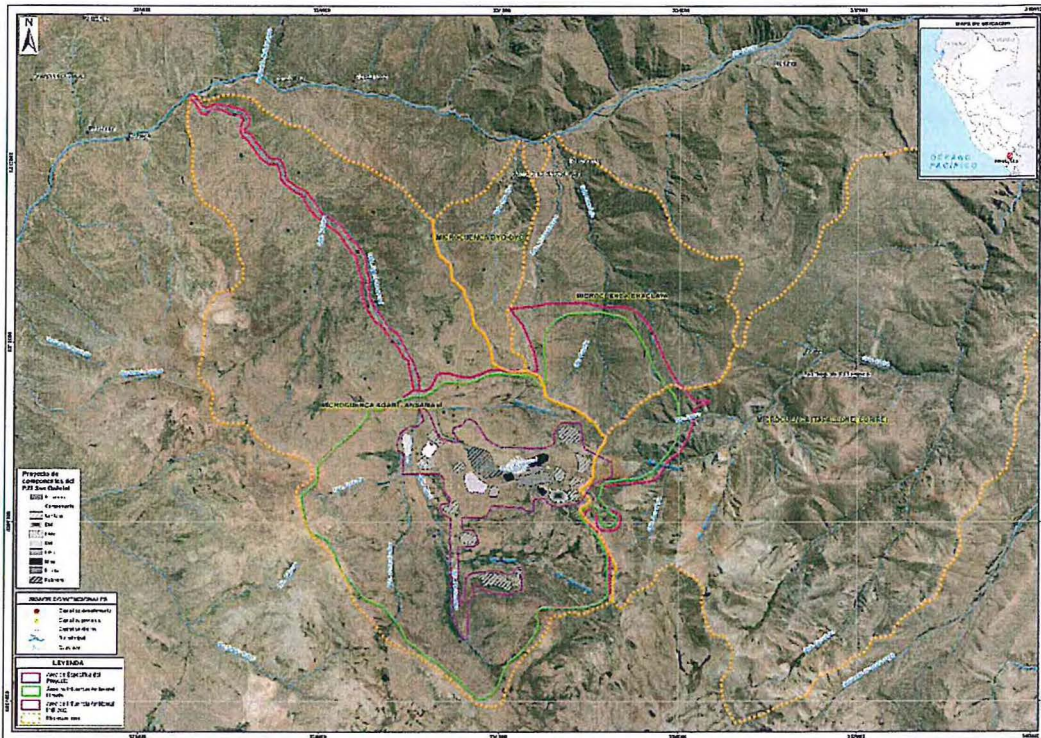


Figura 4-1. Ubicación del área de estudio de la EAT en el área de influencia del PM San Gabriel

5. PARTICIPACIÓN CIUDADANA

La participación ciudadana es un mecanismo a través del cual la ciudadanía interviene en las labores de monitoreo ambiental que desarrolla el OEFA, en ejercicio de su función evaluadora. Tales labores se realizan a efectos de medir la presencia y concentración de contaminantes en el ambiente. También puede comprender acciones en materia de conservación de los recursos naturales relacionados a las actividades bajo el ámbito de fiscalización ambiental directa del OEFA.

Las etapas tipificadas en el Reglamento de Participación Ciudadana en las Acciones de Monitoreo Ambiental a cargo del OEFA⁴ 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 del Monitoreo Ambiental Participativo
- Etapa 6. Ejecución del Monitoreo Ambiental Participativo
- Etapa 7. Taller para la presentación de los resultados del monitoreo realizado

⁴ Resolución de Consejo Directivo N.º 032-2014-OEFA/CD, «Aprueban el Reglamento de participación ciudadana en las acciones de monitoreo ambiental a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA», del 2 de setiembre de 2014, modificada mediante Resolución de Consejo Directivo N.º 003-2016-OEFA/CD.



Handwritten signature and initials in blue ink, including 'P. P.', 'D. D.', and 'R. R.'.



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

A continuación, se detalla información sobre el desarrollo de dichas etapas incluyendo los actores involucrados, el reconocimiento previo, la evaluación ambiental y la entrega de resultados.

Actores involucrados

Los actores involucrados en el desarrollo del monitoreo ambiental participativo se precisan en la Tabla 5-1 y en el Anexo E.

Tabla 5-1. Actores sociales en el área de influencia del PM San Gabriel

| Actores | Distrito | Provincia | Departamento |
|---|----------|-----------------------|--------------|
| Comunidad campesina de Corire | Ichuña | General Sánchez Cerro | Moquegua |
| Comunidad campesina de San Juan de Miraflores | Ichuña | General Sánchez Cerro | Moquegua |
| Comunidad campesina de Santa Cruz de Oyo Oyo, Maicunaca y Antajahua | Ichuña | General Sánchez Cerro | Moquegua |

Etapas previas a la ejecución del monitoreo

Seguidamente se presentan las etapas previas a la ejecución del monitoreo, indicándose la fecha en la que tuvieron lugar y las actividades principales que se realizaron durante las mismas.

Visita de reconocimiento

La visita de reconocimiento no se encuentra contemplada como una de las etapas del Reglamento, fue realizada previa al inicio del monitoreo ambiental participativo del 4 al 15 de febrero de 2018 y tuvo como objetivo establecer un primer contacto con las poblaciones y autoridades de la zona a evaluar, conocer su percepción respecto a la realización del monitoreo ambiental participativo, así como la existencia de conflictos y las principales actividades económicas.

Esta actividad de reconocimiento fue útil para la definición del área de estudio, identificar los actores sociales y ambientales y finalmente confirmar la red de muestreo establecida para la evaluación ambiental temprana del PM San Gabriel (Anexo E.1).

Etapas 1, 2 y 3: Coordinación previa con los actores involucrados, convocatoria e inscripción a los programas de inducción

Las etapas 1, 2 y 3 fueron desarrolladas del 5 al 9 de febrero de 2018, periodo en el que se realizaron reuniones de coordinación previa con los representantes de las 3 comunidades campesinas que forman parte del área de influencia ambiental directa e indirecta del PM San Gabriel.

Se informó acerca de las actividades que se realizarían en las etapas de coordinación previa, convocatoria, inscripción en los programas de inducción y presentación de la propuesta del plan de monitoreo ambiental participativo en el distrito Ichuña, provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua.

La difusión fue realizada mediante comunicaciones formales, pegado de afiches en locales comunales y emisión radial, convocándose a los principales actores sociales involucrados en el desarrollo del monitoreo ambiental participativo.

Por último, se reconocieron los lugares propuestos para realizar el monitoreo de calidad de agua, suelo, sedimento e hidrobiología (Anexo E.1).



Vertical list of handwritten signatures and initials in blue ink.



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

Etapas 4 y 5: Realización de la inducción y taller para la presentación de la propuesta del plan de monitoreo ambiental participativo en la evaluación ambiental temprana

Las etapas 4 y 5 se realizaron del 10 al 12 de marzo de 2018, en las comunidades campesinas de Corire, San Juan de Miraflores y Santa Cruz de Oyo Oyo, Maicunaca y Antajahua.

Durante la inducción, el OEFA informó sobre las competencias de fiscalización ambiental a su cargo, los alcances del reglamento que regula la participación ciudadana en las acciones de monitoreo, los derechos y deberes de los participantes, y los lineamientos y procedimientos para la toma de muestras. Se entregó un certificado a los asistentes que se inscribieron con anticipación.

Inmediatamente después de la inducción, se continuó con el taller de presentación de la propuesta de ejecución. Durante la misma, se explicó lo siguiente:

- Los objetivos del monitoreo
- Las acciones de monitoreo que serían impulsadas por el OEFA en campo
- Los criterios para la elección de los puntos de muestreo
- La metodología para la recolección de muestras y mediciones en campo
- La metodología que se aplicará para la evaluación de los resultados obtenidos
- Los alcances de la participación ciudadana durante las labores de monitoreo a realizarse
- Otros aspectos de interés

Los acuerdos tomados estuvieron relacionados principalmente con las fechas de ejecución del monitoreo, solicitudes verbales para adicionar puntos de muestreo de aguas, y los participantes que acompañarían al OEFA durante la misma. Las actas y listas de participantes, correspondientes a cada una de las etapas del monitoreo ambiental participativo, se presentan en el Anexo E.2.

Etapas 6: Ejecución de la evaluación ambiental temprana con participación ciudadana

Esta etapa consta de 3 ejecuciones, la primera ejecución se realizó del 13 al 25 de marzo de 2018 se evaluaron los componentes agua superficial y subterránea, sedimento y comunidades hidrobiológicas; la segunda ejecución fue del 20 de abril al 10 de mayo de 2018 y se evaluó la flora y fauna silvestre, finalmente la tercera ejecución se realizó del 15 al 29 de junio de 2018 y se evaluó agua superficial y subterránea, sedimento, comunidades hidrobiológicas y suelo.

En la Tabla 5-2 y en los Anexos E.3 y E.4 se muestra un resumen de actividades referente a la participación ciudadana durante la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel.

Tabla 5-2. Participación ciudadana en las etapas de ejecución de la EAT en el área de influencia del PM San Gabriel

| Etapa | Fecha | Participantes hombres | Participantes mujeres | Total |
|---|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| Etapa preliminar Visita de reconocimiento ^(A) | Del 4 al 15 de Febrero de 2018 | 9 | 3 | 12 |



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

| Etapa | Fecha | Participantes hombres | Participantes mujeres | Total |
|---|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| Etapa 1 Coordinación previa con los actores involucrados | Del 5 al 8 de Febrero de 2018 | 9 | 2 | 11 |
| Etapa 2 Convocatoria ^(B) | | 9 | 2 | 11 |
| Etapa 3 Inscripción en los programas de inducción | Del 10 al 12 de Marzo de 2018 | 132 | 60 | 192 |
| Etapa 4 Realización de la inducción | Del 10 al 12 de Marzo de 2018 | 132 | 60 | 192 |
| Etapa 5 Taller para la presentación de la propuesta del plan | Del 10 al 12 de Marzo de 2018 | 132 | 60 | 192 |
| Etapa 6 Ejecución del monitoreo | Del 13 al 25 de marzo de 2018 | 17 | 1 | 18 |
| | Del 15 al 29 de junio de 2018 | 6 | 4 | 10 |
| Etapa 7 Taller para la presentación de resultados ^(C) | - | - | - | - |

- No se cuenta con registro.

(A) Esta etapa no está considerada en el reglamento de Participación Ciudadana, pero fue necesaria para el reconocimiento técnico del área de estudio.

(B) La convocatoria se realizó mediante avisos radiales y escritos.

(C) Actividad pendiente hasta la emisión del informe final.



6. METODOLOGÍA

En esta sección se proporciona la información de la metodología aplicada en la evaluación ambiental en el área de influencia del PM San Gabriel y zonas aledañas. La estructura del presente capítulo está dividida para cada una de las matrices ambientales evaluadas.

6.1 Calidad de agua superficial

La información relacionada con la metodología de toma de muestras de agua superficial, ubicación de los puntos de muestreo, aspectos relacionados al aseguramiento de la calidad y análisis de los resultados obtenidos posterior a la toma de muestras se detallan a continuación.

6.1.1 Guías utilizadas para la evaluación

La metodología aplicada para la colecta de muestras de agua en la evaluación de la calidad de agua superficial (quebradas, bofedales y manantiales⁵) en las quebradas y manantiales de las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire),

5 El Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N.º 29338, en su Título IX. Aguas subterráneas, Capítulo I. Disposiciones generales, artículo 226º define - 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.

Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

Chaclaya y Oyo Oyo se enmarcó en la sección 6 «Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales» del «Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales»⁶, el cual establece los lineamientos generales y criterios técnicos a aplicarse en las actividades de monitoreo de la calidad de agua, logística mínima necesaria, establecimiento de los puntos de muestreo, preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección, seguridad en el trabajo de campo, procedimiento para la toma de muestras, preservación, llenado de la cadena de custodia, almacenamiento, conservación y transporte de muestras, para su posterior análisis por un laboratorio acreditado ante el Instituto Nacional de Calidad⁷ (INACAL).

Las mediciones de caudal fueron realizadas mediante los métodos del correntómetro y volumétrico, para su medición se tomó en consideración los criterios establecidos en las referencias que se detallan en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1. Metodologías para la colecta de muestra y medición de caudal

| Nombre | Año | Sección | Dispositivo legal | Autoridad emisora |
|---|------|----------------|---------------------------------------|---|
| Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales | 2016 | Sección 6.12 | Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA | Autoridad Nacional del Agua (ANA) |
| Manual de hidrometría | 2016 | Todo el manual | -- | Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) |
| Guía de prácticas hidrológicas | 2011 | Capítulo 11 | -- | Organización Meteorológica Mundial (OMM) |

6.1.2 Puntos de muestreo

La ubicación de los puntos de muestreo se estableció previamente en gabinete tomando como referencia los puntos declarados en los IGA del administrado Compañía de Minas Buenaventura S.A.A, los cuales posteriormente fueron validados en la visita de reconocimiento, generando el Informe N.º 143-2018-OEFA/DE-STEC, con fecha de aprobación 16 de abril de 2018. Para la ubicación de los puntos de muestreo, se consideró los siguientes aspectos:

- Ubicación de cuerpos receptores en el área de estudio
- Aguas abajo de los componentes (en proyecto) del administrado
- Cercanía a posibles fuentes de contaminación
- Redes de monitoreo ambiental contemplados en los instrumentos de gestión ambiental del administrado
- Cercanía a centros poblados, caseríos, comunidades que pudieran estar afectados por el proyecto minero
- Entrevistas y observaciones recopiladas durante la visita de reconocimiento al área de estudio

6 Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, aprobado mediante Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA, del 11 de enero de 2016.

7 El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un Organismo Público Técnico Especializado adscrito al Ministerio de la Producción, es el ente rector y máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional para la Calidad. Son competencias del Inacal la normalización, acreditación y metrología, acorde con lo previsto en las normas que regulan las materias respectivas.



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



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

Se realizó 36 puntos de muestreo para evaluar la calidad de agua superficial (quebradas) y 9 puntos para manantiales ubicados dentro del área de influencia del PM San Gabriel, asimismo se consideraron 17 puntos de muestreo de agua superficial en quebradas y 12 en manantiales ubicados fuera del área de influencia del PM San Gabriel. En la Tabla 6-2, se detalla la cantidad de puntos muestreados por cuerpo de agua y mes evaluado.

Tabla 6-2. Distribución de puntos de muestreo de agua superficial

| Microcuenca | Zonas | Cuerpos de agua | Cantidad de puntos | |
|---|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|--------|
| | | | Mar-18 | Jun-18 |
| 1. Microcuenca Agani-Ansamani | Zona Japucucho-Agani 2 | Quebrada Japucucho | 2 | 1 |
| | | Bofedal Agani-2 | 2 | 1 |
| | | Manantial Agani-2 | 1 | 1 |
| | | Quebrada Agani-2 | 2 | 2 |
| | Zona Ceniguillayoc-Quilcata | Manantial Ceniguillayoc | 1 | 1 |
| | | Quebrada Ceniguillayoc | 2 | 2 |
| | | Bofedal Quilcata | 3 | 2 |
| | Zona Jamochini | Manantial Jamochini 2 | 2 | 2 |
| | | Quebrada Jamochini 2 | 4 | 1 |
| | | Quebrada Jamochini | 3 | 3 |
| | Zona Agani-Ansamani | Quebrada Agani | 2 | 2 |
| | | Manantial Agani | 1 | - |
| | | Bofedal Agani | 2 | 2 |
| | | Quebrada Agani (parte alta) | 2 | 1 |
| | | Manantial SN | 1 | 1 |
| | | Bofedal SN | 2 | 2 |
| | | Quebrada Quilcata | 2 | 2 |
| | | Manantial Quilcata | 1 | 1 |
| | | Quebrada Agani | 3 | 3 |
| | | Quebrada Ansamani | 2 | 2 |
| Manantial Llapapampa* | 1 | 1 | | |
| Manantial Tejejo* | 1 | 1 | | |
| 2. Microcuenca Itapallone (Sector Corire) | Zona Atiñayoc | Manantial Atiñayoc | 1 | - |
| | | Quebrada Atiñayoc | 2 | 2 |
| | | Quebrada Cruzana | 1 | 1 |
| | Zona Corire | Quebrada Apacheta* | 4 | 4 |
| | | Manantial Misaorcco* | 1 | - |
| | | Quebrada Misaorco | - | 1 |
| | | Quebrada Katrina* | 1 | 3 |
| | | Manantial Millahuaico* | 1 | 2 |
| | | Quebrada Millahuaico* | 1 | 1 |
| | | Quebrada Corire* | 2 | 2 |
| 3. Microcuenca Chaclaya | Zona Chaclaya | Quebrada Pacolle | 1 | - |
| | | Manantial Jatunpuquio* | 3 | 3 |
| | Quebrada Chaclaya* | 1 | 1 | |
| Zona Llaullacaso | Manantial Japucucho* | 1 | 1 | |
| | Manantial Llaullacaso* | 1 | 1 | |
| 4. Microcuenca Oyo Oyo | Zona Oyo Oyo | Quebrada Llaullacaso* | 1 | 1 |
| | | Manantial Saya* | 1 | 1 |
| | | Quebrada Oyo Oyo* | 1 | 1 |
| | | Quebrada Chalsani* | 1 | 1 |
| | | Manantial Churupata 01* | 2 | 2 |

(*) Puntos de muestreo de agua superficial en quebradas, bofedales y manantiales fuera del área de influencia del área de influencia del PM San Gabriel.

(-) Puntos de muestreo sin presencia de flujo de agua.





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

La ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial (quebradas, bofedales y manantiales), sedimento y comunidades hidrobiológicas, se presentan en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial localizados en el área de influencia del PM San Gabriel y zonas aledañas (fuera del área de influencia)

| Punto de muestreo | Código IGA | Cuerpo de agua | Coordenadas UTM WGS84 – Zona 19K | | Altitud (m s.n.m) | Descripción | Matriz evaluada ¹ | | |
|-----------------------|----------------|------------------------|----------------------------------|-----------|-------------------|--|------------------------------|-----|----|
| | | | Este (m) | Norte (m) | | | AS | SED | HB |
| Quebradas y bofedales | | | | | | | | | |
| QAnsa-01 | SW-AG-60 | Quebrada Ansamani | 326041 | 8213873 | 3692 | Quebrada Ansamani (Agani) aguas arriba de la confluencia con el río Ichuña. | X | X | X |
| QAnsa-02 | - | Quebrada Ansamani | 326572 | 8213820 | 3725 | Quebrada Ansamani (Agani), 200 m aproximadamente aguas arriba de la comunidad Quiroma. | X | X | X |
| QAgan-01A | - | Quebrada Agani 2 | 330475 | 8204954 | 4746 | Ubicado en la parte alta de la quebrada Agani. Quebrada que alimenta al bofedal Agani. | X | NR | X |
| QAgan-01B | SW-AG-10 | Quebrada Agani 2 | 329954 | 8206658 | 4623 | Punto ubicado en la quebrada Agani, a 10 m aproximadamente aguas abajo de la confluencia con la quebrada Agani 2. | X | X | X |
| QAgan-02 | - | Quebrada Agani | 329541 | 8207776 | 4522 | Quebrada Agani, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Ceniguillayoc. | X | X | X |
| QAgan-03 | - | Quebrada Agani | 329508 | 8207857 | 4517 | Quebrada Agani, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Ceniguillayoc. | X | NR | X |
| QAgan-04 | ASG1 | Quebrada Agani | 329613 | 8208971 | 4442 | Quebrada Agani, a 50 m aproximadamente aguas arriba de la confluencia con la quebrada Jamochini. Aguas abajo de la futura presa de agua. | X | X | X |
| QAgan-05 | SW-AG-50 ACH-6 | Quebrada Agani | 329592 | 8209253 | 4447 | Quebrada Agani, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Jamochini, en el área de Quilcata. | X | X | X |
| QAgan-06 | SW-AG-55 | Quebrada Agani | 329270 | 8210066 | 4367 | Quebrada Agani, antes de cambiar de nombre a quebrada Ansamani. | X | X | X |
| QAtiñ-01 | - | Quebrada Atiñayoc | 333537 | 8207921 | 4672 | Quebrada Atiñayoc, aguas abajo de la zona mineralizada Canahuire. 30 m aproximadamente aguas arriba de la confluencia con la quebrada Cruzana. | X | NR | X |
| QCeni-01 | SW-AG-20 | Quebrada Ceniguillayoc | 329512 | 8207063 | 4617 | Quebrada Ceniguillayoc, afluente de la margen izquierda de la quebrada Agani. | X | X | X |



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

| Punto de muestreo | Código IGA | Cuerpo de agua | Coordenadas UTM WGS84 – Zona 19K | | Altitud (m s.n.m) | Descripción | Matriz evaluada ¹ | | |
|-------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------------|-----------|-------------------|--|------------------------------|-----|----|
| | | | Este (m) | Norte (m) | | | AS | SED | HB |
| QCeni-02 | - | Quebrada Ceniguillayoc | 329494 | 8207800 | 4500 | Quebrada Ceniguillayoc, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Agani. | X | X | X |
| QCruz-01 | | Quebrada Cruzana | 333537 | 8207959 | 4663 | Quebrada Cruzana, 30 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Atiñayoc | X | X | X |
| QJamo-01 | SW-AG-40 SWQ-CH-08 | Quebrada Jamochini | 330196 | 8208380 | 4588 | Punto ubicado en la quebrada Jamochini, afluente de la margen derecha de la quebrada Agani. Aguas abajo de la futura relavera del PM San Gabriel. | X | X | X |
| QJamo-02 | ACH-7 | Quebrada Jamochini | 329925 | 8208733 | 4517 | Punto ubicado en la quebrada Jamochini, afluente de la margen derecha de la quebrada Agani. Aguas abajo de la futura área de operación del PM San Gabriel. | X | X | X |
| QJamo2-01A | - | Quebrada Jamochini 2 | 331728 | 8208824 | 4742 | Naciente (margen derecha) de la quebrada Jamochini 2 aguas abajo de la futura cantera C. | X | X | X |
| QJamo2-01B | - | Quebrada Jamochini 2 | 331647 | 8208815 | 4737 | Naciente (margen izquierda) de la quebrada Jamochini 2 aguas abajo de la futura cantera C. | X | X | X |
| QJamo2-01C | - | Quebrada Jamochini 2 | 331591 | 8208839 | 4725 | Quebrada Jamochini 2. Aproximadamente a 20 m aguas abajo de la confluencia de las nacientes de esta quebrada. | X | X | X |
| QJamo2-02 | - | Quebrada Jamochini 2 | 329945 | 8208889 | 4500 | Quebrada Jamochini 2, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Jamochini. | X | X | X |
| QJamo-03 | - | Quebrada Jamochini | 329696 | 8209054 | 4445 | Quebrada Jamochini, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Jamochini. | X | NR | X |
| QJapu-01 | - | Quebrada Japucucho | 331468 | 8206450 | 4751 | Naciente de la quebrada Japucucho (margen derecha), parte alta de la zona de Sorapampa, aguas arriba del campamento Agani del PM San Gabriel. | X | NR | X |
| QJapu-02 | - | Quebrada Japucucho | 331458 | 8206279 | 4750 | Naciente de la quebrada Japucucho (margen izquierda), parte alta de la zona de Sorapampa, aguas arriba del campamento Agani del PM San Gabriel. | X | NR | X |





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

| Punto de muestreo | Código IGA | Cuerpo de agua | Coordenadas UTM WGS84 – Zona 19K | | Altitud (m s.n.m) | Descripción | Matriz evaluada ¹ | | |
|-------------------|----------------|-------------------|----------------------------------|-----------|-------------------|--|------------------------------|-----|----|
| | | | Este (m) | Norte (m) | | | AS | SED | HB |
| QPach-02 | SW-AG-08 | Quebrada Agani | 330271 | 8206362 | 4653 | Quebrada Agani 2 aguas abajo de las futuras canteras N° 1 y B | X | X | X |
| QPach-04 | - | Quebrada Agani | 330029 | 8206588 | 4614 | Ubicado en la quebrada Agani 2, a 50 m aproximadamente del punto de monitoreo SW-AG-08. Aguas abajo del campamento Agani del PM San Gabriel. | X | X | X |
| QPaco-01 | - | Quebrada Pacolle | 332615 | 8210122 | 4341 | Quebrada Pacolle, 50 m aproximadamente aguas arriba de la confluencia con la quebrada Quellocaca. | X | NR | X |
| QQuil-01 | SW-AG-25 | Quebrada Quilcata | 329363 | 8207888 | 4527 | Quebrada Quilcata, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Agani. | X | NR | X |
| QQuil-02 | SW-AG-30 ACH-1 | Quebrada Quilcata | 329472 | 8208064 | 4511 | Quebrada Quilcata, aguas abajo de la confluencia con las quebradas Ceniguillayoc y Agani. | X | NR | X |
| HAgan-01 | - | Quebrada Agani 2 | 330206 | 8205912 | 4670 | Ubicado en la parte media del bofedal Agani. | X | NR | X |
| HAgan-03 | - | Quebrada Agani 2 | 329951 | 8206616 | 4624 | Ubicado a 30 m aproximadamente de la confluencia con la quebrada Agani. Zona de descarga del bofedal Agani. | X | NR | X |
| HPacha-01 | - | Quebrada Agani | 331112 | 8206405 | 4723 | Punto ubicado en la parte alta del bofedal Agani 2, alimentado por la quebrada Japucucho | X | NR | X |
| HPacha-03 | - | Quebrada Agani | 330510 | 8206355 | 4679 | Punto ubicado en la parte baja del bofedal Agani 2. | X | NR | X |
| HQuil-01 | - | Quebrada Quilcata | 328798 | 8208142 | 4640 | Punto ubicado en la parte alta del bofedal Quilcata, en la margen izquierda de la quebrada Agani. | X | NR | X |
| HQuil-02 | - | Quebrada Quilcata | 329430 | 8208171 | 4513 | Ubicado en el punto de descarga del bofedal Quilcata, aproximadamente a 670 m del punto HQuil-01. | X | NE | X |
| HQuil-03 | - | Quebrada Quilcata | 329276 | 8207924 | 4557 | Punto ubicado en la parte alta del bofedal Quilcata, en la margen izquierda de la quebrada Agani. | X | NE | X |
| QSN-01 | MG-AG-35 | Quebrada SN | 329585 | 8207813 | 4559 | Punto de descarga del bofedal S/N ubicado en la margen derecha de la quebrada Agani. | X | NE | X |
| HSN-01 | - | Quebrada SN | 330015 | 8207528 | 4627 | Punto ubicado en la parte media del bofedal S/N, en la | X | NE | X |



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

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

| Punto de muestreo | Código IGA | Cuerpo de agua | Coordenadas UTM WGS84 – Zona 19K | | Altitud (m s.n.m) | Descripción | Matriz evaluada ¹ | | |
|--|------------------|-------------------------|----------------------------------|-----------|-------------------|--|------------------------------|-----|----|
| | | | Este (m) | Norte (m) | | | AS | SED | HB |
| | | | | | | margen derecha de la quebrada Agani. | | | |
| Manantiales | | | | | | | | | |
| FAgan-01 | S-03 (MA-Ag-05) | Manantial Agani | 330363 | 8205125 | 4737 | Manantial Agani, considerado en la línea base del administrado. Parte alta del bofedal Agani. | X | NE | NE |
| FAgan-02 | - | Manantial Agani | 330161 | 8207363 | 4639 | Parte alta de la microcuenca Agani-Ansamani, en la margen derecha de la quebrada Agani. | X | NE | NE |
| FAtiñ-01 | S-24 (MA-IT-20) | Manantial Atiñayoc | 333390 | 8207823 | 4694 | Parte alta de la quebrada Itallapone, en la quebrada tributaria a la quebrada Atiñayoc. | X | NE | NE |
| FCeni-02 | S-06 (MA-AG-120) | Manantial Ceniguillayoc | 329261 | 8206993 | 4696 | Parte alta de la microcuenca Agani-Ansamani, en la margen izquierda de la quebrada Ceniguillayoc. | X | NE | NE |
| FJamo2-01 | S-14(MA-AG-80) | Manantial Jamochini 2 | 330023 | 8208871 | 4518 | Ubicado en la parte media de la microcuenca Agani-Ansamani, en la margen derecha de la quebrada Jamochini 2. | X | NE | NE |
| FJamo2-01A | - | Manantial Jamochini 2 | 332217 | 8208711 | 4818 | Manantial Jamochini, ubicado en la parte alta de la quebrada Jamochini 2. | X | NE | NE |
| FJatu-01* | - | Manantial Jatunpuquio | 332764 | 8210497 | 4268 | Manantial Jatunpuquio, captado para el consumo humano de la comunidad de San Juan de Miraflores. | X | NE | NE |
| FPach-01 | - | Manantial Agani | 331018 | 8206635 | 4742 | Manantial ubicado en la margen derecha de la parte media del bofedal Agani 2. | X | NE | NE |
| FQuil-01 | S-22 (MA-AG-47) | Manantial Quilcata | 329491 | 8208350 | 4493 | Parte media de la microcuenca Agani-Ansamani, en la margen derecha de la quebrada Agani. | X | NE | NE |
| Puntos de muestreo ubicados fuera del área de influencia del PM San Gabriel | | | | | | | | | |
| Quebradas | | | | | | | | | |
| QApac-01 | SW-IT-40 | Quebrada Apacheta | 333583 | 8206215 | 4815 | Parte alta de la quebrada Apacheta (naciente de quebrada), presencia de nevada. | X | NR | X |
| QApac-01A | - | Quebrada Apacheta | 333494 | 8206636 | 4757 | Quebrada Apacheta a 200 m aproximadamente aguas arriba de la confluencia con la quebrada Misaorco. | X | NR | NR |
| QApac-02 | SW-IT-50 ACH-4 | Quebrada Apacheta | 333821 | 8207776 | 4609 | Quebrada Apacheta (Carapascana), aguas arriba de la confluencia | X | X | X |





 P.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

| Punto de muestreo | Código IGA | Cuerpo de agua | Coordenadas UTM WGS84 – Zona 19K | | Altitud (m s.n.m) | Descripción | Matriz evaluada ¹ | | |
|--------------------|------------|-------------------------|----------------------------------|-----------|-------------------|--|------------------------------|-----|----|
| | | | Este (m) | Norte (m) | | | AS | SED | HB |
| QMill-01 | SW-IT-75 | Quebrada Millahuaico | 334843 | 8208253 | 4516 | Quebrada Millahuaico, punto ubicado en la zona mineralizada Chucapaca. Aguas arriba de la confluencia con la quebrada Apacheta. | X | X | X |
| QMisa-01 | - | Quebrada Misaorco | 333527 | 8206964 | 4743 | Ubicado en la margen izquierda de la quebrada Apacheta, punto ubicado a aproximadamente 20 m antes de la confluencia con la quebrada Apacheta. | X | NR | X |
| QOyoo-01 | - | Quebrada. Oyo Oyo | 330848 | 8211532 | 4188 | Ubicado aguas abajo de la confluencia de 3 manantiales de la parte alta de la quebrada Oyo Oyo. | X | NR | X |
| Manantiales | | | | | | | | | |
| FChur-01* | - | Manantial Churupata | 331045 | 8212216 | 3879 | Manantial captado Churupata, parte media de la microcuenca Oyo Oyo, uso poblacional de la comunidad Oyo Oyo. | X | NR | NR |
| FChur-02* | MA-OY-42 | Manantial Churupata 2 | 331079 | 8212552 | 3903 | Manantial captado Churupata, parte baja de la microcuenca Oyo Oyo, en la margen izquierda de la quebrada Oyo Oyo, uso poblacional de la comunidad Oyo Oyo. | X | NR | NR |
| FJapu-01 | - | Manantial Japu | 331654 | 8210788 | 4404 | Manantial Japu, ubicado en la parte alta de la quebrada Llaullacaso. | X | NR | NR |
| FJatu-02 | - | Manantial Jatunpuquio-2 | 332784 | 8210954 | 4184 | Manantial Jatunpuquio (uso agrícola de la comunidad San Juan de Miraflores) ubicado en la parte media de microcuenca Chaclaya. | X | NR | NR |
| FJatu-03 | - | Manantial Jatunpuquio-3 | 332803 | 8211082 | 4161 | Manantial Jatunpuquio, ubicado en la parte media de microcuenca Chaclaya, uso agrícola de la comunidad San Juan de Miraflores. | X | NR | NR |
| FLlah-01* | - | Manantial Llaullacaso | 331930 | 8211980 | 4030 | Antiguo Manantial Llaullacaso (actualmente abandonado), captado para uso de consumo de la comunidad San Juan de Miraflores. | X | NR | NR |
| FLlap-01 | - | Manantial Llapapampa | 330165 | 8210355 | 4510 | Manantial Llapapampa (polisurgente), alimenta al bofedal Llapapampa. | X | NR | NR |



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

| Punto de muestreo | Código IGA | Cuerpo de agua | Coordenadas UTM WGS84 – Zona 19K | | Altitud (m s.n.m) | Descripción | Matriz evaluada ¹ | | |
|-------------------|-----------------|-------------------------|----------------------------------|-----------|-------------------|--|------------------------------|-----|----|
| | | | Este (m) | Norte (m) | | | AS | SED | HB |
| FMill-01 | S-34 (MA-IT-45) | Manantial Millahuaico | 334597 | 8207107 | 4710 | Parte alta de la microcuenca Itallapone, en la margen derecha de la quebrada Carapascana. | X | NR | NR |
| FMill-01A | - | Manantial Millahuaico | 334516 | 8207000 | 4718 | Manantial ubicado en la naciente de la quebrada Millahuaico 100 m aproximadamente aguas arriba del punto de muestreo FMill-01. | X | NR | NR |
| FMisa-01 | MA-IT-30 | Manantial Misaorcco | 333289 | 8206952 | 4802 | Parte alta de la quebrada Itapallone, hacia la parte izquierda de la quebrada Atiñayoc. | X | NR | NR |
| FSaya-01 | MA-OY-25 | Manantial Sayacmachay y | 330845 | 8211482 | 4232 | Manantial Sayacmachay, ubicado en la parte media de la microcuenca Oyo Oyo hacia la margen derecha de la quebrada Oyo Oyo. | X | NR | NR |
| FTeje-02 | - | Manantial Tejejo | 328910 | 8210609 | 4180 | Manantial Tejejo 2, parte media de quebrada Agani, ubicado en la margen derecha de la quebrada Agani. | X | NR | NR |

NE: No Evaluado para la matriz.

¹En las matrices de sedimentos y comunidades hidrobiológicas, el prefijo «SED» se utilizó para las muestras de sedimentos y «HB» se utilizó para las muestras de hidrobiología.

(*) Manantiales captados para consumo humano.

6.1.3 Parámetros y métodos de análisis

Para la selección de los parámetros correspondientes a la evaluación de calidad de agua superficial se priorizó en aquellos relacionados con las actividades de explotación y/o beneficio de yacimientos mineros polimetálicos, así como parámetros adicionales que permitiesen una correcta interpretación de los resultados. De igual manera, otro criterio de priorización fue tomar en consideración los parámetros contemplados para las categorías correspondientes a los cuerpos de agua ubicados en el área de influencia del PM San Gabriel.

Para la calidad de agua superficial en todos los puntos de muestreo se analizarán *in situ* los parámetros de campo temperatura, potencial hidrógeno (pH), conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, turbidez y caudal. En ese sentido, la Tabla 6-4 presenta los parámetros y métodos de ensayo considerados a analizar para agua superficial, a través de un laboratorio acreditado por el INACAL.

Tabla 6-4. Parámetros y metodologías utilizados en la evaluación ambiental temprana del PM San Gabriel

| Parámetros | Metodología | Laboratorio acreditado |
|--|---------------------------------|------------------------|
| Metales totales por ICP-MS + mercurio (Hg) | EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 | ALS LS PERU S.A.C. |
| Metales disueltos por ICP-MS + mercurio (Hg) | EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 | |



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

| Parámetros | Metodología | Laboratorio acreditado |
|-----------------------------------|---|------------------------|
| Cromo VI | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500-Cr B, 22nd Ed. 2012 | |
| Cianuro total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN- C, E. 22nd Ed. 2012 | |
| Sulfatos | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SO4(2-) E, 23rd Ed. | |
| Cloruros | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl- B, 23rd Ed. | |
| Carbonatos | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012 | |
| Bicarbonatos | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012 | |
| Nitrógeno total | ISO 29441 (Validado), 1st. Ed. | |
| Fósforo total | ISO 15681-2 (Validado), 1st. Ed. | |
| Sólidos totales disueltos (STD) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 22nd Ed. 2012 | |
| Sólidos totales suspendidos (STS) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012 | |

Fuente: Informe de Ensayo N.º 25782/2018 ALS Perú S.A.C.

EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, SMEWW: Estándar Métodos para la Examinación de Agua y Agua Residuales, APHA-AWA-WEF: Asociación Americana de Trabajos en Agua-Salud Pública Americana-Federación Ambiental.

6.1.4 Equipos utilizados

Antes de iniciar con el desarrollo del monitoreo se prepararon los materiales y equipos necesarios acorde al plan de trabajo a cubrir. Los equipos utilizados, certificados de calibración, registros de verificación y herramientas para la evaluación ambiental se muestran en los reportes de campo en el Anexo B.



6.1.5 Aseguramiento de la calidad

Para garantizar la representatividad de los resultados, se realizó como control de calidad la toma de muestras duplicadas, blancos viajeros y blancos de campo, acorde a lo indicado en el protocolo citado en la Tabla 6-1. Antes de salir a campo, se definió la ubicación de estos controles.

6.1.6 Colección de la muestra

En la toma de muestras inorgánicas se utilizó frascos de plástico; previo a la toma de muestra, los frascos fueron enjuagados tres veces con el agua a ser colectada. Luego, se adicionó preservante solo para aquellos parámetros que lo requerían de acuerdo con el requerimiento del laboratorio contratado. Finalmente, todas las muestras fueron almacenadas en *coolers* (cajas térmicas) y conservadas con *ice-packs* (hielo gel) para trasladarlas al laboratorio respectivo, junto con las cadenas de custodia, según el protocolo citado en la Tabla 6-1.

Los caudales de los ríos y quebradas fueron estimados utilizando un medidor de velocidad de flujo (correntómetro) para determinar la velocidad superficial del agua y midiendo la sección transversal del curso, según el protocolo citado en la Tabla 6-1.

En los casos de cursos pequeños y poco profundos, se utilizó el método volumétrico. Los resultados de las mediciones para el cálculo de caudales se incluyen en las hojas de registro de datos de campo de calidad de agua del Anexo B.

Vertical list of handwritten initials and marks on the left margin.



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

6.1.7 Criterios de comparación

Las microcuencas Agani-Ansamani, Oyo Oyo, Chaclaya e Itapallone (sector Corire) tributan al río Ichuña, el cual se encuentra clasificado en la categoría 3, «riego de vegetales y bebida de animales», de acuerdo con la «Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales» de la ANA, por lo que, se consideraron en la misma categoría de acuerdo a la tercera disposición complementaria transitoria del Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM⁸ que aprueba los ECA para agua.

Los resultados de análisis obtenidos del monitoreo de calidad de agua superficial (quebradas, bofedales, y manantiales) fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua categoría 3, subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo bajo y alto y subcategoría D2: Bebida de animales del año 2015⁹, de acuerdo con el IGA¹⁰ y de manera referencial con los ECA agua categoría 3 del 2017.

Únicamente los manantiales captados para consumo humano (FChur-01, FChur-02, FJatu-01 y FLlah-01) se compararon referencialmente con los ECA para agua de la categoría 1: Poblacional y recreacional, subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (2017).

La normativa vigente para comparación de los resultados de agua superficial es el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM (ECA 2017), dado que los cuerpos de agua del estudio tributan al río Ichuña, el cual se encuentra en la categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales), según la clasificación de la Autoridad Nacional del Agua: «Clasificación de los cuerpos de aguas continentales» y de acuerdo a la tercera disposición complementaria transitoria del Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM¹¹ estos cuerpos de agua fueron considerados en la misma categoría.

En la Tabla 6-5, se presenta los valores de los ECA para agua para categoría 3 aprobados por Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM y Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, donde se observa que para los parámetros evaluados los valores establecidos son los mismos en ambas normativas. En ese sentido se realizó solo una comparación ya que aplica para los ECA agua del IGA y los ECA de la normativa vigente.

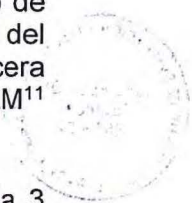
- 8 Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación, del 6 de junio de 2017.
- 9 Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación, del 19 de diciembre de 2015.
- 10 Estudio de impacto ambiental detallado del proyecto de explotación minera San Gabriel, aprobado con Resolución Directoral N.º 099-2017-MEM/DGAAM.

11 Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Disposiciones Complementarias Transitorias (...)

Tercera- De la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados
En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a u determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha Autoridad.



Handwritten signature and initials on the left margin, including 'A', 'P', 'D', 'R', 'S.M.P.B.'





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

Tabla 6-5. ECA para agua D.S. N.° 015-2015-MINAM y D.S. N.° 004-2017-MINAM categorías 1 y 3

| Parámetros | Unidad | Ríos, quebradas y manantiales | | | | | |
|-----------------------------|--------------|---|---|----------------------------------|---|------------------------------|------------------------------|
| | | D.S. N.° 015-2015-MINAM | | | D.S. N.° 004-2017-MINAM | | |
| | | Categoría 1 | Categoría 3 | | Categoría 1 | Categoría 3 | |
| | | A1: Potabilizadas con desinfección | D1: Riego de cultivo de tallo alto y bajo | D2: Bebidas de animales | A1: Potabilizadas con desinfección | D1: Riego de vegetales | D2: Bebida de animales |
| 2015 | 2015 | 2015 | 2017 | 2017 | 2017 | | |
| FISICO-QUÍMICOS | | | | | | | |
| Potencial de hidrógeno (pH) | Unidad de pH | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,4 | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,4 |
| Temperatura | °C | Δ3 | Δ3 | Δ3 | Δ3 | Δ3 | Δ3 |
| Oxígeno disuelto | mg/L | ≥6 | ≥4 | ≥5 | ≥6 | ≥4 | ≥5 |
| Conductividad | μS/cm | 1500 | 2500 | 5000 | 1500 | 2500 | 5000 |
| Turbiedad | NTU | 5 | --- | --- | 5 | --- | --- |
| Bicarbonatos | mg/L | --- | 518 | --- | --- | 518 | --- |
| Carbonatos | mg/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Calcio | mg/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Cloruros | mg/L | 250 | 500 | --- | 250 | 500 | --- |
| Nitratos | mg/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nitrógeno total | mg/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Cianuro wad | mg/L | --- | 0,1 | 0,1 | --- | 0,1 | 0,1 |
| Sodio | mg/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Sulfuros | mg/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Sulfatos | mg/L | 250 | 1000 | 1000 | 250 | 1000 | 1000 |
| Fósforo total | mg/L | 0,1 | --- | --- | 0,1 | --- | --- |
| Sólidos totales disueltos | mg/L | 1000 | --- | --- | 1000 | --- | --- |
| Sólidos totales suspendidos | mg/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| INORGÁNICOS | | | | | | | |
| Aluminio | mg/L | 0,9 | 5 | 5 | 0,9 | 5 | 5 |
| Antimonio | mg/L | 0,02 | --- | --- | 0,02 | --- | --- |
| Arsénico | mg/L | 0,01 | 0,1 | 0,2 | 0,01 | 0,1 | 0,2 |
| Bario | mg/L | 0,7 | 0,7 | --- | 0,7 | 0,7 | --- |
| Berilio | mg/L | 0,012 | 0,1 | 0,1 | 0,012 | 0,1 | 0,1 |
| Boro | mg/L | 2,4 | 1 | 5 | 2,4 | 1 | 5 |
| Cadmio | mg/L | 0,003 | 0,01 | 0,05 | 0,003 | 0,01 | 0,05 |
| Cadmio disuelto | mg/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Cobre | mg/L | 2 | 0,2 | 0,5 | 2 | 0,2 | 0,5 |
| Cobalto | mg/L | --- | 0,05 | 1 | --- | 0,05 | 1 |
| Cromo hexavalente | mg/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Cromo total | mg/L | 0,05 | 0,1 | 1 | 0,05 | 0,1 | 1 |
| Hierro | mg/L | 0,3 | 5 | --- | 0,3 | 5 | --- |
| Litio | mg/L | -- | 2,5 | 2,5 | -- | 2,5 | 2,5 |





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

| Parámetros | Unidad | Ríos, quebradas y manantiales | | | | | |
|------------|--------|---|---|----------------------------------|---|------------------------------|------------------------------|
| | | D.S. N.° 015-2015-MINAM | | | D.S. N.° 004-2017-MINAM | | |
| | | Categoría 1 | Categoría 3 | | Categoría 1 | Categoría 3 | |
| | | A1: Potabilizadas con desinfección | D1: Riego de cultivo de tallo alto y bajo | D2: Bebidas de animales | A1: Potabilizadas con desinfección | D1: Riego de vegetales | D2: Bebida de animales |
| | 2015 | 2015 | 2015 | 2017 | 2017 | 2017 | |
| Magnesio | mg/L | -- | -- | 250 | -- | -- | 250 |
| Manganeso | mg/L | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 0,2 |
| Mercurio | mg/L | 0,001 | 0,001 | 0,01 | 0,001 | 0,001 | 0,01 |
| Níquel | mg/L | 0,07 | 0,2 | 1 | 0,07 | 0,2 | 1 |
| Plata | mg/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Plomo | mg/L | 0,01 | 0,05 | 0,05 | 0,01 | 0,05 | 0,05 |
| Selenio | mg/L | 0,04 | 0,02 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,05 |
| Talio | mg/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Zinc | mg/L | 3 | 2 | 24 | 3 | 2 | 24 |

Fuente: Decreto Supremo N.° 015-2015-MINAM y Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM.

---: Valores no contemplados en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

*Norma aplicada solo a manantiales utilizados para consumo humano.

6.2 Calidad de agua subterránea

A continuación, se proporciona la información relacionada con la metodología de toma de muestras de agua subterránea y aspectos relacionados con el análisis de los resultados obtenidos posterior a dicha toma de muestras.

6.2.1 Guías utilizadas para la evaluación

Debido a que no se cuenta con un protocolo nacional para el monitoreo y evaluación de agua subterránea, se utilizó las referencias indicadas en la Tabla 6-6.

Tabla 6-6. Referencias normativas para evaluación de la calidad del agua subterránea

| Referencia | País | Institución | Año | Sección |
|--|----------------|--|------|------------------------|
| Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados muestreo de aguas subterráneas | Perú | Ministerio del Ambiente (MINAM) | 2016 | Parte 2 |
| National Field Manual for the Collection of Water-Quality Data (NFM). Book 9 | Estados Unidos | U.S. Geological Survey | 2015 | Capítulos del A1 al A6 |
| Guía para la toma, conservación y transporte de muestras de agua subterránea. Versión 1. | Uruguay | Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) | 2004 | Toda la guía |

6.2.2 Puntos de muestreo

Los puntos de muestreo de agua subterránea ubicados en la microcuenca Agani-Ansamani fueron tomados referencialmente de los puntos declarados en los IGA del administrado Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.¹², y complementados con puntos establecidos en gabinete y validados mediante una visita de reconocimiento

¹² Estudio de impacto ambiental detallado del proyecto de explotación minera San Gabriel, aprobado con Resolución Directoral N.° 099-2017-MEM/DGAAM.



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

realizada del 5 al 14 de febrero del 2018 (Tabla 6-7), tomando en consideración algunos criterios técnicos, como los que se detallan a continuación:

- Ubicación de cuerpos receptores en el área de estudio
- Aguas abajo de los componentes (en proyecto) del administrado
- Cercanía a posibles fuentes de contaminación
- Redes de monitoreo ambiental contemplados en los instrumentos de gestión ambiental del administrado

Tabla 6-7. Distribución de puntos de muestreo de agua subterránea

| Microcuenca | Zonas | Cuerpos de agua | Cantidad de puntos | | Referencia |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------|------------|
| | | | Mar-18 | Jun-18 | |
| 1. Microcuenca Agani-Ansamani | Zona 1a: Quebrada Agani | Quebrada Agani | 1 | 1 | Anexo B |
| | | Quebrada Quilcata | 1 | - | |
| | | Quebrada Jamochini | 3 | 2 | |

De acuerdo con lo mencionado líneas arriba se realizaron 5 puntos de muestreo para agua subterránea los cuales se detallan en la Tabla 6-8.

Tabla 6-8. Ubicación de los puntos de muestreo de agua subterránea en el área de influencia del PM San Gabriel

| Código OEFA | Código IGA | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19K | | Altitud (m s.n.m.) | Descripción |
|-------------|------------|-----------------------------------|-----------|--------------------|---|
| | | Este (m) | Norte (m) | | |
| PZ-01* | CCP10-217 | 332321 | 8208347 | 4877 | Piezómetro ubicado en la parte alta de la quebrada Jamochini, aguas arriba de la futura calicata 2A. |
| PZ-07 | GW-CH-09 | 331736 | 8208040 | 4787 | Piezómetro ubicado aguas abajo de la rampa principal del PM San Gabriel. |
| PZ-02* | CCP10-215 | 331800 | 8207735 | 4831 | Piezómetro ubicado en la parte alta de la quebrada Jamochini. Aguas abajo de la futura cantera C2-II. |
| PZ-04* | AMP-02 | 329440 | 8208104 | 4497 | Piezómetro ubicado aguas arriba de la futura represa de agua. |
| PZ-06* | CCP12-451 | 329411 | 8209826 | 4374 | Piezómetro ubicado en la parte media alta de la quebrada Agani, aguas abajo de la confluencia de la quebrada Agani con la quebrada Jamochini. |

*Punto de muestreo ubicado tomando como referencia el Estudio de impacto ambiental detallado del proyecto de explotación minera San Gabriel, aprobado con Resolución Directoral N.° 099-2017-MEM/DGAAM.

6.2.3 Parámetros y métodos de análisis

En la selección de los parámetros correspondientes a la evaluación de calidad de agua subterránea se priorizó aquellos que estén relacionados con las actividades de explotación y/o beneficio de yacimientos mineros polimetálicos, así como parámetros adicionales que permitiesen una correcta interpretación de los resultados.

En todos los puntos de muestreo de agua subterránea se analizarán *in situ* los parámetros de campo como temperatura, potencial hidrógeno (pH), conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y turbidez.

La Tabla 6-9 presenta los parámetros inorgánicos analizados en el agua subterránea, a través de un laboratorio acreditado por el INACAL.

Tabla 6-9. Parámetros y metodologías de los análisis de agua subterránea

| Parámetros | Metodología | Laboratorio |
|--|---------------------------------|--------------------|
| Metales Totales por ICP-MS + mercurio (Hg) | EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 | ALS LS PERU S.A.C. |
| Metales Disueltos por ICP-MS + mercurio (Hg) | EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 | |



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



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

| Parámetros | Metodología | Laboratorio |
|-----------------------------------|---|-------------|
| Cromo VI | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500-Cr B, 22nd Ed. 2012 | |
| Cianuro total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN- C, E. 22nd Ed. 2012 | |
| Sulfatos | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SO4(2-) E, 23rd Ed. | |
| Cloruros | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl- B, 23rd Ed. | |
| Carbonatos | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012 | |
| Bicarbonatos | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012 | |
| Sólidos Totales Disueltos (STD) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 22nd Ed. 2012 | |
| Sólidos Totales Suspendidos (STS) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012 | |

Fuente: Informe de ensayo del laboratorio N.º 15309/2018 ALS LS PERU S.A.C.

EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos; SMEWW: Estándar Métodos para la Examinación de Agua y Aguas Residuales; APHA-AWWA-WEF: Asociación Americana de Trabajos en Agua-Salud Pública Americana-Federación Ambiental.

6.2.4 Equipos utilizados

Antes de iniciar con el desarrollo del monitoreo se realizó la preparación de materiales y equipos necesarios acorde al plan de trabajo. Entre los materiales que se prepararon fueron: frascos de plástico, guantes de nitrilo, reactivos de preservación, baldes de polipropileno transparente de 20 litros, jarras de polipropileno transparente de 1 litro, cajas de papel indicador de pH, *bailers* y cintas de embalaje de 2" x 73 m, mientras que los equipos usados fueron medidor de nivel freático, multiparámetros y turbidímetros, ambos verificados antes de realizar las mediciones con el respectivo registro de verificación operacional, bombas de vacío para el filtrado de muestras de agua del análisis de metales disueltos, y GPS para georreferenciar los puntos de muestreo. Por cada punto de muestreo, se procedió a tomar la muestra con los EPP adecuados (Anexo B).

6.2.5 Aseguramiento de la calidad

Se realizó como aseguramiento de la calidad la toma de muestras duplicadas, blancos viajeros y blancos de campo, acorde a lo indicado en el protocolo citado en la Tabla 6-6. Antes de salir a campo, se definió la ubicación de estos controles.

6.2.6 Colección de la muestra

Para la toma de muestra se utilizó *bailers* descartables por cada punto de muestreo, considerándose para ello los protocolos y guías indicadas en la Tabla 6-6. La muestra se colectó en frascos de plástico, los cuales fueron enjuagados tres veces con el agua a ser colectada. Luego, se adicionó preservante solo para aquellos parámetros que lo requerían, según las indicaciones del laboratorio contratado. Finalmente, todas las muestras fueron almacenadas en *coolers* (cajas térmicas) y conservadas con *ice-packs* (hielo gel) para trasladarlas al laboratorio respectivo, junto con las cadenas de custodia.

Posteriormente, se continuó con la toma de muestra de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos en los monitoreos de evaluación de ambas temporadas (avenida y estiaje).

6.2.7 Criterios de comparación

Los resultados obtenidos del monitoreo de calidad de agua subterránea fueron comparados referencialmente con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental



Vertical handwritten signature and stamp area on the left margin.



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

(ECA) para agua¹³ categoría 3, subcategoría D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo y subcategoría D2: Bebida de animales según indica el IGA del administrado¹⁴ y referencialmente con los valores de los ECA para agua vigente¹⁵ categoría 3 D1: Riego de vegetales y D2: Bebida de animales (Tabla 6-5).

Dado que los parámetros físico-químicos e inorgánicos evaluados en la EAT del PM San Gabriel, no presentan variación en los valores de las concentraciones para los ECA agua, D.S. N.º 015-2015-MINAM y D.S. N.º 004-2017-MINAM; se realizó un solo análisis.

6.3 Calidad de sedimento

A continuación, se proporciona la información relacionada con la metodología desarrollada para la evaluación de la calidad del sedimento y aspectos relacionados con el análisis de los resultados obtenidos posterior a dicha toma de muestras.

6.3.1 Guías utilizadas para la evaluación

Se utilizó, a modo referencial, el manual técnico Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimentos para análisis químicos y toxicológicos de la Agencia para la Protección Ambiental de Estados Unidos (*Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: technical manual, 2001*) y el Procedimiento Operativo Estándar del Muestreo de sedimentos de la Agencia para la Protección Ambiental de Estados Unidos (*Sediment Sampling, Standard Operating Procedure-SOP, 2016*)¹⁶, detallados en la Tabla 6-10.

Tabla 6-10. Referencias para el muestreo de la calidad de sedimento

| Protocolo | Institución | País | Sección | Sección |
|--|-------------------------------------|----------------|---------|---------|
| 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>) | Agencia de Protección Ambiental EPA | Estados Unidos | Todo | 2001 |
| Procedimiento de Operación Estándar-Standard Operating Procedure (SOP). #2016, Muestreo de Sedimento, de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. | | | | 2003 |

6.3.2 Puntos de muestreo

La ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos en las quebradas de las microcuencas Agani-Ansamani e Itapallone (sector Corire) se establecieron en los mismos puntos y en las mismas fechas de muestreo de calidad de agua superficial (quebradas). En la Tabla 6-11 se muestra la cantidad de puntos de muestreo por fecha y asociados a un cuerpo de agua.

- 13 Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación, del 19 de diciembre de 2015.
- 14 Estudio de impacto ambiental detallado del proyecto de explotación minera San Gabriel, aprobado con Resolución Directoral N.º 099-2017-MEM/DGAAM.
- 15 Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación, del 6 de junio de 2017.
- 16 Environmental Protection Agency (EPA). Standard Operating Procedure-SOP #2016, Sediment Sampling https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/r8-src_ah-02.pdf.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

Tabla 6-11. Distribución de los puntos de muestreo de calidad de sedimento en el área de influencia del PM San Gabriel

| Microcuenca | Zonas | Cuerpos de agua | Cantidad de puntos | |
|----------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|--------|
| | | | Mar-18 | Jun-18 |
| Microcuenca Agani-Ansamani | Zona Japucucho-Agani 2 | Quebrada Agani 2 | 1 | 1 |
| | Zona Ceniguillayoc-Quilcata | Quebrada Ceniguillayoc | 2 | - |
| | Zona Jamochini | Quebrada Jamochini 2 | 3 | 1 |
| | | Quebrada Jamochini | 3 | 3 |
| Zona Agani-Ansamani | Quebrada Agani-Ansamani | 5 | 5 | |
| Microcuenca Itapallone | Zona Atiñayoc | Quebrada Cruzana | 1 | 1 |
| | Zona Apacheta-Corire | Quebrada Atiñayoc | 1 | 1 |
| | | Quebrada Apacheta* | 3 | 2 |
| | | Quebrada Katrina* | 1 | - |
| | | Quebrada Millahuaico* | 1 | 1 |
| | | Quebrada Corire* | 2 | 2 |

(*) Puntos de muestreo de sedimentos fuera del área de influencia del área de influencia del PM San Gabriel.
(-) Puntos de muestreo sin presencia de sedimentos ni flujo de agua.

Las descripciones de la ubicación de los puntos de muestreo de calidad de sedimento se presentan en la Tabla 6-3.

6.3.3 Parámetros y métodos de análisis

De los parámetros a analizar se consideró el análisis de los metales totales incluidos el mercurio evaluados en dos ejecuciones (marzo y junio 2018). En la Tabla 6-12, se presentan parámetros y métodos de análisis.

Tabla 6-12. Parámetros evaluados y métodos de análisis

| Parámetros | Unidad | Métodos de análisis | Laboratorio | Ejecución |
|-----------------------|----------|------------------------|------------------------|------------|
| Metales totales (+Hg) | mg/kg PS | Espectrometría ICP- MS | J. Ramon del Perú S.A. | Marzo 2018 |
| Metales totales (+Hg) | mg/kg PS | Espectrometría ICP- MS | ALS Perú S.A.C. | Junio 2018 |

6.3.4 Aseguramiento de la calidad

Debido a que no se cuenta con un protocolo nacional para el monitoreo y evaluación de sedimentos de agua continental se tomó el mismo criterio de aseguramiento de calidad que para el de agua, realizándose duplicados al 10 % del total de muestras a ser analizadas para metales.

6.3.5 Colección de la muestra y equipos utilizados

Se extrajo porciones parciales de sedimento del lecho del cuerpo de agua, las cuales fueron colectadas en bolsas herméticas hasta completar el peso requerido, siguiendo las recomendaciones por el laboratorio acreditado. Los equipos y herramientas utilizados durante la evaluación en campo se detallan en el Anexo B.

6.3.6 Criterios de comparación

Los resultados obtenidos para el parámetro metales totales fueron comparados de acuerdo con el IGA¹⁷, referencialmente con los criterios del Consejo Canadiense de

¹⁷ Estudio de impacto ambiental detallado del proyecto de explotación minera San Gabriel, aprobado con Resolución Directoral N.° 099-2017-MEM/DGAAM.



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

Ministros de Medio Ambiente (CCME, 2001) que define dos valores límites18. En la Tabla 6-13, se presentan los valores de comparación de la mencionada guía.

- Interim Sediment Quality Guidelines-ISQG (valores guía provisional de calidad de sedimento): representa el nivel por debajo del cual no se esperan efectos biológicos adversos en los macroinvertebrados bentónicos.
Probable Effect Level-PEL (nivel de efecto probable): representa el nivel de concentración química por encima del cual usualmente o siempre está asociado a efectos biológicos adversos en los macroinvertebrados bentónicos.

Tabla 6-13. Valores de comparación para la calidad de sedimento de aguas continentales

Table with 5 columns: Normativa, Parámetro, Unidad, Valor ISQG, Valor PEL. It lists parameters like Arsenico, Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Plomo, and Zinc with their respective units and values.

Fuente: (CCME) Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente. PEL: Nivel de efecto probable. ISQG: Nivel por debajo del cual no se espera efectos biológicos adversos.

6.4 Comunidades hidrobiológicas

Las comunidades hidrobiológicas están directamente relacionadas a las características del hábitat y por ende a las del agua superficial y sedimento; para determinar esta relación se pueden aplicar diferentes pruebas estadísticas.

6.4.1 Guías utilizadas para la evaluación

La metodología aplicada en la evaluación de las comunidades hidrobiológicas en las quebradas de las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire), Chaclaya y Oyo Oyo 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»19. En la mencionada guía, se establecen los criterios técnicos y lineamientos generales a aplicarse, como la logística mínima necesaria, establecimiento de los puntos de muestreo, preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección, procedimiento para la toma de muestras, preservación, almacenamiento, conservación y transporte de muestras, entre otros.

6.4.2 Puntos de muestreo

En la evaluación de las comunidades hidrobiológicas en el área de influencia del PM San Gabriel se consideró un total de 49 puntos de muestreo, distribuidos en 24 cuerpos de agua (quebradas y bofedales) comprendidas en parte de las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (Sector Corire), Chaclaya y Oyo Oyo; tomando como referencia los puntos de muestreo definidos en la sección de agua superficial y sedimento; además, se consideraron factores como la dificultad de acceso, caudal del

18 Canadian Council of Ministers of the Environment. 2001. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Introduction. Updated. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.
19 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.



Vertical handwritten signature and initials in blue ink on the left margin.



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

río, características del microhábitat y estacionalidad. Los puntos de muestreo se detallan en la Tabla 6-3.

La descripción y ubicación de los puntos de muestreo se presentan en el reporte de campo (Anexo B) y la distribución espacial, se pueden observar en los mapas de ubicación (Anexo A).

Tabla 6-14. Ubicación y número de puntos de muestreo de las comunidades hidrobiológicas en las quebradas de las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire), Chaclaya y Oyo Oyo

| Microcuenca | Zona | Cuerpo de agua | Cantidad de puntos | |
|--|-----------------------------|------------------------|--------------------|--------|
| | | | Mar-18 | Jun-18 |
| Microcuenca Agani-Ansamani | Zona Japucucho-Agani 2 | Quebrada Japucucho | 2 | 1 |
| | | Bofedal Agani 2 | 2 | 1 |
| | | Quebrada Agani 2 | 2 | 2 |
| | Zona Ceniguillayoc-Quilcata | Quebrada Ceniguillayoc | 2 | 2 |
| | | Bofedal Quilcata | 3 | 2 |
| | | Quebrada Quilcata | 1 | 1 |
| | Zona Jamochini | Quebrada Jamochini 2 | 4 | 1 |
| | | Quebrada Jamochini | 3 | 3 |
| | Zona Agani-Ansamani | Quebrada Agani | 7 | 6 |
| | | Bofedal Agani | 2 | 2 |
| | | Bofedal SN | 2 | 2 |
| | | Quebrada Quilcata | 1 | 1 |
| | | Quebrada Ansamani | 2 | 2 |
| Microcuenca Itapallone (Sector Corire) | Zona Atiñayoc | Quebrada Atiñayoc | 1 | 1 |
| | | Quebrada Cruzana | 1 | 1 |
| | Zona Apacheta-Corire | Quebrada Apacheta* | 4 | 3 |
| | | Quebrada Katrina* | 1 | 1 |
| | | Quebrada Atiñayoc* | 1 | 1 |
| | | Quebrada Millahuaico* | 1 | 1 |
| | | Quebrada Corire* | 2 | 2 |
| | | Quebrada Pacolle | 1 | - |
| Microcuenca Chaclaya | Zona Chaclaya | Quebrada Chaclaya* | 1 | 1 |
| | Zona Llaullacaso | Quebrada Llaullacaso* | 1 | 1 |
| Microcuenca Oyo Oyo | Zona Oyo Oyo | Quebrada Oyo Oyo* | 1 | 1 |
| | | Quebrada Chalsani* | 1 | 1 |

(*) Punto de muestreo ubicado fuera del área de influencia del proyecto minero San Gabriel.

(-) Punto de de muestreo sin presencia de flujo de agua.

6.4.3 Parámetros y métodos de análisis

En la Tabla 6-15 se describen los parámetros evaluados (comunidades hidrobiológicas) y los métodos de análisis utilizados.

Tabla 6-15. Parámetros evaluados y métodos de análisis

| Parámetros | Unidad | Métodos de análisis | Laboratorio |
|--------------------------------|-------------------------------|--|-------------|
| Perifiton | Organismos/cm ² | SMEWW 10300C, SMEWW 10300E o EPA 841-B-99-002 | UNMSM |
| Macroinvertebrados bentónicos | Organismos/0,27m ² | SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10500 C. 1, 2. Pp 10-74-10-76. 21 st Ed. | UNMSM |
| Peces determinación taxonómica | Individuos/m ² | EPA 841-B-99-002 | UNMSM |

UNMSM: Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.



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»

6.4.4 Equipos utilizados

Las herramientas y equipos utilizados para el trabajo de campo, los registros de verificación y los certificados de calibración se describen en el Anexo B.

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 guía «Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú», secciones: 4.3 perifiton, 5.3 macroinvertebrados bentónicos y 6.3 peces.

6.4.6 Procesamiento de datos

En esta sección se describen las comunidades hidrobiológicas en cuanto a la composición, riqueza, abundancia e índices de diversidad obtenidos en función de los reportes de identificación taxonómica; asimismo, se describen los indicadores biológicos de referencia para la calidad ecológica de agua.

6.4.6.1 Composición, riqueza y abundancia

Se representó la clasificación taxonómica (phylum, clase, orden, familia, género y especie) de las comunidades hidrobiológicas del perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel. Esta clasificación taxonómica se encuentra en el Anexo C del presente informe.

La evaluación de la riqueza y la abundancia de macroinvertebrados bentónicos se desarrolló sobre la base de la categoría taxonómica «orden», las comunidades del perifiton y peces fueron evaluados sobre la base de la categoría taxonómica «especie». Es necesario indicar que la abundancia de macroinvertebrados bentónicos se analizó según la abundancia total, representándose en individuos/0,27 m², la abundancia del perifiton se representó en organismos/cm². Para el análisis se utilizó el programa informático EXCEL con en el cual se sistematizó los nombres y números de cada especie por cada punto de muestreo; posteriormente, se realizó las representaciones mediante gráficas acumuladas por zona evaluada.

6.4.6.2 Diversidad alfa

Para la evaluación de diversidad de especies (diversidad alfa) se utilizaron los índices de diversidad verdadera (números de Hill) con base en el número de especies de cada punto de muestreo para cada comunidad hidrobiológica. Se consideró la variable N1 o número de especies abundantes, que se obtiene a partir del índice de Shannon-Wiener (H'), (Jost, 2006) y tiene como fórmula:

$$N1 = \exp(H')$$
 (6.1)

Donde, H' es el índice de Shannon-Wiener.

La variable N2 o número de especies muy abundantes, que se obtiene a partir del índice de Simpson (D), (Jost, 2006) y tiene como fórmula:

$$N2 = \frac{1}{\lambda}$$
 (6.2)

Donde, λ es el índice de dominancia de Simpson.



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



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

El índice de equidad de Pielou, que mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor se encuentra entre 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Pielou, 1975; Peet, 1974)

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \tag{6.3}$$

Donde,

- J': índice de equidad de Pielou,
- H': índice de diversidad de Shannon-Wiener,
- H' max = Ln(S)
- S: riqueza de especies.

Con la finalidad de comparar los resultados obtenidos por el OEFA con los resultados de los IGA presentados por el administrado, se utilizaron los siguientes índices ecológicos: el índice de Shannon-Wiener, que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, midiendo el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo seleccionado al azar de una colección (Moreno, 2001), tiene como fórmula:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \tag{6.4}$$

Donde, p_i es la abundancia proporcional de la especie «i».

El índice de diversidad de Simpson ($1 - \lambda$), que expresa la diversidad de especies en una muestra (Moreno, 2001), tiene como fórmula:

$$1 - \lambda = 1 - \sum p_i^2 \tag{6.6}$$

Donde, p_i es la abundancia proporcional de la especie «i».



6.4.6.3 Diversidad beta

Para la evaluación de la diversidad beta se utilizó el coeficiente de similitud de Bray-Curtis con base en la similitud de especies entre puntos de muestreo para cada comunidad hidrobiológica. Para determinar el índice de Bray-Curtis se empleó la fórmula:

$$IBC = 1 - \frac{(\sum x_i - y_i)}{(\sum x_i + y_i)} \tag{6.7}$$

Donde,

- IBC: índice de Bray-Curtis.
- x_i : abundancia o densidad de especies i en un conjunto 1.
- y_i : abundancia o densidad de especies i en un conjunto 2.

Para complementar el análisis de similitud de manera visual, se procedió a la elaboración de dendogramas mediante la unión de pares promedio (Sokal y Michener, 1958) utilizando el software Paleontological Data Analysis, versión 3.15 (programa estadístico PAST). Esta gráfica resume la similitud de las especies entre dos estaciones de muestreo.

6.4.6.4 Calidad ecológica del agua

Los índices biológicos los cuales son una expresión numérica que relaciona atributos o características de las poblaciones, comunidades y ecosistemas con los diferentes tipos de actividades humanas que se realizan en una zona-permitan evaluar el impacto

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



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

sobre el ambiente por lo que pueden medir la calidad del agua (Karr y Chu, 1999; Peralta, 2007). En ecosistemas acuáticos altoandinos de Ecuador y Perú, Acosta et al. (2009) han propuesto el uso del índice biológico andino (ABI, Andean Biotic Index), este índice considera la sumatoria de los grados de sensibilidad o tolerancia de las familias de macroinvertebrados bentónicos en el ecosistema acuático.

A. Índice biótico andino (ABI)

Se determinó la calidad ecológica del agua utilizando el índice biótico andino (ABI, por sus siglas en inglés Andean Biotic Index) desarrollado por Acosta et al. (2009) para ríos altoandinos (sobre los 2000 m s.n.m.) el cual se obtuvo sumando los valores de sensibilidad de cada familia de macroinvertebrados bentónicos (Tabla 6-16) presente en cada punto de muestreo.

Tabla 6-16. Valores de sensibilidad asignadas a las familias de macroinvertebrados bentónicos para determinar el índice ABI

Table with 6 columns: Orden/Clase, Familia, Valor, Orden/Clase, Familia, Valor. It lists various insect orders and their families with assigned sensitivity values for the ABI index.

Fuente: Acosta R, Rios B, Rieradevall M y Pratt N. (2009)

*Se considera el valor de sensibilidad a nivel de orden



Handwritten signatures and initials in blue ink, including 'S.M.A.E.' at the bottom.



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

La sumatoria obtenida se comparó con la tabla de «estados de calidad ecológica de agua» (ver Tabla 6-17) propuesta por Acosta *et al.* (2009).

Tabla 6-17. Estados de calidad ecológica del agua, según el ABI en Perú

| Calidad ecológica | ABI |
|-------------------|---------|
| Muy bueno | > 74 |
| Bueno | 45 – 74 |
| Moderado | 27 – 44 |
| Malo | 11 – 26 |
| Pésimo | < 11 |

Fuente: Acosta R, Rios B, Rieradevall M y Pratt N, 2009

B. Índice biótico de familia o de Hilsenhoff (IBF o IBH)

Se determinó la calidad ecológica del agua utilizando el índice biótico de familia o de Hilsenhoff (IBF o IBH) estimado mediante el valor de tolerancia ponderado por la abundancia relativa de cada familia registrada en cada punto de muestreo (Tabla 6-18).

Tabla 6-18. Puntajes de tolerancia asignadas a las familias de macroinvertebrados bentónicos para la obtención del índice IBH

| Orden/Clase | Familia | Puntaje | Orden/Clase | Familia | Puntaje |
|---------------|-------------------|---------|-------------------|----------------------------|---------|
| Coelenterata | Hydridae | 5 | Lepidoptera | Pyralidae | 5 |
| Turbellaria | Platyhelminthidae | 4 | Neuroptera | Sisyridae | 5 |
| Hirudinea | Helobdella | 10 | Trichoptera | Brachycentridae | 1 |
| Oligochaeta | * | 8 | | Calamoceratidae | 3 |
| Acariformes | * | 4 | | Glossosomatidae | 0 |
| Amphipoda | Gammaridae | 4 | | Helicopsychidae | 3 |
| | Hyalellidae | 8 | | Hydropsychidae | 4 |
| | Talitridae | 8 | | Hydroptilidae | 4 |
| Isopoda | Asellidae | 8 | | Lepidostomatidae | 1 |
| Decapoda | | 10 | | Leptoceridae | 4 |
| Ephemeroptera | Baetidae | 4 | | Limnephilidae | 4 |
| | Baetiscidae | 3 | | Molannidae | 6 |
| | Caenidae | 7 | | Odontoceridae | 0 |
| | Ephemerellidae | 1 | | Philopotamidae | 3 |
| | Ephemeridae | 4 | | Phryganeidae | 4 |
| | Heptageniidae | 4 | Polycentropodidae | 6 | |
| | Leptophlebiidae | 2 | Psychomyiidae | 2 | |
| | Metretopodidae | 2 | Rhyacophilidae | 0 | |
| | Oligoneuriidae | 2 | Sericostomatidae | 3 | |
| | Polymitarcyidae | 2 | Uenoidae | 3 | |
| | Potomanthidae | 4 | Coleoptera | Dryopidae | 5 |
| | Siphonuridae | 7 | | Elmidae | 4 |
| | Tricorythidae | 4 | | Psephenidae | 4 |
| Plecoptera | Capniidae | 1 | Diptera | Athericidae | 2 |
| | Chloroperlidae | 1 | | Blephariceridae | 0 |
| | Leuctridae | 0 | | Ceratopogonidae | 6 |
| | Nemouridae | 2 | | Chironomidae (Chironomini) | 8 |
| | Perlidae | 1 | | Chironomidae (otros) | 6 |
| | Perlodidae | 2 | | Dolichopodidae | 4 |
| | Pteronarcyidae | 0 | | Empididae | 6 |
| | Taeniopterygidae | 2 | | Ephydriidae | 6 |
| Odonata | Aeshnidae | 3 | Muscidae | 6 | |



Handwritten notes and signatures in blue ink, including a vertical line of symbols and the name 'SADP' at the bottom.



«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 | |
|-------------|------------------|---------|-------------|-------------|------------|---|
| | Calopterygidae | 5 | | Psychodidae | 10 | |
| | Coenagrionidae | 9 | | Simuliidae | 6 | |
| | Cordulegastridae | 3 | | Syrphidae | 10 | |
| | Corduliidae | 5 | | Tabanidae | 6 | |
| | Gomphidae | 1 | | Tipulidae | 3 | |
| | Lestidae | 9 | | Mollusca | Lymnaeidae | 6 |
| | Libellulidae | 9 | | | Physidae | 8 |
| | Macromiidae | 3 | | | Sphaeridae | 8 |
| Megaloptera | Corydalidae | 0 | | | | |
| | Sialidae | 4 | | | | |

El valor obtenido se comparó con la tabla de clasificación de calidad de agua (Tabla 6-19) propuesta por Mandaville (2002).

Tabla 6-19. Clasificación de la calidad del agua según el IBH

| IBH | Calidad ecológica | Grado de Contaminación |
|-------------|--------------------|--|
| < 3,75 | Excelente | Sin contaminación orgánica aparente |
| 3,76 – 4,25 | Muy buena | Contaminación orgánica ligera |
| 4,26 – 5,00 | Buena | Algo de contaminación orgánica |
| 5,01 – 5,75 | Regular | Contaminación orgánica regular |
| 5,76 – 6,50 | Regularmente pobre | Contaminación orgánica significativa |
| 6,51 – 7,25 | Pobre | Contaminación orgánica muy significativa |
| > 7,25 | Muy pobre | Contaminación orgánica severa |

C. Índice de riqueza de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (% EPT)

El índice de riqueza EPT, se calculó a partir de número de especies de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, considerados macroinvertebrados bentónicos sensibles a los cambios ambientales (Carrera y Fierro, 2001). Está diseñado para la caracterización de la calidad del agua en ambientes lóticos.

% EPT= (EPT/S) x 100

Donde,

EPT: riqueza de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera en la muestra,

S: riqueza total de macroinvertebrados bentónicos en la muestra.

En la Tabla 6-20 se describen las categorías de calidad del agua con base en el índice EPT.

Tabla 6-20. Categorías de calidad de agua mediante el índice EPT

| Calidad del agua | | Color |
|------------------|-----------|----------|
| 75 – 100% | Muy buena | Azul |
| 50 – 74% | Buena | Verde |
| 25 – 49% | Regular | Amarillo |
| 0 – 24% | Mala | Rojo |

6.5 Caracterización hidroquímica

Para la evaluación de los aspectos químicos del agua y los tipos de reacciones que ocurren en este medio, la presente evaluación tomó como base la totalidad de información de calidad de agua superficial y subterránea, ubicados en las quebradas y manantiales de las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire), Chaclaya y Oyo Oyo.



Handwritten signatures and initials in blue ink, including 'SHPA' at the bottom.



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

Pullido (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 Aseguramiento de la calidad

Se realizó el control de calidad de los resultados reportados por laboratorio mediante el balance iónico (Ecuación 6-8), este análisis se basa en el equilibrio porcentual de cargas en las muestras.

$$B.I = 100 * \frac{\sum \text{Cationes} - \sum \text{Aniones}}{\sum \text{Cationes} + \sum \text{Aniones}} \quad (6-8)$$

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 6-21).

Tabla 6-21. Valores aceptables de error aceptable en función de la conductividad eléctrica

| Conductividad Eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$) | 50 | 200 | 500 | 2000 | >2000 |
|---|----------|----------|---------|---------|---------|
| Error aceptable (%) | ± 30 | ± 10 | ± 8 | ± 4 | ± 4 |

Se calculó el balance iónico (B.I.) en los 74 puntos evaluados, de los cuales 71 cumplieron con los criterios establecidos del error aceptable planteados por Custodio y Llamas (1976) y 3 puntos de muestreo no cumplieron (Anexo C). Sin embargo, de acuerdo con Anderson y Fernández (2009) «el error admisible (error aceptable) es dependiente de la conductividad eléctrica y para aguas poco mineralizadas es aceptable un error de hasta el 30 %», por tanto, se tomaron la totalidad de los puntos muestreados para el análisis hidroquímico.

6.5.2 Procesamiento de los datos

Para la selección de la serie analítica se consideraron todos los resultados de los parámetros evaluados en 74 muestras de agua (agua superficial y subterránea), los parámetros se muestran a continuación:

- Parámetros fisicoquímicos como pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, carbonatos, bicarbonatos, acidez y metales disueltos.
- Parámetros inorgánicos como sulfato y cloruros.

La medición de los parámetros de campo fue realizada para conocer las características fisicoquímicas *in situ* de las aguas superficiales y subterráneas en el área de estudio, y para conocer en alguna medida sus tendencias, las cuales ayudaran a la interpretación de los resultados. Los análisis químicos se utilizaron para caracterizar químicamente las aguas, su evolución en su paso a través de la roca y alguna influencia del medio con el que habrían interactuado.

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

6.5.3 Diagramas hidroquímicos

El análisis de resultados comprendió la elaboración de diagramas hidroquímicos como los de Stiff, y Piper para caracterizar las aguas en función a su concentración de sales, predominancia catiónica y aniones (tipo de agua) e interacción con la roca.



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



a) Diagrama de Stiff

Se dispuso los aniones y cationes mayoritarios encontrados en los cuerpos de agua del PM San Gabriel en el diagrama de Stiff que está conformada por tres ejes principales. Los cationes (Na^+ , Ca^{+2} y Mg^{+2}) al costado izquierdo y los aniones (Cl^- , HCO_3^- y SO_4^{-2}). Todos los ejes horizontales estuvieron a la misma escala (lineal) y las concentraciones en meq/L.

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

Los diagramas de Stiff se representaron en un mapa hidroquímico, con lo que se visualizó la variación espacial de la mineralización del agua en el área de influencia del PM San Gabriel y zonas aledañas.

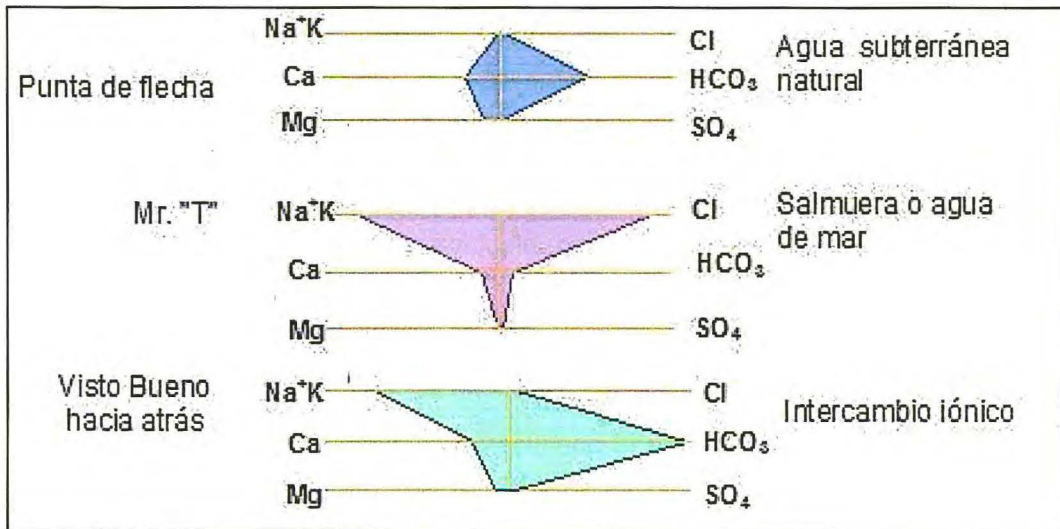


Figura 6-1. Diagramas de Stiff
Fuente: U.S. EPA Washington, D.C. ,2002.

b) Diagrama de Piper

Se incluyeron en forma simultánea los aniones y cationes de los cuerpos de agua del PM San Gabriel en el diagrama de Piper para representar y agrupar las aguas geoquímicamente similares en áreas bien definidas (Custodio, 1976).

Está formado por 2 triángulos equiláteros, donde se representaron los cationes y aniones mayoritarios. Los vértices del primer triángulo constan de cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) y los vértices del segundo triángulo constan de aniones (SO_4^{-2} , Cl^- y HCO_3^-). Los datos de los diagramas triangulares se proyectaron 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 en meq/L se expresaron como porcentaje con respecto a la suma de aniones y cationes respectivamente. En cada triángulo se reunió solo 3 aniones y 3 cationes. A cada vértice le corresponde el 100 % de un anión o catión (Figura 6-2).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

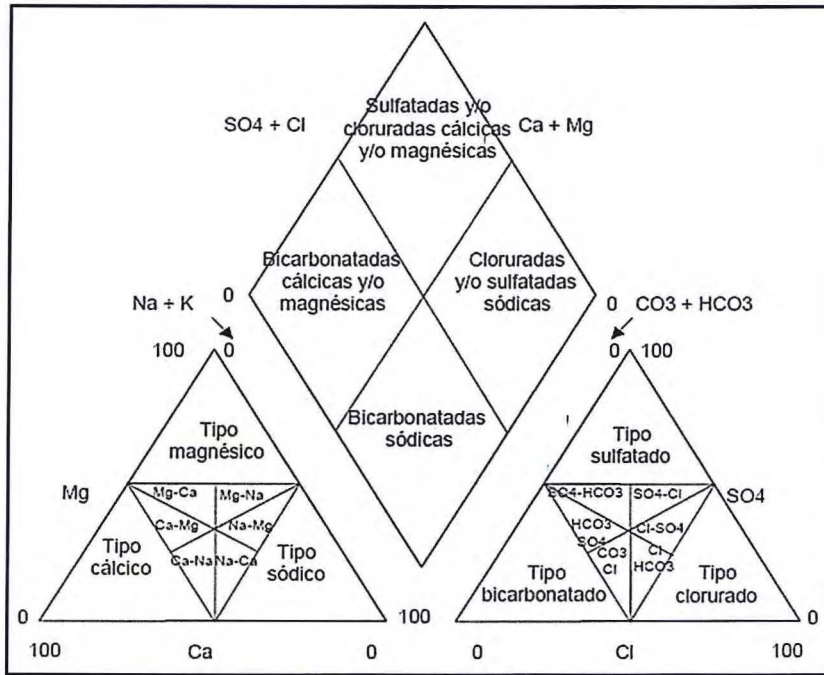


Figura 6-2. Diagramas de Piper
Fuente: U.S. EPA Washington, D.C., 2002.

6.5.4 Índices hidroquímicos

Se integró los aspectos hidroquímicos con los geoquímicos, a través de indicadores, que se obtuvieron de los análisis de las aguas y su interacción con su medio circundante empleando la clasificación del diagrama de Ficklin basada en el potencial de hidrógeno versus la sumatoria de metales disueltos (Figura 6-3).



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

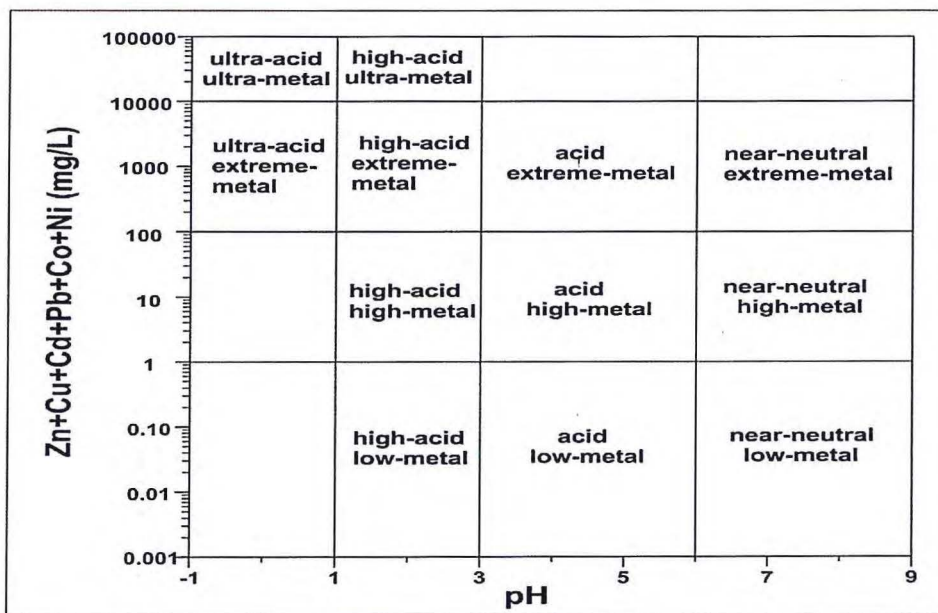


Figura 6-3. Clasificación geoquímica (diagrama de Ficklin) para el agua
Fuente: Adaptado de Ficklin *et al.* (1992) y Plumlee *et al.* (1999)



6.6 Nivel de fondo y referencia de suelos

Esta sección proporciona la metodología aplicada para el muestreo de nivel de fondo (muestreo, parámetros, métodos de análisis y criterios de análisis de los datos) en zonas adyacentes a los futuros componentes mineros y zonas de cultivos ubicados dentro y fuera del área de influencia ambiental del PM San Gabriel. Asimismo, proporciona los métodos estadísticos para cálculo de valores de nivel de fondo y de referencia especialmente de los elementos potencialmente tóxicos²⁰ y el análisis de distribución de las concentraciones (mapa de isoconcentraciones).

Para el análisis de distribución de las concentraciones y el cálculo de valores de nivel de fondo y referencia se empleó los datos de campo del muestreo de suelos en la zona de estudio y las concentraciones de metales encontradas en estas, para el que se diseñó un plan de muestreo.

La evaluación consistió en la recopilación de la información existente y de los estudios contemplados en los IGA²¹ aprobado; posteriormente, la información recopilada fue validada mediante una visita de reconocimiento en la zona de estudio²².

6.6.1 Guías utilizadas para la evaluación

Para el muestreo de nivel de fondo del suelo se utilizó las recomendaciones establecidas en la guía de muestreo de suelos detallada en la Tabla 6-22.

Tabla 6-22. Referencia para el muestreo de la calidad del suelo

| Protocolo | Sección | País | Institución | Dispositivo legal | Año |
|------------------------------|--|------|-------------|---------------------------------------|------|
| Guía para muestreo de suelos | Sección 1.3. Tipos de muestreo, sección 5. Determinación de puntos de muestreo y Anexo N.º 2 del documento | Perú | MINAM | Anexo I de la R.M. N.º 085-2014-MINAM | 2014 |

6.6.2 Puntos de muestreo

Para la ubicación de la red de puntos se utilizó fotos satelitales de *Google Earth*, mapa de geología local de escala 1/10000, mapa de suelos y mapa de capacidad de uso mayor de suelos en escalas 1/40000, estos dos últimos recopilados de los IGA (Anexo A: Mapas).

Para la ubicación de los puntos de muestreo se planteó una grilla espacial de 400 m x 400 m cubriendo zonas adyacentes a los futuros componentes mineros y zonas de cultivo de las comunidades de San Juan de Miraflores y Santa Cruz de Oyo oyo, así como fuera del área de influencia del proyecto elegidas para el muestreo.

Los puntos fueron colocados aleatoriamente sobre una rejilla regular, los cuales en algunos casos se estratificaron por la variabilidad de los suelos (e.g. suelos hidromórficos, suelos minerales, suelos de cultivo y de pastos) o por presentar condiciones limitantes para el muestreo como los afloramientos rocosos y zonas escarpadas de difícil acceso (ver Figura 6-4), modificándose la grilla.

²⁰ La FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*, por sus siglas en inglés), en su informe sobre la contaminación del suelo: «*A hidden reality*», elaborado por Rodríguez-Eugenio *et al.*, 2018 y publicado en Roma el 2018 hace referencia a estos elementos potencialmente contaminantes (arsénico, antimonio, cadmio, cobre, bario, estaño, mercurio, selenio, plomo y zinc).

²¹ Línea base de suelos, extraída del Capítulo III (Línea base) del Estudio de Impacto Ambiental Detallado EIA-d, categoría III Proyecto San Gabriel (Elaborado por la consultara INSIDEO, 2016).

²² Informe de visita de reconocimiento N.º 105-2018-OEFA/DEAM-STEAC.



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

El muestreo aleatorio es una estrategia de muestreo en zona no disturbadas según la Netherland normalisatie-Instituut (NEN 5740), que presupone que la distribución de los elementos traza es homogénea en la naturaleza (Bellido, 2004).

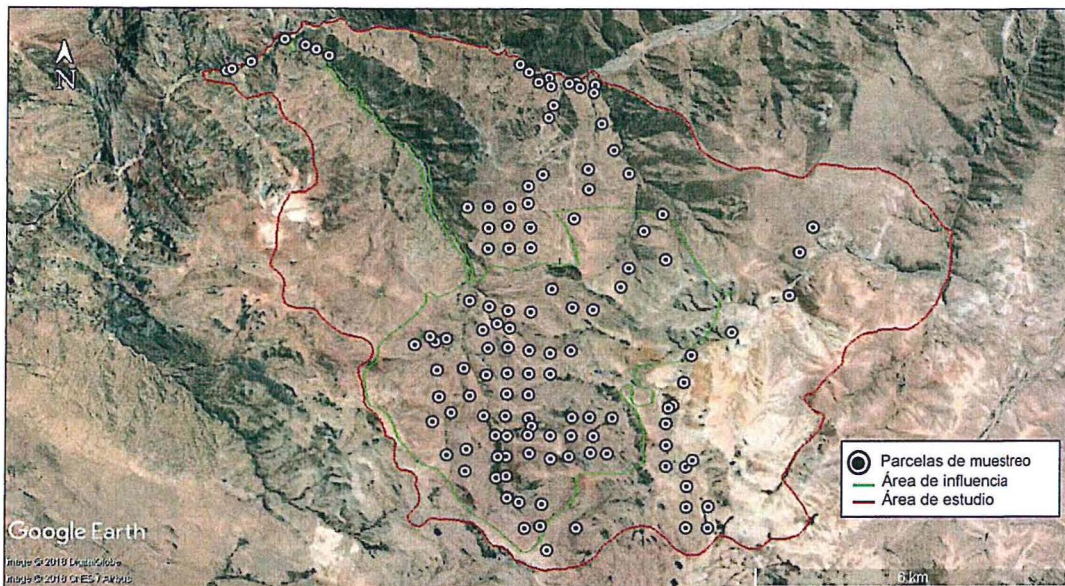


Figura 6-4. Red de puntos de muestreo en zonas ayacentes a los futuros componentes mineros del PM San Gabriel y zonas de cultivo

Alrededor o en referencia a cada uno de los puntos de la red de muestreo (nodos) se ubicó 4 subpuntos adicionales a una distancia de 30 m de distancia desde el nodo, constituyendo una parcela de muestreo, los cuales pueden adoptar un polígono regular o irregular condicionadas por el tipo de pendiente que presenta el suelo, tal como se muestra en la Figura 6-5.

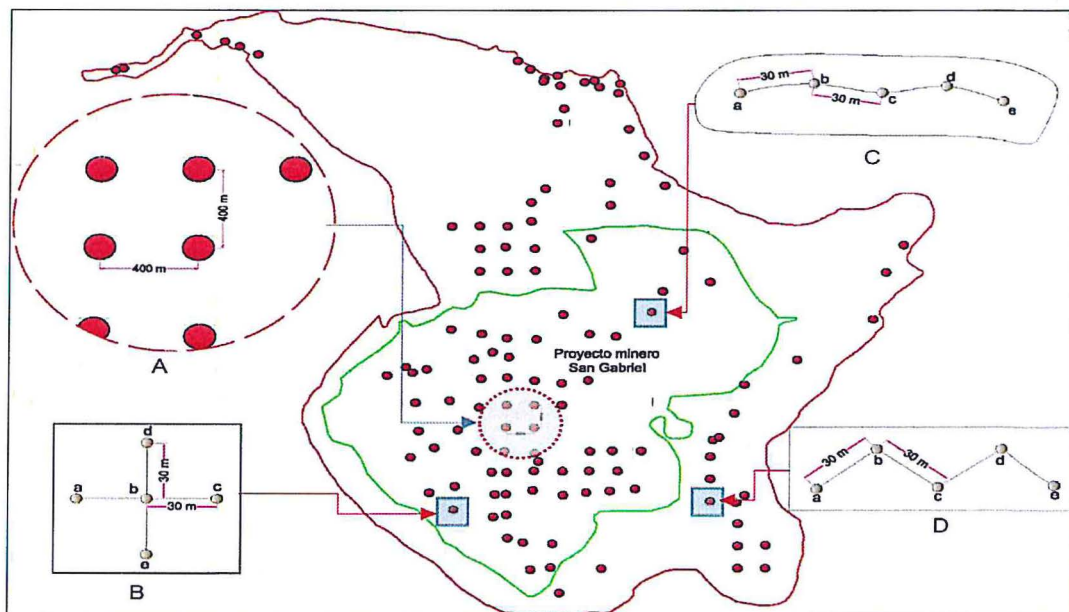


Figura 6-5. a) Red de puntos de muestreo, b) Parcelas de muestreo en cruz en zonas planas o ligeramente inclinadas, c) Parcelas de muestreo en línea en suelos con pendiente moderadamente empinada a empinado y d) Parcelas de muestreo en «zig zag» en pendiente moderadamente inclinadas



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



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

Los códigos, hora, fecha, coordenadas, altitud y la descripción completa de los 124 puntos que se resumen en la Tabla 6-23 así como la distribución espacial se presentan en el Anexo B.

Tabla 6-23. Ubicación y cantidad de puntos de muestreo de suelo en zona adyacente a los futuros componenete mineros y zonas de cultivo

| Provincia | Distrito | Comunidad | Sector | Cantidad de puntos | Tipo de muestra |
|--|----------|------------------------|---|--------------------|--------------------------------|
| General Sánchez Cerro | Ichuñá | Santa Cruz de Oyo Oyo | Huayccapta | 3 | Compuesta |
| | | Santa Cruz de Oyo Oyo | Japucucho | 13 | Compuesta |
| | | Santa Cruz de Oyo Oyo | Agani y Pachacútec | 6 | Compuesta |
| | | Santa Cruz de Oyo Oyo | Parte alta de Pachacútec | 4 | Compuesta |
| | | Santa Cruz de Oyo Oyo | Sector Ceniguillayoc | 9 | Compuesta |
| | | Santa Cruz de Oyo Oyo | Quilcata | 4 | Compuesta |
| | | Santa Cruz de Oyo Oyo | Huanacuniyoc | 1 | Compuesta |
| | | Santa Cruz de Oyo Oyo | Cochayoc | 5 | Compuesta |
| | | Santa Cruz de Oyo Oyo | Pampa Cutipata | 1 | Compuesta |
| | | Santa Cruz de Oyo Oyo | Jamochini | 9 | Compuesta y una muestra simple |
| | | Santa Cruz de Oyo Oyo | Añatuya | 2 | Compuesta |
| | | Santa Cruz de Oyo Oyo | Quebrada Putusi – Jamochini 2 | 4 | Compuesta |
| | | Santa Cruz de Oyo Oyo | Paraje Japu | 1 | Compuesta |
| | | San Juan de Miraflores | Parte alta de Chaclaya | 5 | Compuesta |
| | | Santa Cruz de Oyo Oyo | Zonas de cultivo del fundo Quiroma | 5 | Compuesta |
| Red de puntos de muestreo ubicados fuera del área de influencia del PM San Gabriel | | | | | |
| General Sánchez Cerro | Ichuñá | Corire | Pampa Chucapaca y zona de Jayumayo | 10 | Compuesta |
| | | Corire | Quebrada Apacheta y Atiñayoc | 8 | Compuesta y una muestra simple |
| | | Corire | Corire | 2 | Compuesta |
| | | San Juan de Miraflores | Parte media y baja de la microcuenca Chaclaya (paraje Japu) | 5 | Compuesta |
| | | Santa Cruz de Oyo Oyo | Llapapampa | 9 | Compuesta |
| | | Santa Cruz de Oyo Oyo | Quebrada Oyo Oyo | 3 | Compuesta |
| | | San Juan de Miraflores | Zonas de cultivo de la comunidad de Miraflores | 3 | Compuesta |
| | | Santa Cruz de Oyo Oyo | Zonas de cultivo de la comunidad de Oyo Oyo | 10 | Compuesta |
| | | Santa Cruz de Oyo Oyo | Zonas de cultivo Anexo Pobaya | 2 | Compuesta |
| | | Santa Cruz de Oyo Oyo | Zonas de cultivo sector Azufrini del anexo Pobaya | 1 | Compuesta |

6.6.3 Colecta de muestra

Para la colecta de muestra se ubicó en campo el punto de referencia de la red de muestreo, a partir de este punto se estableció la parcela de muestreo utilizando los modelos de distribución descritos en la Figura 6-5. Algunos de los puntos de la red de muestreo propuestos fueron movidos debido a la presencia de afloramientos rocosos y por presentar condiciones de inaccesibilidad que dificultó la colecta de muestra.



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



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

Para obtener una muestra compuesta (cada 5 submuestras) se designó al punto de referencia (nodo) con la letra «b», el cual se utilizó como referencia de ubicación y de la descripción de campo.

Obtenida la muestra de los 5 subpuntos se utilizó una bandeja para hacer el pre-tamizado y la consiguiente mezcla y homogenización mediante la técnica del cuarteo. En cada subpunto se georreferenció las coordenadas, se tomó el material fotográfico y se registró los datos de campo, los cuales se detallan en el Anexo B.

6.6.4 Parámetros y métodos de análisis

El muestreo de suelos orientado a identificar el nivel de fondo del suelo contempla el análisis de metales y metaloides; sin embargo, adicionalmente de acuerdo a la Tabla 6-24 se tomaron parámetros de cromo hexavalente, cianuro libre, pH y materia orgánica.

Tabla 6-24. Parámetros evaluados de suelo

| Parámetros | Unidad | Método de referencia | Descripción |
|--------------------|----------------|--|--|
| Metales | mg/kg PS | EPA 3050 B: 1996 / EPA 6010 B: 1996 | Acid Digestion of Sediments, sludges and soils / Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry |
| Mercurio | mg/kg PS | EPA 7471 B, Rev 2, February 2007 | Mercury in solid or semisolid waste (Manual Cold-Vapor technique) |
| Cromo VI | mg/kg PS | EPA 3060 Revisión 1 December 1996/EPA 7199 Revisión 0 December 1996. (Validado).2017 | Alkaline Digestion for Hexavalent Chromium / Determination of Hexavalent Chromium in drinking water, groundwater and industrial wastewater effluents by Ion Chromatography |
| Cianuro libre | mg/kg PS | EPA 9013-A, 2004 / SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN- F, 22nd Ed 2012 | Cyanide extraction procedure for solids and oils / Cyanide - Selective Electrode Method |
| pH** | Unidades de pH | Potenciométrico | Extracto 1:1 |
| Materia orgánica** | % | Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000; ítem 7.1.7 AS-07. | Walkley y Black |

**Parámetros edáficos en muestras compuestas

6.6.5 Equipos utilizados

Los equipos y herramientas utilizados para el muestreo de suelos se muestran en el Anexo B.

6.6.6 Aseguramiento de la calidad

Se ha considerado un 5 % de muestras como duplicado, de acuerdo con el apartado 1.3.1. de la guía de muestreo de suelos; es decir, el 10 % de muestras a ser analizadas para áreas menores o iguales a 20 ha y, 5 % para áreas mayores a 20 ha.

6.6.7 Criterios de comparación

Los resultados de los valores de nivel de fondo fueron comparados referencialmente con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo de uso agrícola e industrial/extractivo, del Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM.



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



Los resultados de pH y materia orgánica del suelo se clasificaron tomando como referencia el Decreto Supremo N.º 017-2009-AG, Anexo «Guía de clasificación de los parámetros edáficos» del Ministerio de Agricultura.

6.6.8 Procesamiento de datos

Los datos obtenidos del laboratorio fueron ordenados y sistematizados por parámetro para su análisis de acuerdo con los objetivos planteados.

6.6.8.1 Pretratamiento de datos

Para el análisis de la distribución de las concentraciones de metales se realizó el pretratamiento de los datos con presencia de valores atípicos y valores por debajo del límite de detección. Para el cálculo de nivel de fondo solo se realizó el pretratamiento de valores que presentaron valores por debajo del límite de detección.

- Manejo de datos por debajo del límite de detección

El tratamiento de los valores por debajo del límite de detección del método de ensayo empleado por el laboratorio fue realizado con la finalidad de calcular un valor aproximado que asigne un nuevo valor al valor por debajo del límite de detección.

Este procedimiento fue realizado con el algoritmo esperanza-maximización (EM) en el lenguaje RStudio v.3.5.0. El algoritmo EM se usa en estadística para encontrar estimadores de máxima verosimilitud de parámetros en modelos probabilísticos que dependen de variables no observables.

El algoritmo EM presenta una técnica iterativa general para realizar una estimación de máxima verosimilitud de parámetros de problemas en los que existen ciertos datos ocultos (Gallardo, 2000).

Las variables con más del 50 % de valores por debajo del límite de detección no fueron consideradas en el pretratamiento con el procedimiento indicado, esto, con la finalidad de evitar el error en el cálculo de nivel de fondo y la elaboración de mapas de distribución espaciales de metales. Los resultados del cálculo del nivel de fondo y mapas de distribución se presentan en el Anexo D.

- Pruebas de normalidad de Shapiro Wilks

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilks fue utilizado como prueba de normalidad para cada uno de los parámetros para ver si era necesario aplicar la transformación Box-Cox, siendo esta prueba la más poderosa contra toda clase de distribuciones alternativas (Škrbic, 2010;).

En dicha prueba, una hipótesis nula de cada parámetro antes y después de aplicar la transformación Box-Cox fue aceptada si el valor de probabilidad (P-valor) fue más alto que 0,05; de otra manera, la hipótesis nula fue rechazada (Škrbic, 2010).

Cabe indicar que aquellos parámetros en el cual sus datos iniciales tenían una distribución normal no fueron sujetos a una transformación Box-Cox; salvo si la transformación Box-Cox registró un P-valor de los datos transformados mayor al P-valor de los datos iniciales. Esta prueba se realizó solo para ser utilizada en la elaboración de mapas de distribución espacial de metales.



Vertical handwritten signature and initials in blue ink, including 'D.P.', 'R', and 'D.H.P.'.



- Transformaciones de datos de Box-Cox

Los resultados estadísticos generados con una distribución normal, o cercanos a la normalidad fueron mejorados con la transformación de Box-Cox para la elaboración espacial de metales mediante mapas de distribución (Škrbic, 2010).

El procedimiento de la transformación Box-Cox está diseñado para determinar un nuevo valor a partir de los datos iniciales positivos mediante una transformación iterativa y optima de acuerdo con la ecuación 9.1 (Kannel et.al, 2007; Varmuza & Filzmoser, 2008). los resultados se presentan en el Anexo D: Tabla de resultados.

$$X_{\text{Box-Cox}} = \begin{cases} ((x)^{\lambda-1}) / (g^{\lambda-1}) * \lambda & (\text{para } \lambda \neq 0) \\ g * \log(x) & (\text{para } \lambda = 0) \end{cases} \quad (6.8)$$

Dónde:

x : Valor original del parámetro.

$X_{\text{Box-Cox}}$: Valor transformado del parámetro.

g : Media geométrica del parámetro.

λ : Valor a calcular para cada parámetro mediante la estimación de máxima verosimilitud²³.

6.6.8.2 Análisis de clúster (AC) o conglomerado

El análisis de clúster se utilizó para agrupar los puntos de muestreo de la zona de estudio con relación a la diferencia y semejanzas de sus concentraciones, los cuales son visualizados mediante un dendrograma.

Para este análisis se utilizó el método de agrupamiento de Ward y como medida de semejanza entre individuos la distancia euclidiana, a través del uso del software Primer versión 6.0.

6.6.8.3 Análisis de distribución de las concentraciones

Para estimar valores en áreas no muestreadas y localizar la fuente de origen de algunos elementos traza en los suelos, es importante realizar mapas de isoconcentraciones a partir de herramientas y técnicas geoestadísticas. Para generar los mapas de distribución espacial de la concentración de metales se consideró a 21 elementos. Se puso atención a los elementos potencialmente tóxicos (EPT), y a los elementos de interés ambiental.

La elaboración de los mapas de distribución de parámetros fue desarrollada con la versión 10.1.561 del software Surfer (Golden Software Inc., 2011) y la hoja de cálculo de Microsoft Office Excel 2016.

Los mapas de concentraciones se construyeron con el programa Surfer, utilizando como datos de entrada las concentraciones obtenidas en cada punto, luego el programa interpola y determina línea de isoconcentración (Baeza et. al, 2001).

²³ Estimación de máxima verosimilitud (*Maximun Likelihood Estimation* – MLE) es un método general para estimar el valor óptimo (λ) de un grupo de valores para modelos no lineales con datos que siguen una distribución normal. El buen ajuste se evalúa al encontrar el valor λ que mejor se ajustan a la transformación respectiva con los datos transformados ($X_{\text{Box-Cox}}$) que se aproximan o tenga una distribución normal.



Vertical handwritten signature and initials on the left margin, including 'SAPA' at the bottom.



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

El método utilizado para las interpolaciones son las técnicas geoestadísticas desarrollados por D.G. Krige (Kriging). El método Kriging tiene como objetivo encontrar la mejor estimación posible a partir la de la información disponible (Rodríguez *et. al*, 2009).

El valor estimado obtenido $Z_{ok}(x_0)$ de un valor real y desconocido $Z(x)$, consiste en una combinación lineal de pesos asociados a cada localización donde fue muestreado un valor $Z(x_i)$ ($i=1, \dots, n$) del suelo, observado dos condiciones fundamentales: a) que el estimador sea insesgado $E[Z_{ok}-Z]=0$ y b) que la varianza $Var[Z_{ok}-Z]$ sea mínima, consiguiéndose de esta manera minimizar la varianza de error de estimación (Rodríguez *et. al*, 2009), de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Z_{ok}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \tag{6.9}$$

Donde:

- $Z(x_0)$: Valor de la variable Z en el sitio no muestreado
- $Z(x_i)$: Valor observado Z(x_i) de la variable Z en el sitio muestreado
- λ_i : Ponderación asignada al valor observado Z(x_i)
- n : Número de valores observados alrededor

6.6.8.4 Análisis para la determinación del nivel de fondo y nivel de referencia

La determinación de los valores de nivel de fondo y de referencia se realizó mediante el uso del software estadístico ProUCL versión 5.1 desarrollado para estudios de nivel de fondo por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 2002), el cálculo de estos valores requirió de un tratamiento previo y una verificación de los datos de acuerdo con el siguiente esquema detallado en la Figura 6-6.

A los datos obtenidos se les realizó pruebas clásicas para valores atípicos, el cual consistió en la prueba llamada Rosner para un conjunto de datos mayor a 25 observaciones. Esta prueba está acompañada con gráficos, como el diagrama de cajas y el gráfico Q-Q.

Las pruebas de Rosner, suponen que el conjunto de datos sin los valores atípicos sigue una distribución normal.

Los datos fueron sometidos a las pruebas de bondad y ajuste o *goodness of fit test* (GOF, por sus iniciales en inglés) con la finalidad de evaluar e identificar el tipo de distribución de cada variable; al observar el gráfico Q-Q y considerando los cuantiles hipotéticos mostrados a lo largo del eje x ajustados para los cuantiles asociados con valores no detectados permitió una mejor visualización del tipo de distribución que presentó.

Una vez realizada y evaluada las pruebas de bondad de ajuste para cada variable, se calculó el nivel de fondo (*upper confidence limit*, UCL) y de referencia (*upper tolerance limit*, UTL).



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



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

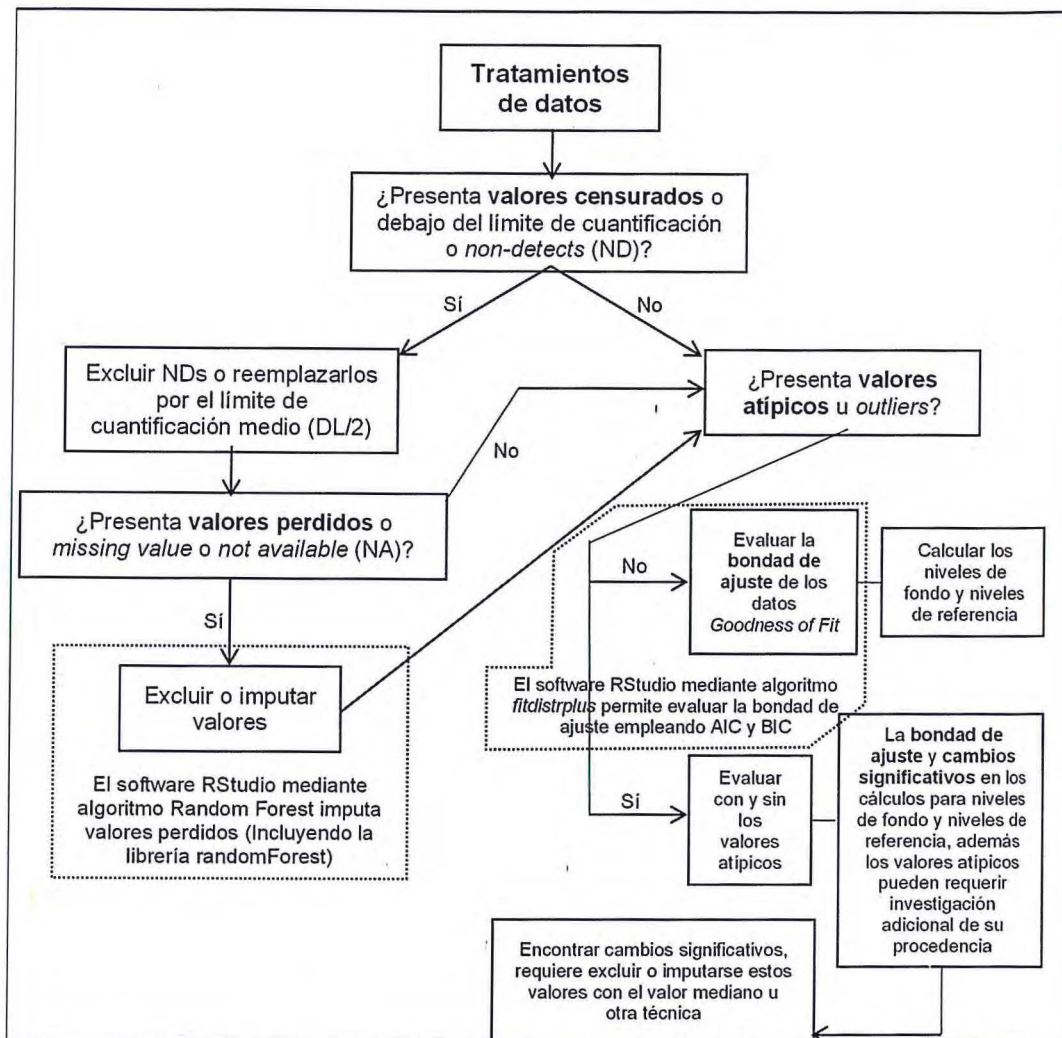


Figura 6-6. Diagrama del tratamiento de datos en ProUCL 5.1 (adaptado por E. Angulo)

El límite superior de confianza (*upper confidence limit* -UCL 95 %) es la cota superior del intervalo de confianza para la media poblacional el cual comúnmente se considera a un 95 % de confianza. Este valor frecuentemente se usa como un umbral fijo para comparar con los datos muestreados de un sitio y determinar que este se encuentre limpio.

El límite superior de tolerancia (*upper tolerance limit*-UTL 95-95 %) es la cota superior del intervalo de confianza para el percentil 95, el cual comúnmente se considera a un 95 % de confianza. Un límite superior de tolerancia (UTL) está diseñado para contener, un porcentaje de la población (95%) de las posibles concentraciones de fondo, se utiliza para comparar con los datos muestreados de un sitio y establecer que este se encuentre contaminado.

Debido a que existen varios métodos para calcular el UCL y UTL, dependiendo de la distribución que presenten, los datos fueron caracterizados mediante un análisis exploratorio para elegir el método apropiado, de acuerdo con la Figura 6-7 y detallados en el Anexo D: Tablas de resultados.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

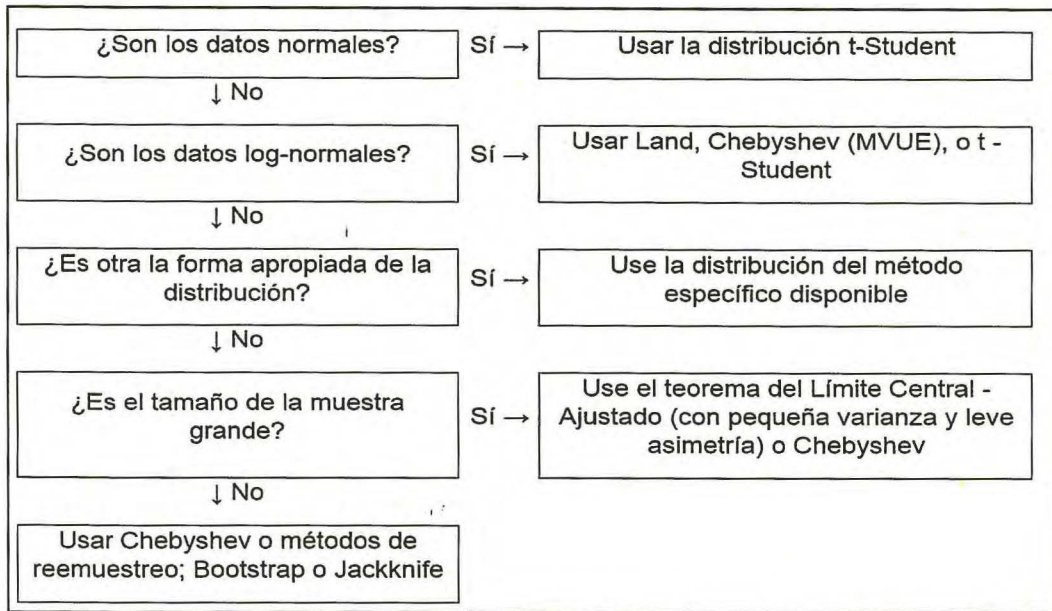


Figura 6-7. Resumen las recomendaciones brindadas en la guía técnica de ProUCL 5.1
Fuente: U.S. EPA Washington, D.C. ,2002.

Una vez identificado la distribución de las variables, se utilizó el método elegido y se calculó el UCL y el UTL basado en la distribución de los datos obtenidos; los detalles de cada método, las fórmulas y los resultados de estos se presentan en el Anexo D.

6.7 Caracterización geológica

La caracterización geológica en el área de influencia del PM San Gabriel y zonas aledañas 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.

6.7.1 Guías utilizadas para la evaluación

Los estándares o protocolos tomados como referencia para la caracterización geológica corresponden a los servicios geológicos del Perú, Colombia y Estados Unidos, además, las recomendaciones mencionadas en las guías y manuales internacionales que se listan en la Tabla 6-25.

Tabla 6-25. Referencias para la caracterización geológica

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



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



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

Las referencias de la geología regional corresponden a los cuadrángulos de Ichuña-33u (Marocco y Del Pino, 1966 y Lipa *et al.*, 2001), que forma parte de la carta geológica nacional (CGN) a escala 1:100 000 y 1:50 000 del INGEMMET. La referencia local corresponde a los estudios realizados y mencionados en los instrumentos de gestión ambiental (IGA).

6.7.2 Ubicación de puntos

La caracterización geológica se realizó en el área de influencia ambiental del PM San Gabriel, que comprende la huella del proyecto (quebrada Jamochini), el área de influencia ambiental directa (quebradas Agani, Agani 2, Jamochini 2, Atiñayoc y Cruzana), también formo parte del análisis la parte alta de microcuenca Itapallone que se encuentra fuera del área de influencia ambiental (quebradas Millahuaico, Apacheta, Misaorcco, Katrina y Corire).

Los puntos de control geológico se ubicaron estratégicamente en zonas asociadas a formaciones geológicas con potencial generador de drenaje ácido de roca, minas abandonadas, y componentes ambientales como puntos de agua superficial, agua subterránea y suelos en áreas de potencial afectación.

6.7.3 Parámetros y métodos de análisis

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 georeferenciados 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.

6.7.4 Equipos utilizados

Los equipos y herramientas utilizados para la caracterización geológica se detallan en el Anexo B.

6.7.5 Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación utilizados para la caracterización se detallan a continuación.

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



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including '15/05/2017' and 'D.M.P.A.'.



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

obliterada, mineralización pervasiva y afloramientos de roca fresca. En la Tabla 6-27 se muestra la cantidad de puntos de muestreo asociado a su respectiva unidad litológica.

Tabla 6-27. Ubicación de puntos de muestreo para la caracterización del DAR

| N° | Código | Fecha | Hora | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 K | | Altitud (m s.n.m.) | Litología | Ubicación |
|---|-----------|------------|-------|---------------------------------------|-----------|-----------------------|------------------------|--|
| | | | | Este (m) | Norte (m) | | | |
| 1 | RC-Ca-1 | 25/06/2018 | 12:41 | 332852 | 8207945 | 4902 | Areniscas y lutitas | Ubicado en el cerro Canahuiri |
| 2 | RC-Ja2-1 | 27/06/2018 | 16:05 | 331675 | 8209262 | 4838 | Arenisca cuarzosa | Ubicado en el cerro Huancarani |
| 3 | RC-Ja2-2 | 27/06/2018 | 16:30 | 331524 | 8208516 | 4830 | Lutitas | Ubicado en el margen izquierdo de la quebrada Jamochini 2 |
| 4 | RC-Ja-1 | 27/06/2018 | 17:20 | 330767 | 8207880 | 4679 | Arenisca cuarzosa | Ubicado en la quebrada Jamochini |
| 5 | RC-Ati-1 | 27/06/2018 | 15:25 | 332651 | 8207363 | 4955 | Caliza | Ubicado en el cerro Atiñayoc |
| Puntos de muestreo ubicados fuera del área de influencia del PM San Gabriel | | | | | | | | |
| 6 | RC-Kat-1 | 26/06/2018 | 11:00 | 333341 | 8207296 | 4707 | Arenisca | Ubicado en la quebrada Katrina |
| 7 | RC-Kat-2 | 26/06/2018 | 13:28 | 333566 | 8207389 | 4707 | Toba | Ubicado en la quebrada Katrina |
| 8 | RC-Chu-1 | 26/06/2018 | 16:24 | 333797 | 8206531 | 4904 | Riolita/toba | Ubicado en la ladera oeste del cerro Chucapaca |
| 9 | RC-Chu-2 | 27/06/2018 | 9:44 | 334640 | 8206577 | 4841 | Dacita/riodacita | Ubicado en la naciente de la quebrada Millahuaico |
| 10 | RC-Chu-3 | 27/06/2018 | 10:30 | 334257 | 8206566 | 4847 | Brecha freatomagmática | Ubicado en la naciente de la quebrada Millahuaico |
| 11 | RC-Misa-1 | 27/06/2018 | 12:05 | 333452 | 8206867 | 4470 | Brecha/ferricreta | Ubicado en el cerro Misaorcco |
| 12 | RC-Chu-4 | 27/06/2018 | 14:00 | 333866 | 8207815 | 4618 | Brecha/ferricreta | Ubicado en la quebrada Apacheta, a la altura de la intersección con la quebrada Atiñayoc |

6.8.3 Parámetros y métodos de análisis

En la Tabla 6-28, se presentan los parámetros evaluados y métodos de análisis según laboratorio, así como la cantidad de muestras colectadas.

Tabla 6-28. Parámetros a evaluar de DAR en el área de influencia del PM San Gabriel

| Requerimiento de servicio | Parámetros | Método de Análisis | Laboratorio | N.º de muestras | Observaciones |
|---------------------------|---------------|---|-----------------|-----------------|---------------------|
| R.S. N.º | Metales | EPA 3050 B. 1996/EPA 6010 B: 1996 | ALS Perú S.A.C. | 9 | Incluye 1 duplicado |
| | Mercurio | EPA 7474 B. Rev. 2, febrero 2007 | | 9 | Incluye 1 duplicado |
| R.S. N.º 1293-2018 | Cianuro total | EPA 9013-A Rev. 02, 2004 | SGS S.A. | 7 | - |
| RS N.º 1296-2018 | Test ABA | PE-4408, PE-4416, PE-4407, PE-4402, PE-4409 | AGQ Perú S.A.C. | 6 | - |



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

| Requerimiento de servicio | Parámetros | Método de Análisis | Laboratorio | N.º de muestras | Observaciones |
|---------------------------|--|--------------------|-------------|-----------------|---------------|
| | Extracción secuencial de metales pesados por la metodología de Tessier | PE-4421 | | 5 | - |
| | Prueba de Lixiviación SPLP (Metales) | PE-4412 | | 6 | - |
| | Potencial de hidrogeniones | Potenciométrico | | 1 | - |

6.8.4 Equipos utilizados

Los equipos y herramientas utilizados durante la evaluación en campo (*in situ*) se muestran en el Anexo B.

6.8.5 Aseguramiento de la calidad

Se realizó duplicados en un 10 % del total de muestras colectadas para el análisis de metales totales.

6.8.6 Procesamiento de datos

El análisis de la caracterización geoquímica de los DAR se realizó mediante la descripción y análisis de la composición mineralógica y el contenido de metales totales (ICP masa), de cada zona evaluada. La caracterización de cada uno de los componentes mineros fue complementada con la prueba estática de balance ácido-base (ABA). Además, se realizó la evaluación de metales solubles a través del método de extracción secuencial según la metodología de Tessier, el cual considera en su técnica original los siguientes elementos: cadmio, cobalto, cobre, níquel, plomo, zinc, hierro y manganeso; esta prueba permitió caracterizar la potencial movilidad y biodisponibilidad de ciertos elementos presentes en los DAR y su relación con los puntos de monitoreo de agua.

Se empleó las pruebas de SPLP (*Synthetic Precipitation Leaching Procedure*) para representar la posible movilidad de analitos inorgánicos presentes en las formaciones geológicas asociadas a zonas mineralizadas. Finalmente, el análisis de los resultados obtenidos del muestreo de rocas asociados a drenajes ácidos, fueron complementados con la interpretación del mapeo geológico.

6.9 Flora silvestre

Para la evaluación de flora silvestre en las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire) y Oyo Oyo se consideró la metodología de transectos denominado «punto de intersección», establecida en el Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal (Mostacedo y Fredericksen 2000), debido a que es la metodología más apropiada para evaluar formaciones vegetales presentes en ecosistemas altoandinos. Considerado también en los lineamientos establecidos en la



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



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

Guía de inventario de la flora y vegetación publicada y aprobada por el Ministerio del Ambiente²⁴ (Tabla 6-29).

6.9.1 Guías utilizadas para la evaluación

La Tabla 6-29 presenta los detalles del procedimiento estandarizado para la evaluación de flora silvestre según las guías utilizadas.

Tabla 6-29. Guías para caracterizar flora silvestre

| Protocolo | 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 (87 p) | Bolivia | Bolfor | Mostacedo y Fredericksen | 2000 |

De acuerdo con los citados protocolos (guías), para determinar los valores de diversidad, cobertura vegetal y equidad, se establecieron transectos de 50 m, en cada transecto fueron evaluados 100 puntos, las cuales estuvieron distanciadas cada 50 cm. En cada punto se colocó una varilla de 2 mm de diámetro y se tomó en cuenta las especies que tuvieron contacto con la varilla y el número de veces que estas la tocaban (Mostacedo y Fredericksen 2000). Para cada transecto se registró datos de pendiente, orientación, ubicación geográfica y altitud.

Además, se realizó una búsqueda intensiva de especímenes en el área de estudio, con el fin de registrar todas las especies presentes. Los procedimientos de recolecta y prensado fueron realizados empleando las metodologías recomendadas por Cerrate (1969), para cada una de ellas se anotó la forma de crecimiento que presentaba según Whitaker (1975): hierba, arbusto, sufrutice, etcétera. Se recolectaron solo los especímenes que se encontraron en estadíos de floración y fructificación, aquellas que estaban en estadío vegetativo solo fueron registradas.

Las colecciones botánicas «voucher» se realizaron en el caso de que una especie no haya sido identificada y cuando existió cualquier incertidumbre para su identificación en campo. Todo individuo colectado tuvo un duplicado además del original, por otro lado, las colecciones repetidas de plantas estériles fueron usadas para distinguir confiablemente las morfo-especies²⁵. La colecta de muestras de las especies vegetales evaluadas se realizó haciendo uso de los siguientes equipos: tijeras botánicas de mano, picos de montaña, palitas de jardinero, wincha métrica, etc.

6.9.2 Ubicación de zonas evaluadas

Los transectos de muestreo fueron ubicados en las zonas determinadas para la evaluación de flora y sobre lugares que presentaron la cobertura vegetal típica de la formación vegetal en estudio (bofedal, pajonal, roquedal entre otras). Durante este estudio se evaluaron 35 puntos de muestreo ubicadas en 6 zonas de evaluación (5 ecosistemas frágiles y 1 zona) Tabla 6-30. Se utilizaron 15 transectos en bofedal, 10 en roquedal, 8 en matorral mixto, 1 en vegetación de suelo crioturbados y 1 evaluación cualitativa en rodal de Puya.

²⁴ Aprobada con Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM por la Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural del Ministerio del Ambiente-MINAM. 2015. 21-31pp.

²⁵ Morfo-especie: Nombre eventual de una especie, basado en caracteres morfológicos.

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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Tabla 6-30. Ubicación de puntos de muestreo por punto de intersección de flora silvestre en las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire) y Oyo Oyo

| N.º | Zona/ Ecosistema frágil | Sector | Código transecto | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 K Inicio | | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 K Final | | Altitud (m s.n.m.) | Formación vegetal | Descripción |
|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------|---|-----------|--|-----------|-----------------------|------------------------|--|
| | | | | Este (m) | Norte (m) | Este (m) | Norte (m) | | | |
| Microcuenca Agani-Ansamani | | | | | | | | | | |
| 1 | EF 3 | Zona Agani-Ansamani (Pachacutec) | SGFL1 | 330601 | 8204793 | 330617 | 8204783 | 4761 | Bofedal | Ubicado en bofedal (EF 3 - Zona III), en la quebrada Agani (sector Pachacutec) y a 1,3 km al sur de la futura cantera 1 del PM San Gabriel |
| 2 | | | SGFL2 | 330662 | 8204822 | 330708 | 8204838 | 4769 | Vegetación de roquedal | Roquedal ubicado en el EF 3 (zona III) hacia la margen izquierda de la quebrada Agani (sector Pachacutec) a 1,3 km al sur del componente cantera 1 del PM San Gabriel |
| 3 | | | SGFL3 | 330470 | 8204823 | 330438 | 8204791 | 4786 | Matorral mixto | Matorral mixto ubicado en el EF 3 (Zona III), hacia la margen izquierda de la quebrada Agani, en el sector Pachacutec a 1,3 km al sur del componente cantera 1 del PM San Gabriel |
| 4 | | | SGFL4 | 329894 | 8205410 | 329851 | 8205400 | 4792 | Vegetación de roquedal | Matorral mixto ubicado en el EF 3 (Zona III), en la margen izquierda de la quebrada Agani, sector Pachacutec a 1,3 km al sur del componente cantera 1 del PM San Gabriel |
| 5 | | | SGFL5 | 329998 | 8205196 | 329966 | 8205170 | 4791 | Matorral mixto | Matorral mixto ubicado en el EF 3 (zona III) en la margen izquierda de la quebrada Agani, en el sector Pachacutec a 1.2 km al suroeste del componente cantera 1 del PM San Gabriel |
| 6 | | | SGFL6 | 330254 | 8205162 | 330277 | 8205154 | 4737 | Bofedal | Bofedal ubicado en el EF 3 (zona III) en la quebrada Agani, sector Pachacutec a 1 km al suroeste del componente cantera 1 del PM San Gabriel |
| 7 | | | SGFL7 | 330147 | 8205481 | 330143 | 8205462 | 4713 | Bofedal | Bofedal ubicado en el EF 3 (zona III), quebrada Agani, en el sector Pachacutec a 1 km al suroeste del componente cantera 1 del PM San Gabriel |
| 8 | | | SGFL8 | 330184 | 8206038 | 330183 | 8206017 | 4671 | Bofedal | Bofedal ubicado en el EF 3 (zona III), quebrada Agani, sector Pachacutec a 600 m al oeste del componente cantera 1 del PM San Gabriel. |
| 9 | | | SGFL9 | 330086 | 8206088 | 330047 | 8206063 | 4687 | Matorral mixto | Matorral mixto ubicado en el EF 3 (zona III), quebrada Agani, sector Pachacutec a 700 m al oeste del componente cantera 1 del PM San Gabriel |
| 10 | EF 4 | Zona Japucucho - Agani 2 | SGFL10 | 332418 | 8206757 | 332449 | 8206795 | 4896 | Vegetación de roquedal | Roquedal ubicado en el EF 4 (zona IV) hacia la margen derecha de la quebrada Japucucho, a 600 m al sureste del componente cantera G del PM San Gabriel |



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.

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

| N.º | Zona/ Ecosistema frágil | Sector | Código transecto | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 K Inicio | | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 K Final | | Altitud (m s.n.m.) | Formación vegetal | Descripción |
|-----|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------|---|-----------|--|-----------|-----------------------|------------------------|--|
| | | | | Este (m) | Norte (m) | Este (m) | Norte (m) | | | |
| 11 | | | SGFL11 | 332486 | 8206466 | 332532 | 8206467 | 4901 | Vegetación de roquedal | Roquedal ubicado en el EF 4 (zona IV) hacia la margen derecha de la quebrada J apucucho, a 1.2 km al sureste del componente cantera G del PM San Gabriel |
| 12 | | | SGFL12 | 332194 | 8206483 | 332213 | 8206476 | 4836 | Bofedal | Bofedal ubicado en el EF 4 (zona IV) hacia la margen derecha de la quebrada Japucucho, a 1 km al sur del componente cantera G del PM San Gabriel. |
| 13 | | | SGFL13 | 331672 | 8206096 | 331653 | 8206048 | 4800 | Matorral mixto | Matorral mixto ubicado en el EF 4 (zona IV) hacia la margen izquierda en la quebrada Japucucho, a aproximadamente 500 m al sureste del componente cantera 1 del PM San Gabriel |
| 14 | | | SGFL14 | 331131 | 8206123 | 331127 | 8206077 | 4779 | Matorral mixto | Matorral mixto ubicado en el EF 4 (zona IV) hacia la margen izquierda de la quebrada Agani 2, a aproximadamente 200 m al sureste del componente cantera 1 del PM San Gabriel |
| 15 | | | SGFL15 | 331022 | 8206349 | 331033 | 8206366 | 4710 | Bofedal | Bofedal ubicado en el EF 4 (zona IV) hacia la margen derecha de la quebrada Agani 2, a aproximadamente 300 m al noreste del componente cantera 1 del PM San Gabriel |
| 16 | | | SGFL16 | 330840 | 8206374 | 330848 | 8206389 | 4697 | Bofedal | Bofedal ubicado en el EF 4 (zona IV) hacia la margen derecha de la quebrada Agani 2, a aproximadamente 300 m al norte del componente cantera 1 del PM San Gabriel |
| 17 | | | SGFL17 | 330568 | 8206357 | 330581 | 8206373 | 4678 | Bofedal | Bofedal ubicado el EF 4 (zona IV) hacia la margen derecha de la quebrada Agani 2, a aproximadamente 400 m al noroeste del componente cantera 1 del PM San Gabriel |
| 18 | | | SGFL18 | 330607 | 8206184 | 330640 | 8206152 | 4727 | Matorral mixto | Matorral mixto ubicado en el EF 4 (zona IV) hacia la margen izquierda de la quebrada Agani 2, a aproximadamente 200 m al noroeste del componente cantera 1 del PM San Gabriel. |
| 19 | EF 2 | Zona Ceniguillayoc - Quilcata | SGFL19 | 328583 | 8207998 | 328545 | 8207976 | 4738 | Vegetación de roquedal | Roquedal ubicado en el EF 2 (zona II) a aproximadamente 900 m al suroeste del componente reservorio de agua del PM San Gabriel |
| 20 | | | SGFL20 | 328650 | 8208106 | 328632 | 8208098 | 4685 | Bofedal | Bofedal ubicado en el EF 2 (zona II) a aproximadamente 900 m al suroeste del componente reservorio de agua del PM San Gabriel |



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

| N.º | Zona/ Ecosistema frágil | Sector | Código transecto | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 K Inicio | | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 K Final | | Altitud (m s.n.m.) | Formación vegetal | Descripción |
|-----|-------------------------------|-------------------|---------------------|---|-----------|--|-----------|-----------------------|------------------------|---|
| | | | | Este (m) | Norte (m) | Este (m) | Norte (m) | | | |
| 21 | | | SGFL21 | 328774 | 8208075 | 328816 | 8208053 | 4672 | Vegetación de roquedal | Roquedal ubicado en el EF 2 (zona II) a aproximadamente 800 m al suroeste del componente reservorio de agua del PM San Gabriel |
| 22 | | | SGFL22 | 328826 | 8208117 | 328806 | 8208117 | 4648 | Bofedal | Bofedal ubicado en el EF 2 (zona II) a aproximadamente 600 m al suroeste del componente reservorio de agua del PM San Gabriel |
| 23 | | | SGFL23 | 329016 | 8208130 | 328997 | 8208134 | 4609 | Bofedal | Bofedal ubicado en el EF 2 (zona II), en la quebrada Quilcata, a aproximadamente 600 m al oeste del componente reservorio de agua del PM San Gabriel |
| 24 | | | SGFL24 | 329218 | 8208105 | 329200 | 8208102 | 4572 | Bofedal | Bofedal ubicado en el EF 2 (zona II) a 400 m al oeste del componente reservorio de agua del PM San Gabriel |
| 25 | | | SGFL25 | 329024 | 8207975 | 328985 | 8207955 | 4632 | Vegetación de roquedal | Bofedal ubicado en el EF 2 (zona II) a aproximadamente 500 m al suroeste del reservorio de agua del PM San Gabriel |
| 26 | EF 1 | Zona Jamochini | SGFL30 | 330335 | 8208337 | 330353 | 8208329 | 4609 | Bofedal | Bofedal ubicado en el EF 1 (Zona I) en la quebrada Jamochini, a aproximadamente 100 m hacia el noroeste de la relavera del PM San Gabriel |
| 27 | | | SGFL31 | 330245 | 8208345 | 330201 | 8208299 | 4613 | Matorral mixto | Matorral mixto ubicado en el EF 1 (Zona I) en la margen izquierda de la quebrada Jamochini, a aproximadamente 200 m al noroeste de la relavera del PM San Gabriel |
| 28 | | | SGFL32 | 330074 | 8208424 | 330091 | 8208411 | 4573 | Bofedal | Bofedal ubicado en el EF 1 (zona 1) en la quebrada Jamochini, a aproximadamente 400 m hacia el noroeste de la relavera del Proyecto Minero San Gabriel |
| 29 | | | SGFL33 | 329940 | 8208692 | 329944 | 8208674 | 4532 | Bofedal | Bofedal ubicado en el EF 1 (zona 1), quebrada Jamochini a aproximadamente 500 m hacia el noroeste de la relavera del PM San Gabriel |
| 30 | | | SGFL34 | 329997 | 8208634 | 330034 | 8208622 | 4574 | Matorral mixto | Matorral mixto ubicado en el EF 1 (zona I), quebrada Jamochini a aproximadamente 500 m hacia el noroeste de la relavera del PM San Gabriel |



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

| N.º | Zona/ Ecosistema frágil | Sector | Código transecto | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 K Inicio | | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 K Final | | Altitud (m s.n.m.) | Formación vegetal | Descripción |
|--|-------------------------------|---------------|---------------------|---|-----------|--|-----------|-----------------------|-----------------------------------|--|
| | | | | Este (m) | Norte (m) | Este (m) | Norte (m) | | | |
| Microcuenca Itapallone (sector Corire) | | | | | | | | | | |
| 31 | Zona 1 | Zona Apacheta | SGFL26 | 332755 | 8206918 | 332730 | 8206880 | 4947 | Vegetación de roquedal | Vegetación de roquedal ubicado en la zona 1 (zona II) parte alta de la quebrada Atiñayoc, sector Corire. A aproximadamente 700 m hacia el sureste de la cantera G del PM San Gabriel |
| 32 | | | SGFL27 | 332798 | 8206658 | 332763 | 8206639 | 5014 | Vegetación de roquedal | Vegetación de roquedal ubicado en la zona 1 (zona II) parte alta de la quebrada Apacheta a 900 m hacia el sureste de la cantera G del PM San Gabriel |
| 33 | | | SGFL28 | 332449 | 8207501 | 332403 | 8207487 | 4996 | Vegetación de suelos crioturbados | Vegetación de suelos crioturbados ubicada en la zona 1 (zona II) sector Corire, a aproximadamente 200 m hacia el este de la cantera G del PM San Gabriel |
| 34 | | | SGFL29 | 332932 | 8208379 | 332887 | 8208379 | 4977 | Vegetación de roquedal | Vegetación de roquedal ubicado en la zona 1 (zona IV) en el sector Corire, aproximadamente a 600 m hacia el este de la cantera G del PM San Gabriel |
| Microcuenca Oyo - Oyo | | | | | | | | | | |
| 35 | EF 5 | Zona Oyo Oyo | SGFL35 | 331222 | 8211774 | - | - | 4125 | Rodal de puya | Rodal de puya ubicado en el EF 5 (Zona VI) a una distancia aproximada de 1,3 km en dirección suroeste del centro poblado de Santa Cruz de Oyo Oyo, encontrándose fuera del área de influencia del PM San Gabriel |

EF: Ecosistema frágil



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



6.9.3 Parámetros y métodos de análisis

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

Tabla 6-31. Parámetros analizados en la evaluación de flora vascular en el área de influencia del PM San Gabriel

| N.º | Parámetro | Cantidad de zonas de muestreo | Observaciones |
|-----|------------------------|---|--|
| 1 | Riqueza de especies | 35 puntos de muestreo en 6 zonas de evaluación (5 EFs y 1 zona) | Los transectos detallados se presentan en la Tabla 6-38. |
| 2 | Diversidad de especies | | |
| 3 | Abundancia | | |
| 4 | Equidad | | |
| 5 | Similitud | | |

6.9.4 Procesamiento de datos

- Delimitación de las formaciones vegetales

Para la identificación de las formaciones vegetales presente en el área de estudio, se tomó en cuenta la fisonomía de las plantas, la cual toma en cuenta las formas de vida que predominan o son más conspicuas en las comunidades (Gonzales, 2004; Weberbauer, 1945).

- Determinación de especies

Las muestras colectadas fueron analizadas en el Laboratorio de Florística del Museo de Historia Natural, mediante el uso claves especializadas como las de Macbride *et al.* (1936 y siguientes); 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 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 IV (APG IV) y para los pteridofitos y afines el Sistema de Clasificación propuesto por Smith *et al.*, (2006).

Los índices biológicos utilizados fueron de riqueza de especies (d), índice de Shannon-Wiener (H), índice de dominancia de Simpson (1-D), de equidad (E), de similitud de Jaccard.

a. 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.

$$d = (S-1)/\log N \tag{6-10}$$

Donde:

d = riqueza de especies o número de especies

S = número de especies presentes.

N = número total de individuos presentes



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



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

b. 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.

$$H = - \sum p_i \text{Log}^2 p_i \quad (6-11)$$

Donde:

H = diversidad (bits/individuo).

pi = ni / N = frecuencia de ocurrencia de la especie i

N = Σni = número total de individuos registrados en el transecto.

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

Utilizado para hallar la diversidad de las especies. Muestra la probabilidad de que 2 individuos dentro de una comunidad sean de la misma especie al ser tomados al azar.

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s (p_i)^2 \quad (6-12)$$

Donde:

D = Índice de diversidad de Simpson.

pi = 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.

d. 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 (Odum, 1972). 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 (log2 d). Para tal efecto, la fórmula utilizada es:

$$E = \frac{H}{H_{max}} = \frac{H}{\text{Log}_2 d} \quad (6-13)$$



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including the name 'D. R. S. M. P. G.' at the bottom.



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

e. Índice de similaridad de Morisita-Horn

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

El índice de Similaridad de Jaccard, expresa la semejanza entre 2 muestras solo considerando la riqueza de especies. Relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas.

La expresión utilizada es:

$$- I_j = \frac{c}{a+b-c} \tag{6-14}$$

Donde:

a = número de especies presentes en el sitio A;

b = número de especies presentes en el sitio B;

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B.

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 de especies.

f. 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).

$$Cobertura\ vegetal = \frac{N^{\circ}\ toque\ por\ especie}{N^{\circ}\ toques\ totales} \times 100 \tag{6-15}$$

Los índices de diversidad, riqueza y equidad fueron obtenidos mediante la utilización del programa PAST (Versión 1.7).

- 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. 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 (Clench, 1979). Esto se realizó con el valor del número de especies al cual la curva de acumulación de especies alcanza la asíntota (Soberón y Llorente 1993).



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



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

El modelo se ajustó a una regresión no lineal, con 2 parámetros, usando el algoritmo Quasi-Newton. Se utilizaron los programas EstimateS Win 8.20 y Statistica 7.

• Especies de interés para la conservación

Para determinar el estado de las especies en estado de conservación registradas en el área de estudio se determinó su presencia o ausencia en 3 listas de conservación como la lista roja de especies amenazadas de la International Union for the Conservation of Nature (IUCN) y los apéndices de la Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES) en donde el Apéndice I de la convención señala las especies en peligro y los Apéndices II y III señalan las especies que están más relacionadas con la extracción y comercio (CITES 2018) y la lista de categorización de especies amenazadas de flora silvestre para el Perú según el Decreto Supremo N.º 043-2006-AG (MINAG, 2006).

• Especies endémicas

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.

• 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 proximidad 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.

6.9.5 Equipos utilizados

Los registros de verificación y los certificados de calibración del equipo de la evaluación ambiental se adjuntan en los reportes de campo (Anexo B).

6.10 Fauna silvestre

A continuación, se describe la metodología considerada para realizar la evaluación de la fauna silvestre (aves, anfibios, reptiles y mamíferos silvestres).

6.10.1 Guías utilizadas para la evaluación

La guía y protocolos para la evaluación de fauna se detalla en la Tabla 6-32.

Tabla 6-32. Guía para la evaluación de fauna

| Grupo taxonómico | Referencia | Sección | País | Institución | Dispositivo legal | Año |
|---------------------|--|------------|------|-------------|--------------------------|------|
| Anfibios y reptiles | Guía de inventario de la fauna silvestre | Capítulo 5 | Perú | Minam | R. M. N.º 057-2015-MINAM | 2015 |
| Aves | | Capítulo 6 | | | | |
| Mamíferos | | Capítulo 4 | | | | |



Vertical list of handwritten initials and signatures on the left margin.



6.10.2 Ubicación de unidades de evaluación

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 frágiles²⁶ específicamente bofedales y hábitats aledaños, considerando la disposición de los componentes mineros propuestos en el instrumento de gestión ambiental (IGA), y el riesgo de futuros impactos sobre los hábitats y/o formaciones vegetales producidos por las operaciones y actividades mineras futuras.

a. Anfibio y reptiles

La evaluación de anfibios y reptiles en las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire) y Oyo Oyo se realizó entre el 28 de abril al 4 de mayo de 2018. Se emplearon los métodos de búsquedas por encuentros visuales (en adelante VES) y evaluación por transectos de 100 m en hábitats acuáticos. En general, las evaluaciones se realizaron en horario diurno entre las 9 y 17 horas, habiéndose invertido en los VES un esfuerzo de 30,46 horas/hombre (Tabla 6-33) y en los transectos un esfuerzo de 18 horas/hombre (Tabla 6-34).

b. Aves

En el área de estudio se evaluó 5 zonas, donde se realizaron un total de 30 transectos lineales. Las coordenadas de ubicación de estos puntos se detallan en la Tabla 6-35.

c. Mamíferos

Para la evaluación de mamíferos se realizaron 14 transectos de evaluación de fauna (Tabla 6-36) y se instalaron 10 cámaras trampa (6-37).



A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T
U
V
W
X
Y
Z

²⁶

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.



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

Tabla 6-33. Ubicación de registros por encuentros visuales (VES) de anfibios y reptiles en las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire) y Oyo Oyo

| Zona/ Ecosistema frágil | Zona | Código VES OEFA | Fecha | Hora Inicio | Hora Final | Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19 K Inicio | | Altitud (m s.n.m.) Inicio | Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19 K Final | | Altitud (m s.n.m.) Final | Hábitat | Descripción |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------|----------------|---------------|---|--------------|---------------------------------|--|--------------|--------------------------------|----------|--|
| | | | | | | Este (m) | Norte (m) | | Este (m) | Norte (m) | | | |
| Microcuenca Agani-Ansamani | | | | | | | | | | | | | |
| EF 4 | Japучucho -Agani 2 | SG-He-V1 | 28/04/2018 | 9:27 | 10:10 | 332347 | 8206795 | 4880 | 332185 | 8206804 | 4873 | Roquedal | Roquedal cerca al antiguo circuito para el aprendizaje de manejo de autos, hacia el noreste del bofedal Agani 2, sector Japучucho |
| | | SG-He-V2 | 28/04/2018 | 10:12 | 10:47 | 332121 | 8206794 | 4873 | 332033 | 8206915 | 4854 | Bofedal | Se ubica en la ladera y cima de montaña hacia el noreste del bofedal Agani 2, en el sector Japучucho |
| | | SG-He-V3 | 28/04/2018 | 11:17 | 11:57 | 331882 | 8206864 | 4827 | 331705 | 8206589 | 4791 | Bofedal | Bofedal rodeado de matorrales mixtos. El VES se encuentra debajo de la carretera de acceso, hacia el noreste del bofedal Agani 2, en el sector Japучucho |
| | | SG-He-V4 | 28/04/2018 | 12:19 | 12:54 | 331218 | 8206619 | 4767 | 331321 | 8206718 | 4829 | Roquedal | Roquedal de ladera con pendiente fuerte, que se encuentra en la zona norte del bofedal Agani 2, sector Japучucho. |
| | | SG-He-V5 | 28/04/2018 | 13:00 | 13:35 | 331331 | 8206794 | 4841 | 331326 | 8207020 | 4835 | Roquedal | Roquedal en la cima de montaña, en la parte norte del bofedal Agani 2, sector Japучucho |
| | | SG-He-V6 | 28/04/2018 | 13:40 | 14:10 | 331230 | 8206934 | 4816 | 331131 | 8206727 | 4777 | Roquedal | Roquedal con matorrales dispersos que rodea un bofedal estacional. El VES se encuentra en el sector norte del bofedal Agani 2 |



Handwritten notes and signatures in blue ink on the left margin, including a large signature and several smaller initials.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

| Zona/ Ecosistema frágil | Zona | Código VES OEFA | Fecha | Hora Inicio | Hora Final | Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19 K Inicio | | Altitud (m s.n.m.) Inicio | Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19 K Final | | Altitud (m s.n.m.) Final | Hábitat | Descripción |
|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------|------------|----------------|---------------|---|--------------|---------------------------------|--|--------------|--------------------------------|----------------|--|
| | | | | | | Este (m) | Norte (m) | | Este (m) | Norte (m) | | | |
| | | SG-He-V7 | 29/04/2018 | 15:51 | 16:21 | 330562 | 8206309 | 4663 | 330617 | 8206267 | 4688 | Matorral mixto | Matorral mixto con algunas formaciones rocosas dispersas, se ubica en la ladera sur que rodea el bofedal Agani 2, a 400 m en dirección este del campamento |
| | | SG-He-V8 | 29/04/2018 | 16:27 | 16:59 | 330647 | 8206213 | 4699 | 330695 | 8206153 | 4728 | Matorral mixto | Matorral mixto ubicado en la ladera sur que rodea el bofedal Agani 2, a 400 m dirección este del campamento. También se evaluó un puquial pequeño con poco flujo de agua |
| EF 3 | Agani- Ansamani (Pachacutec) | SG-He-V9 | 30/04/2018 | 13:40 | 14:06 | 330278 | 8205232 | 4737 | 330175 | 8205303 | 4730 | Bofedal | Zona sur del bofedal Agani sector Pachacutec, En esta localidad la actividad de pastoreo es más intensa |
| | | SG-He-V10 | 01/05/2018 | 8:48 | 9:26 | 330092 | 8205163 | 4749 | 330007 | 8205122 | 4782 | Matorral mixto | Parte inferior de la ladera con matorral mixto que se ubica en la zona oeste del bofedal Agani, sector Pachacutec. |
| | | SG-He-V11 | 01/05/2018 | 9:34 | 10:11 | 329959 | 8205114 | 4805 | 329891 | 8205135 | 4832 | Roquedal | Parte superior de ladera que se ubica en la zona oeste del bofedal Agani, sector Pachacutec. |
| | | SG-He-V12 | 01/05/2018 | 10:26 | 10:58 | 329847 | 8205140 | 4847 | 329740 | 8205186 | 4-878 | Roquedal | Corresponde a la cima de montaña, en el sector oeste del bofedal Agani, sector Pachacutec. Roquedal con algunos matorrales dispersos |
| | | SG-He-V13 | 01/05/2018 | 11:07 | 11:44 | 329675 | 8205295 | 4878 | 329753 | 8205424 | 4798 | Matorral mixto | Ladera norte de la montaña que se encuentra rodeando el flanco este del bofedal Agani sector Pachacutec. Presenta |



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

| Zona/ Ecosistema frágil | Zona | Código VES OEFA | Fecha | Hora Inicio | Hora Final | Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19 K Inicio | | Altitud (m s.n.m.) Inicio | Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19 K Final | | Altitud (m s.n.m.) Final | Hábitat | Descripción |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------|----------------|---------------|---|--------------|---------------------------------|--|--------------|--------------------------------|----------|---|
| | | | | | | Este (m) | Norte (m) | | Este (m) | Norte (m) | | | |
| | | | | | | | | | | | | | un matorral mixto con abundantes piedras dispersas |
| | | SG-He-V28 | 04/05/2018 | 15:39 | 16:10 | 330192 | 8206180 | 4646 | 330103 | 8206007 | 4663 | Bofedal | Parte norte del bofedal Agani, sector Pachacutec a 150 metros del campamento principal, presenta abundantes pozas y cursos de agua |
| EF 2 | Ceniguillayoc - Quilcata | SG-He-V14 | 01/05/2018 | 13:14 | 13:46 | 328913 | 8207849 | 4692 | 328903 | 8207952 | 4664 | Roquedal | Ladera sur de la montaña que se encuentra en el flanco oeste rodeando el bofedal Quilcata. |
| | | SG-He-V15 | 01/05/2018 | 13:52 | 14:23 | 328898 | 8208003 | 4657 | 328827 | 8208101 | 4638 | Roquedal | Cima y ladera de montaña que se encuentra en el flanco oeste del bofedal Quilcata. |
| | | SG-He-V16 | 01/05/2018 | 14:31 | 15:00 | 328781 | 8208155 | 4645 | 328667 | 8208110 | 4668 | Bofedal | Sector norte del bofedal Quilcata, presenta pozos de agua de baja profundidad |
| | | SG-He-V17 | 01/05/2018 | 15:22 | 15:53 | 328802 | 8208223 | 4674 | 328930 | 8208359 | 4655 | Roquedal | Sector norte del bofedal Quilcata. Primeros 200 metros corresponde a un roquedal con suelos desnudos y los últimos metros a un roquedal con matorral mixto. |
| | | SG-He-V18 | 01/05/2018 | 16:03 | 16:33 | 329023 | 8208381 | 4623 | 329203 | 8208242 | 4573 | Roquedal | Ladera de montaña ubicada en el sector norte del bofedal Quilcata. Sigue el curso de una quebrada estacional con lecho pedregoso |



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

| Zona/ Ecosistema frágil | Zona | Código VES OEFA | Fecha | Hora Inicio | Hora Final | Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19 K Inicio | | Altitud (m s.n.m.) Inicio | Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19 K Final | | Altitud (m s.n.m.) Final | Hábitat | Descripción |
|---|-----------|-----------------------|------------|----------------|---------------|---|--------------|---------------------------------|--|--------------|--------------------------------|----------------|---|
| | | | | | | Este (m) | Norte (m) | | Este (m) | Norte (m) | | | |
| | | SG-He-V19 | 02/05/2018 | 9:02 | 9:37 | 329054 | 8208093 | 4593 | 329133 | 8208069 | 4578 | Bofedal | Parte media del bofedal Quilcata presenta una pendiente fuerte, con abundantes pozas y cursos de agua |
| EF 1 | Jamochini | SG-He-V20 | 02/05/2018 | 15:42 | 16:13 | 330469 | 8208338 | 4638 | 330626 | 8208442 | 4707 | Roquedal | Ladera de la montaña que se encuentra en el flanco norte de la quebrada Jamochini, encima de la carretera de acceso al campamento. |
| | | SG-He-V21 | 02/05/2018 | 16:20 | 16:57 | 330689 | 8208420 | 4725 | 331027 | 8208163 | 4789 | Roquedal | Cima de la montaña que se encuentra en el flanco norte de la quebrada Jamochini. En esta zona predominan formaciones rocosas |
| | | SG-He-V26 | 03/05/2018 | 15:19 | 15:55 | 330382 | 8208278 | 4626 | 330192 | 8208318 | 4611 | Matorral mixto | Ladera de la margen izquierda de la quebrada Jamochini, aguas abajo de la futura ubicación de los componentes mineros, donde predominan los matorrales mixtos |
| | | SG-He-V27 | 03/05/2018 | 16:00 | 16:35 | 330111 | 8208466 | 4587 | 329977 | 8208747 | 4530 | Matorral mixto | Ladera de la margen derecha de la quebrada Jamochini, aguas abajo de la futura ubicación de los componentes mineros. Predominan los pajonales, también se evaluó un bofedal pequeño al inicio del VES |
| Microcuencia Itapallone (sector Corire) | | | | | | | | | | | | | |
| Zona I | Atifayoc | SG-He-V22 | 03/05/2018 | 9:23 | 9:55 | 332907 | 8208401 | 4964 | 333014 | 8208389 | 4935 | Roquedal | Cima de la montaña en la zona este del proyecto en la localidad de Corire, microcuencia Itapallone. Se |



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin



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

| Zona/ Ecosistema frágil | Zona | Código VES OEFA | Fecha | Hora Inicio | Hora Final | Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19 K Inicio | | Altitud (m s.n.m.) Inicio | Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19 K Final | | Altitud (m s.n.m.) Final | Hábitat | Descripción |
|-------------------------------|------|-----------------------|------------|----------------|---------------|---|--------------|---------------------------------|--|--------------|--------------------------------|----------------------|--|
| | | | | | | Este (m) | Norte (m) | | Este (m) | Norte (m) | | | |
| | | SG-He-V23 | 03/05/2018 | 10:15 | 10:45 | 333033 | 8208191 | 4848 | 333038 | 8208077 | 4829 | Suelo crioturbado | evaluaron los bordes de las formaciones rocosas que están rodeadas de suelos crioturbados Parte media de ladera de montaña con pendiente fuerte y suelos crioturbados |
| | | SG-He-V24 | 03/05/2018 | 10:51 | 11:25 | 333161 | 8208045 | 4810 | 333246 | 8208063 | 4786 | Matorral mixto | Ladera de pendiente moderada, ubicado en la parte alta de la quebrada Atiñayoc. Predomina la vegetación de matorrales mixtos con pajonales |
| | | SG-He-V25 | 03/05/2018 | 11:36 | 12:06 | 333393 | 8208003 | 4756 | 333542 | 8207919 | 4690 | Matorral mixto | Ladera de pendiente fuerte, el VES sigue el curso de los márgenes de la quebrada Atiñayoc. En la zona predominan los pajonales |

Tabla 6-34. Ubicación de puntos de muestreo por transectos en hábitats acuáticos de anfibios y reptiles en las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire) y Oyo Oyo

| Zona/ Ecosistema frágil | Zona | Código Transectos OEFA | Fecha | Hora Inicio | Hora Final | Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19 K Inicio | | Altitud (m s.n.m.) Inicio | Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19 K Final | | Altitud (m s.n.m.) Final | Descripción |
|-------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------|----------------|---------------|---|--------------|---------------------------------|--|--------------|--------------------------------|--|
| | | | | | | Este (m) | Norte (m) | | Este (m) | Norte (m) | | |
| Microcuenca Agani-Ansamani | | | | | | | | | | | | |
| EF 4 | Japucucho -Agani 2 | SG-He-T1 | 26/04/2018 | 15:27 | 16:03 | 331205 | 8206328 | 4722 | 331308 | 8206311 | 4727 | Transecto SG-He-T1 (SG-He-TR01) ubicado en la parte alta del bofedal Agani 2, sector Japucucho en el ámbito del EF 4 (Zona IV). Presenta vegetación circundante conformada por vegetación de bofedal y matorrales mixtos con pajonal |



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»

| Zona/ Ecosistema frágil | Zona | Código Transectos OEFA | Fecha | Hora Inicio | Hora Final | Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19 K Inicio | | Altitud (m s.n.m.) Inicio | Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19 K Final | | Altitud (m s.n.m.) Final | Descripción |
|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------|----------------|---------------|---|--------------|---------------------------------|--|--------------|--------------------------------|---|
| | | | | | | Este (m) | Norte (m) | | Este (m) | Norte (m) | | |
| | | SG-He-T4 | 30/04/2018 | 9:20 | 11:22 | 330521 | 8206378 | 4625 | 330632 | 8206427 | 4681 | Transecto SG-He-T4 (SG-He-TR04) ubicado en la parte baja del bofedal Agani 2, a una distancia de 150 m hacia el este del campamento, en el ámbito del EF 4 (zona IV). Se encuentra rodeado de vegetación propia del bofedal en la margen izquierda y matorral mixto en la margen derecha |
| EF 3 | Agani- Ansamani (Pachacutec) | SG-He-T2 | 29/04/2018 | 9:15 | 10:34 | 330413 | 8205039 | 4726 | 330317 | 8205076 | 4729 | Transecto SG-He-T2 (SG-He-TR02) ubicado al sur del bofedal Agani en el sector Pachacutec en el ámbito del EF 3 (Zona III). Se encuentra rodeado de vegetación propia del bofedal, donde el pastoreo es más intenso |
| | | SG-He-T3 | 29/04/2018 | 12:09 | 13:03 | 330161 | 8205770 | 4689 | 330195 | 8205870 | 4682 | Transecto SG-He-T3 (SG-He-TR03) ubicado en la parte norte del bofedal Agani sector Pachacutec a 150 m en dirección este del campamento, en el ámbito del EF 3 (Zona III). La vegetación circundante es propia de bofedales |
| EF 2 | Ceniguillayoc - Quilcata | SG-He-T5 | 02/05/2018 | 10:36 | 10:54 | 329381 | 8208114 | 4534 | 329295 | 8208072 | 4550 | Transecto SG-He-T5 (SG-He-TR05), ubicado sobre la descarga del bofedal Quilcata, hacia el oeste del futuro reservorio de agua en el ámbito del EF 2 (Zona II). Los primeros 50 m corresponden a un curso de agua dentro del bofedal y los últimos 50 metros al curso de agua que se forma al final de esta última |



Vertical handwritten text on the left margin, including a signature and the word 'SUPERVISIÓN'.



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

| Zona/ Ecosistema frágil | Zona | Código Transectos OEFA | Fecha | Hora Inicio | Hora Final | Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19 K Inicio | | Altitud (m s.n.m.) Inicio | Coordenadas UTM WGS 84 Zona 19 K Final | | Altitud (m s.n.m.) Final | Descripción |
|--|----------------------|------------------------------|------------|----------------|---------------|---|--------------|---------------------------------|--|--------------|--------------------------------|--|
| | | | | | | Este (m) | Norte (m) | | Este (m) | Norte (m) | | |
| EF 1 | Jamochini | SG-He-T6 | 02/05/2018 | 12:38 | 13:25 | 329947 | 8208890 | 4515 | 330058 | 8208887 | 4529 | Transecto SG-He-T6 (SG-He-TR06) ubicado en la quebrada Jamochini 2 del EF 1 (Zona I). La vegetación circundante en la margen izquierda corresponde a bofedal y en la margen derecha predominan los matorrales mixtos |
| | | SG-He-T8 | 04/05/2018 | 9:42 | 10:50 | 330124 | 8208392 | 4580 | 330034 | 8208442 | 4586 | Transecto SG-He-T8 (SG-He-TR08) ubicado en el bofedal Jamochini del EF 1 (Zona I). El transecto se inicia a 300 m aguas abajo de la intersección de la quebrada con la carretera |
| | | SG-He-T9 | 04/05/2018 | 12:43 | 14:02 | 329926 | 8208738 | 4523 | 329943 | 8208628 | 4540 | Transecto SG-He-T9 (SG-He-TR09) ubicado en bofedal a 170 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Jamochini 2, en el ámbito del EF 1 (Zona I) |
| Microcuenca Itapallone (sector Corire) | | | | | | | | | | | | |
| Zona I | Atiñayoc (Corire) | SG-He-T7 | 03/05/2018 | 13:50 | 14:28 | 333765 | 8207918 | 4605 | 333661 | 8207923 | 4620 | Transecto SG-He-T7 (SG-He-TR07) ubicado en la quebrada Atiñayoc, parte alta de la microcuenca Itapallone en la zona 1 (zona V). La vegetación circundante está conformada matorrales mixtos |



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

Tabla 6-35. Ubicación de puntos de muestreo por transectos lineales de aves en en las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire) y Oyo Oyo

| N.º | Zona/EF | Zona | Código Transecto | Fecha | Hora | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 K Inicio | | Altitud (m s.n.m.) Inicio | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 K Final | | Altitud (m s.n.m.) Final | Formación vegetal | Descripción |
|----------------------------|---------|-----------------------------|------------------|------------|-------|---|-----------|---------------------------|--|-----------|--------------------------|-------------------|--|
| | | | | | | Este (m) | Norte (m) | | Este (m) | Norte (m) | | | |
| Microcuenca Agani-Ansamani | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | EF 3 | Agani-Ansamani (Pachacutec) | AV 01 | 04/05/2018 | 10:14 | 330983 | 8204545 | 4633 | 330552 | 8204827 | 4611 | Bofedal | Bofedal de pendiente leve, rodeado de piedras y rocas de diferentes tamaños ubicado al sur del PM San Gabriel |
| 2 | | | AV 02 | 04/05/2018 | 11:50 | 330247 | 8204491 | 4779 | 329763 | 8204669 | 4788 | Roquedal | Roquedal de pendiente moderada con presencia de poca vegetación ubicado al sur del PM San Gabriel |
| 3 | | | AV 03 | 04/05/2018 | 12:42 | 329850 | 8205000 | 4746 | 329669 | 8205451 | 4681 | Roquedal | Roquedal de pendiente moderada con presencia de poca vegetación ubicado al sur del PM San Gabriel |
| 4 | | | AV 04 | 06/05/2018 | 07:16 | 330425 | 8205011 | 4815 | 330173 | 8205434 | 4789 | Bofedal | Bofedal ubicado en el EF 3 (zona III), rodeado de piedras y rocas de diversos tamaños, ubicado al sur del PM San Gabriel. Con presencia de ganado en la zona |
| 5 | | | AV 05 | 06/05/2018 | 08:36 | 330170 | 8205465 | 4773 | 330196 | 8205975 | 4733 | Bofedal | |
| 6 | | | AV 06 | 06/05/2018 | 10:11 | 330188 | 8206011 | 4666 | 330019 | 8206479 | 4683 | Bofedal | |
| 7 | | | AV 07 | 06/05/2018 | 11:34 | 329881 | 8206483 | 4695 | 330090 | 8206033 | 4729 | Matorral mixto | |
| 8 | | | AV 08 | 06/05/2018 | 13:49 | 330473 | 8204813 | 4826 | 330108 | 8205151 | 4825 | Matorral mixto | |
| 9 | EF 4 | Japucucho - Agani 2 | AV 09 | 07/05/2018 | 08:37 | 332310 | 8206695 | 4848 | 331943 | 8206388 | 4794 | Bofedal | Bofedal de pendiente moderada, rodeado de rocas y piedras de diversos tamaños, con pequeños cuerpos de agua, ubicado en el EF 4 (zona IV) al sureste del PM San Gabriel. |
| 10 | | | AV 10 | 07/05/2018 | 10:15 | 331900 | 8206355 | 4787 | 331413 | 8206458 | 4746 | Bofedal | |
| 11 | | | AV 11 | 07/05/2018 | 11:29 | 331375 | 8206423 | 4743 | 330866 | 8206394 | 4703 | Bofedal | |
| 12 | | | AV 12 | 07/05/2018 | 12:17 | 330835 | 8206422 | 4701 | 330336 | 8206332 | 4672 | Bofedal | |
| 13 | | | AV 13 | 07/05/2018 | 14:00 | 330410 | 8206240 | 4704 | 330884 | 8206156 | 4764 | Matorral mixto | Matorral mixto ubicado en la ladera de montaña, con presencia de pequeños arbustos y pajonales cortos, rodeado de piedras y rocas de diferentes tamaños, al sureste del PM San Gabriel |
| 14 | | | AV 14 | 07/05/2018 | 15:21 | 330957 | 8206166 | 4769 | 331409 | 8206114 | 4791 | Matorral mixto | |



Handwritten notes and signatures in the left margin, including 'D.P.' and 'D.P.' with arrows pointing to specific rows in the table.



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 | Zona/EF | Zona | Código Transecto | Fecha | Hora | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 K Inicio | | Altitud (m s.n.m.) Inicio | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 K Final | | Altitud (m s.n.m.) Final | Formación vegetal | Descripción |
|----------------------------|---------|------------------------|------------------|------------|-------|---|-----------|---------------------------|--|-----------|--------------------------|-------------------|---|
| | | | | | | Este (m) | Norte (m) | | Este (m) | Norte (m) | | | |
| Microcuenca Agani-Ansamani | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | AV 15 | 08/05/2018 | 08:24 | 332551 | 8205984 | 4919 | 332696 | 8206453 | 4937 | Roquedal | Roquedal de pendiente moderada, con presencia de poca vegetación, ubicado al sureste del PM San Gabriel |
| 16 | | | AV 16 | 08/05/2018 | 09:09 | 332654 | 8206479 | 4928 | 332413 | 8206935 | 4916 | Roquedal | |
| 17 | EF 2 | Ceneguillayoc Quilcata | AV 17 | 08/05/2018 | 10:41 | 328621 | 8208104 | 4706 | 339129 | 8208078 | 4615 | Bofedal | Bofedal conservado de pendiente moderada, rodeado de piedras y rocas, ubicado al oeste del PM San Gabriel |
| | | | AV 18 | 08/05/2018 | 12:07 | 339157 | 8208077 | 4611 | 329360 | 8208049 | 4582 | Bofedal | |
| 19 | | | AV 19 | 08/05/2018 | 12:52 | 329396 | 8207851 | 4599 | 329252 | 8207396 | 4667 | Matorral mixto | Matorral mixto en ladera, ubicado en la quebrada Quilcata, al oeste del PM San Gabriel |
| 20 | | | AV 20 | 08/05/2018 | 14:32 | 332878 | 8207971 | 4747 | 328846 | 8207747 | 4724 | Roquedal | Roquedal de pendiente moderada, con presencia de poca vegetación, ubicado al oeste del PM San Gabriel |
| 21 | | | AV 21 | 09/05/2018 | 08:34 | 328573 | 8208179 | 4685 | 329015 | 8208317 | 4590 | Roquedal | |
| 22 | | | EF 1 | Jamochini | AV 22 | 11/05/2018 | 09:42 | 330369 | 8208276 | 4645 | 329942 | 8208495 | 4601 |
| 23 | AV 23 | 11/05/2018 | | | 09:57 | 330012 | 8208663 | 4583 | 330306 | 8208379 | 4639 | Matorral mixto | |
| 24 | AV 24 | 09/05/2018 | | | 12:25 | 330215 | 8208141 | 4641 | 330366 | 8207864 | 4699 | Roquedal | Roquedal de mediana extensión, con pendiente moderada, con presencia de poca vegetación, ubicado al noroeste del PM San Gabriel |
| 25 | AV 25 | 09/05/2018 | | | 14:52 | 330435 | 8208280 | 4633 | 329990 | 8208508 | 4553 | Bofedal | Bofedal de pendiente moderada, rodeado de piedras y rocas, ubicado al noroeste del PM San Gabriel |
| 26 | AV 26 | 09/05/2018 | | | 15:29 | 329982 | 8208528 | 4548 | 329883 | 8208936 | 4482 | Bofedal | |



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

| N.º | Zona/EF | Zona | Código Transecto | Fecha | Hora | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 K Inicio | | Altitud (m s.n.m.) Inicio | Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19 K Final | | Altitud (m s.n.m.) Final | Formación vegetal | Descripción |
|----------------------------|---------|-------------------|------------------|------------|-------|---|-----------|---------------------------|--|-----------|--------------------------|-------------------|---|
| | | | | | | Este (m) | Norte (m) | | Este (m) | Norte (m) | | | |
| Microcuenca Agani-Ansamani | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | Zona I | Atiñayoc (Corire) | AV 27 | 10/05/2018 | 09:11 | 332996 | 8206750 | 4935 | 332564 | 8206936 | 4960 | Roquedal | Roquedal con presencia de poca vegetación, ubicado al este del PM San Gabriel |
| 28 | | | AV 28 | 10/05/2018 | 10:54 | 332518 | 8206996 | 4955 | 332539 | 8207438 | 4975 | Roquedal | |
| 29 | | | AV 29 | 10/05/2018 | 11:45 | 332539 | 8207618 | 4942 | 332663 | 8208094 | 4974 | Suelo crioturbado | Vegetación de suelos crioturbados que se encuentra hacia el este del PM San Gabriel. Corresponde a las zonas de mayores altitudes del proyecto en la zona de Corire |
| 30 | | | AV 30 | 10/05/2018 | 12:37 | 332670 | 8208193 | 4981 | 332961 | 8208628 | 4928 | Suelo crioturbado | |
| Microcuenca Itapallone | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | EF 5 | Oyo Oyo | AV 31 | 12/05/2018 | 08:25 | 331217 | 8211 774 | 4226 | 330944 | 8211661 | 4184 | Rodal de Puya | Zona de rodal de puyas, ubicado en la ladera de montaña rodeado de rocas de gran tamaño, a 1.17 km en dirección del centro poblado de Santa Cruz de Oyo Oyo. Esta zona de evaluación se encuentra fuera del área de influencia del PM San Gabriel |

EF: Ecosistema frágil.

Tabla 6-36. Ubicación de puntos de muestreo por transectos lineales de mamíferos en en las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire) y Oyo Oyo

| N.º | Zona/ Ecosistema frágil | Zona | Transectos de evaluación | Coordenadas UTM WGS84 – Zona 19 K (Inicio) | | Altitud (m s.n.m.) Inicio | Coordenadas UTM WGS84 – Zona 19 K (Final) | | Altitud (m s.n.m.) Final | Descripción |
|----------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------|--|-----------|---------------------------|---|-----------|--------------------------|---|
| | | | | Este (m) | Norte (m) | | Este (m) | Norte (m) | | |
| Microcuenca Agani-Ansamani | | | | | | | | | | |
| 3 | EF 4 | Japucucho-Agani 2 | SGFaln-3 | 331041 | 8206329 | 4784 | 332185 | 8206034 | 4834 | Inicio en el bofedal Agani 2, a unos 50 m en dirección oeste del campamento, continua por las |

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

P.
 J.
 F.
 I.
 A.
 P.
 C.
 A.
 R.
 J.H.P.



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 | Zona/ Ecosistema frágil | Zona | Transectos de evaluación | Coordenadas UTM WGS84 – Zona 19 K (Inicio) | | Altitud (m s.n.m.) Inicio | Coordenadas UTM WGS84 – Zona 19 K (Final) | | Altitud (m s.n.m.) Final | Descripción |
|--|-------------------------------|----------|--------------------------------|--|--------------|---------------------------------|---|--------------|--------------------------------|---|
| | | | | Este (m) | Norte (m) | | Este (m) | Norte (m) | | |
| Microcuenca Agani-Ansamani | | | | | | | | | | |
| 13 | | | SGFaIn-13 | 331707 | 8209345 | 4875 | 330922 | 8209462 | 4768 | del EF 1 (zona I). En el recorrido se evaluaron formaciones rocosas y suelos crioturbados. |
| | | | SGFaIn-14 | 331498 | 8208420 | 4868 | 330416 | 8208693 | 4658 | Ubicado en la parte alta de la margen derecha de la quebrada Jamochini, a 400 metros de los futuros componentes mineros relavera, DME2, PAM y plataforma, en el ámbito del EF 1 (zona I) |
| Microcuenca Itapallone (sector Corire) | | | | | | | | | | |
| 14 | Zona I | Atiñayoc | SGFaIn-1 | 332796 | 8208455 | 4963 | 333726 | 8209202 | 4838 | Ubicado al este del PM San Gabriel, sector de Corire, ámbito de la zona 1 (zona IV). Es característica la presencia de formación de roquedal asociado a suelos crioturbados |
| | | | SGFaIn-2 | 333894 | 8209300 | 4856 | 335464 | 8209219 | 4500 | Ubicado en la parte alta del sector de Corire, al este del PM San Gabriel en el ámbito de la zona 1 (zona IV). Aquí predominan las formaciones rocosas asociadas a suelos crioturbados y matorral mixto |



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

Tabla 6-37. Ubicación de cámaras trampa para la evaluación de mamíferos en el área de influencia del PM de San Gabriel

| N.º | Zona/ Ecosistema frágil | Zona | Puntos de evaluación | Coordenadas UTM WGS84–Zona 19 K | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|----------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------------|--------------|-------------------------|---|
| | | | | Este (m) | Norte (m) | | |
| Microcuenca Agani-Ansamani | | | | | | | |
| 1 | EF 4 | Japucucho - Agani 2 | SGFaCT-1 | 332774 | 8206605 | 5008 | Sitio ubicado en la parte del sector Japucucho, en el ámbito del EF 4 (Zona IV). Donde predominan los roquedales y laderas escarpadas con poca vegetación |
| 2 | | | SGFaCT-2 | 332518 | 8206982 | 4950 | Sitio ubicado en la parte alta del sector Japucucho a 400 m en dirección noreste de la cámara trampa anterior en el ámbito del EF 4 (zona IV). Predominan los roquedales y laderas escarpadas con poca vegetación |

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

| N.º | Zona/ Ecosistema frágil | Zona | Puntos de evaluación | Coordenadas UTM WGS84-Zona 19 K | | Altitud (m s. n. m.) | Descripción |
|--|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------------|--------------|-------------------------|---|
| | | | | Este (m) | Norte (m) | | |
| Microcuenca Agani-Ansamani | | | | | | | |
| 3 | | | SGFaCT-3 | 331043 | 8206846 | 4789 | Sitio ubicado en la cima del cerro hacia el norte del bofedal Agani 2, en el ámbito del EF 4 (zona IV) |
| 4 | EF 3 | Zona Agani-Ansamani | SGFaCT-4 | 330806 | 8205359 | 4889 | Sitio ubicado al oeste del bofedal Agani (sector Pachacutec), que se caracteriza por presentar un roquedal con poca vegetación. Está ubicado a 500 m en dirección este de la carretera de acceso a la futura cantera 1 y el bofedal Agani en el EF 3 (zona III) |
| | | | SGFaCT-5 | 329929 | 8206017 | 4763 | Roquedal ubicado en el área norte del bofedal Pachacutec, a 400 m en dirección noroeste de la carretera de acceso a la zona de Lagunilla, en el EF (zona III) |
| 6 | EF 2 | Ceniguillayoc - Quilcata | SGFaCT-6 | 328958 | 8207501 | 4683 | Sitio ubicado en un roquedal asociado a matorral mixto, a 350 m en dirección sureste de la carretera de acceso a la zona de Quilcata en el EF 2 (zona II) |
| 7 | | | SGFaCT-7 | 328920 | 8207863 | 4689 | Sitio ubicado en un roquedal con pajonales y arbustos dispersos, se encuentra en la ladera hacia el sur del bofedal Quilcata a 100 m en dirección este de la carretera de acceso a la zona de Quilcata en el EF 2 (zona II) |
| 8 | | | SGFaCT-8 | 329413 | 8208755 | 4561 | Sitio ubicado en un roquedal de pendiente pronunciada, se encuentra en la margen izquierda de la quebrada Ansamani en el ámbito del EF 2 (zona II) |
| 9 | EF 1 | Jamochini | SGFaCT-9 | 330671 | 8208655 | 4703 | Sitio ubicado en la cima de montaña al norte de la futura relavera en la margen derecha de la quebrada Jamochini, comprende un roquedal y matorrales dispersos ubicados en el EF 1 (Zona I) |
| Microcuenca Itapallone (sector Corire) | | | | | | | |
| 10 | Zona I | Atiñayoc | SGFaCT-10 | 333092 | 8208698 | 4873 | Roquedal ubicado en el sector Corire en el ámbito de la zona 1 (zona IV), que corresponde al área de mayores altitudes del PM San Gabriel, donde predomina la vegetación de suelos crioturbados y algunos arbustos y pajonales dispersos. |



↑
 P.
 J.
 D.
 R.
 S.H.P.



6.10.3 Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros que se evaluaron en las comunidades de fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) fueron composición taxonómica, riqueza de especies, abundancia (número de individuos), diversidad alfa, diversidad beta. Adicionalmente se realizaron curva de acumulación de especies para determinar la eficacia del inventario de especies y análisis multivariados (Tabla 6-38).

Tabla 6-38. Parámetros evaluados en los grupos de fauna silvestre en las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (sector Corire) y Oyo Oyo

| Parametros | | Grupo de fauna silvestre | | |
|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------|------|-----------|
| | | Anfibios y reptiles | Aves | Mamíferos |
| Composición de especies | | x | x | x |
| Riqueza de especies | | x | x | x |
| Índice de ocurrencia | | - | - | x |
| Índice de abundancia o actividad | | - | - | 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 |



6.10.4 Equipos utilizados

Los registros de verificación y los certificados de calibración del equipo de la evaluación ambiental, se muestra en los reportes de campo el Anexo B.

6.10.5 Criterios de comparación

Los resultados de la evaluación de la fauna silvestre fueron comparados con la información precitada en los IGA y con estudios en ecosistemas similares cercanos al área de estudio.

6.10.6 Procesamiento de datos

Para el análisis de datos obtenidos en la evaluación del componente fauna silvestre, se realizaron los cálculos detallados a continuación.

a. 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 durante las evaluaciones se utilizó bibliográfica especializada, bases de datos en línea, así como colecciones científicas de referencia (Departamento de Herpetología

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



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

del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Museo de Historia Natural de San Antonio Abad del Cusco y otros).

En cuanto a los anfibios la nomenclatura y clasificación taxonómica, corresponde a la utilizada en Frost (2018). Respecto a los reptiles se sigue la nomenclatura de Uetz (2017).

En el caso de aves, el listado de las aves siguió la clasificación taxonómica de la lista de aves de Perú (Plenge, 2017). Para la caracterización de las aves se presentó 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 permitió estimar su abundancia relativa; para lo cual se emplearon los índices de ocurrencia (IO) y abundancia (IA) de especies de Boddicker (Boddicker *et al.*, 2002).

b. Diversidad Alfa

Se usarán índices de diversidad alfa como el Índice de Shannon-Wiener y el índice de Simpson.

El índice de Shannon-Wiener (H'), expresa la uniformidad de los valores de importancia de todas las especies de 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:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \tag{6.17}$$

Donde:

H': índice de diversidad de la muestra

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

El índice de diversidad de Simpson manifiesta la probabilidad de que 2 individuos de una muestra seleccionados al azar pertenezcan a 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:

$$1 - D = 1 - \sum p_i^2 \tag{6.18}$$

Donde:

p_i: 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 muestra en relación con la máxima diversidad esperada. Su valor varía entre 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 fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$



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



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

Donde:
H' max: ln S
J': Índice de equidad de Pielou
H': Índice de Shannon-Wiener

c. Diversidad beta

El índice de similaridad de Morisita expresa cuan semejantes son 2 muestras en base a la abundancia proporcional de cada especie en dichas muestras (Magurran, 1988; Krebs, 1989; Moreno, 2001). Este índice está definido por:

$$Morisita_{jk} = \frac{2 \sum_{i=1}^s (x_{ij}x_{ik})}{(\lambda_1 + \lambda_2) \sum_{i=1}^s x_{ij} \sum_{i=1}^s x_{ik}} \tag{6.19}$$

Donde:

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

El índice de Jaccard se usó para determinar las similitudes entre 2 muestras en base a las especies presentes en ellas. Los valores que se aproximan a 1 indican mayor similitud entre las comunidades de mamíferos comparadas y el 0 indica que no se compartió ninguna especie. La fórmula es el siguiente:

$$I_j = a/a+b+c \tag{6.20}$$

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 elaboró dendrogramas mediante la unión de pares promedio - UPGMA utilizando el programa estadístico PAST V 3.0 (Hammer *et al.*, 2001).

d. Curva de acumulación de especies

Se realizaron curvas de acumulación de especies para determinar la eficiencia de muestreo y el cálculo de especies potenciales en el área de estudio, para ello se utilizaron los modelos paramétricos asintóticos de Clench y el exponencial y un modelo no asintótico logarítmico, calculados mediante procesos estocásticos de nacimientos puros en el programa «Species Accumulation» que escoje el mejor modelo en base proporciones probabilísticas (Días-Frances y Soberón, 2005).

El modelo de Clench es recomendado para estudios en sitios de áreas extensas y cuando los colectores han acumulado experiencia, incrementando la probabilidad de detectar nuevas especies, mientras más tiempo se permanece en campo (Soberón y Llorente, 1993). El modelo exponencial es recomendado para zonas de muestreo pequeñas, donde el grupo taxonómico estudiado es bien conocido y, por ende, todas las especies tienen una alta probabilidad de ser detectadas (Jimenez-Valverde y Hortal 2003; Soberón y Llorente, 1993). Por el contrario, el modelo logarítmico, es un modelo no asintótico y es útil para describir comunidades de zonas de estudio amplias y donde la riqueza del grupo taxonómico es poco conocido (Días-Frances y Soberón,



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



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

2005). En la Tabla 6-39, se detallan las fórmulas de cálculo de los modelos mencionados.

Tabla 6-39. Fórmulas de los modelos para las curvas de acumulación de especies.

| Modelo | Fórmula | Formula de Asintota (Especies esperadas) |
|-------------|--|---|
| Exponencial | $(a/b) (1 - e^{-bt})$ | a/b |
| Clench | $at/(1+bt)$ | a/b |
| Logaritmico | $(1 - e^{-b})^{-1} \log (1 + (1 - e^{-b}) at)$ | - |

Donde: t representa el esfuerzo de muestreo y a y b los parámetros de ajuste de la curva.

La eficiencia de muestreo se midió en porcentaje de eficiencia, comparando el número de especies observados versus el número de especies esperadas.

e. Análisis multivariados

Para visualizar la estructura de la comunidad de especies de herpetozoos y aves, ponderadas 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.

Complementariamente se realizó un análisis de similitud entre grupos ANOSIM, en el caso de la herpetofauna, usado para comparar muestras en base a la composición de taxones (Clarke, 1983) y un análisis de permutaciones PERMANOVA para las comunidades de aves, este análisis es semejante a un análisis de varianza, pero está basada en permutaciones calculadas mediante el algoritmo de montercarlo, siendo recomendado para comunidades que no cumplen los supuestos de normalidad (Anderson *et al.*, 2008). Posteriormente se calculó el porcentaje de disimilitud SIMPER para establecer cuáles fueron las especies que tienen mayor contribución en la diferenciación de las comunidades. Estos análisis se realizaron con el paquete Vegan (Oksanen *et al.*, 2017) en el programa R (R Core Team 2018).

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 final 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 respecto a las variables asociadas a los ejes del PCA. Este análisis se realizó con el paquete Factoextra (Kassambara y Mundt, 2017) en el programa R (Core Team 2018).

f. 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 distribución geográfica de la especie. Adicionalmente se consultó 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.

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



Handwritten signature and initials in blue ink, including 'SMPB' at the bottom.



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

determinaron según Stolz *et al.* (1996) y las especies endémicas según el EBA: *Endemic Bird Area*²⁷ se determinaron de acuerdo con la lista de los EBA de la BirdLife Internacional (Stattersfield *et al.* 1998).

Las especies endémicas de mamíferos se determinan utilizando la publicación de Pacheco *et ál.* (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 en la presente EAT, 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 listó las especies incluidas en los apéndices de la Cites (2018) y las especies incluidas en los apéndices de la CMS: *Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals*²⁸ (2015).

7. RESULTADOS

Los resultados obtenidos durante la evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel y zonas aledañas se encuentran detallados en el Anexo C; las matrices evaluadas fueron agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas, así como estudios especializados de caracterización hidroquímica, suelo, caracterización geológica, caracterización de drenaje ácido de roca, flora y fauna.



7.1 Resultados de agua comparados con los ECA 2015 y 2017, sedimentos comparados con la CCME y análisis de las comunidades hidrobiológicas

Con la finalidad de realizar la interpretación y el análisis de los resultados de la evaluación de los componentes ambientales: agua superficial, agua subterránea, sedimentos e hidrobiología (comunidades hidrobiológicas), realizados en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018), el estudio se dividió en 4 microcuencas, las cuales se detallan a continuación:

- Microcuenca Agani-Ansamani: conformada por las quebradas Agani, Agani 2, Ansamani, Ceniguillayoc, Quilcata y Jamochini.
- Microcuenca Itapallone (sector Corire): conformada por las quebradas Apacheta, Katrina, Atiñayoc, Corire, Cruzana, y Millahuaico.
- Microcuenca Chaclaya: conformada por las quebradas Llaullacaso, Pacolle y su continuación en la quebrada Chaclaya.
- Microcuenca Oyo Oyo: conformada por las quebradas Oyo Oyo y Chalsani.

Vertical list of handwritten initials and signatures on the left margin.

²⁷ Traducido al español como área de aves endémicas.
²⁸ 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»

7.1.1 Microcuenca Agani-Ansamani

Esta microcuenca está conformada por los cursos de agua de las quebradas Ceniguillayoc, Quilcata, Jamochini, Agani 2 y propiamente dicho las quebradas Agani y Ansamani, hasta su desembocadura en el río Ichuña; el estudio de esta microcuenca inicia en el punto de muestreo QAgan-01 y culmina en el punto de muestreo QAnsa-01. En la Figura 7-1 se representan los puntos de muestreo de esta microcuenca, los cuales se agruparon en 5 zonas; la descripción y ubicación geográfica de cada punto de muestreo se presenta en los reportes de campo (Anexo B).



Vertical handwritten text and signature on the left margin, including the letters 'P', 'A', 'R', and a signature 'SH'.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

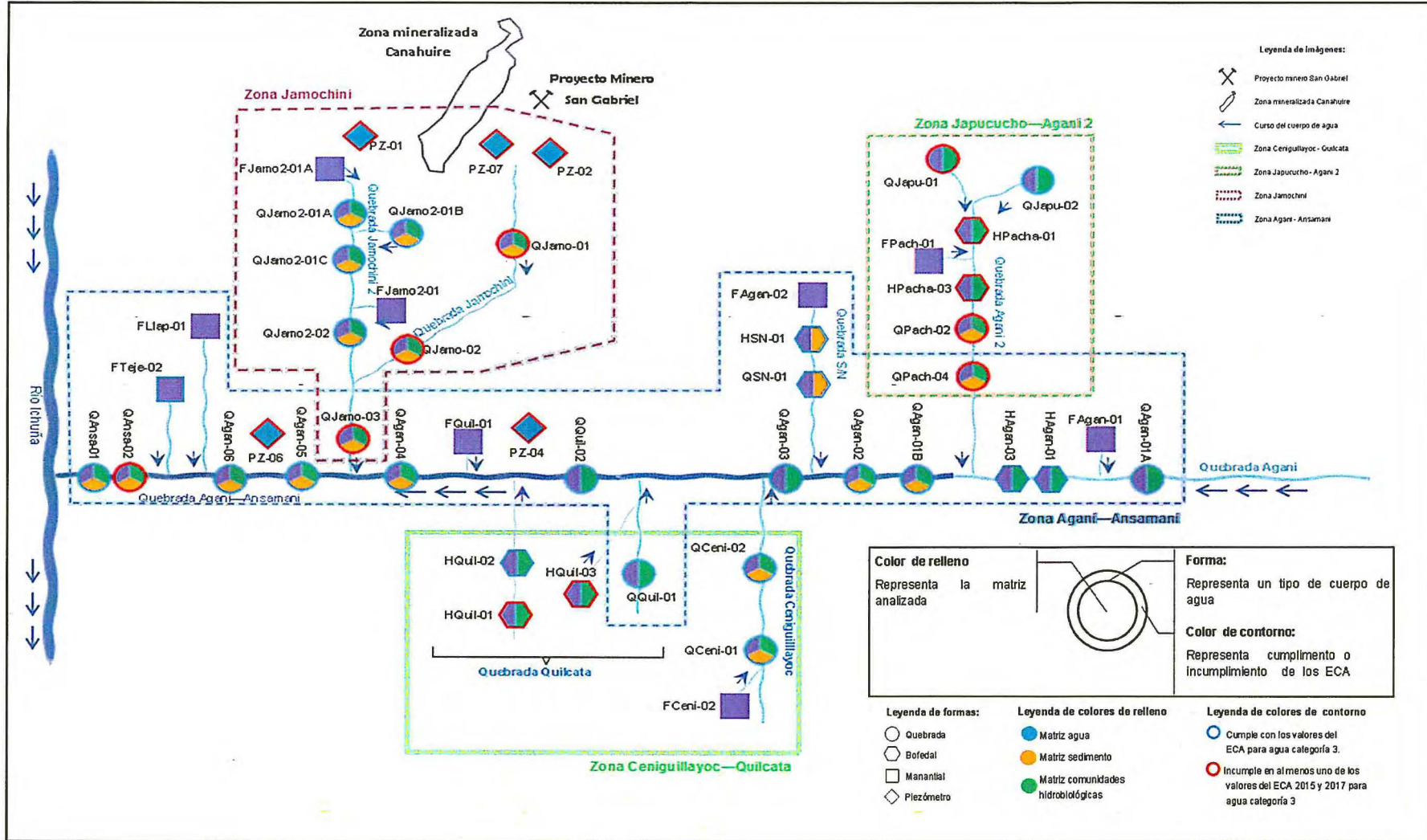


Figura 7-1. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial en la microcuenca Agani-Ansamani

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»

Las 5 zonas en las cuales se subdividió la microcuenca Agani-Ansamani fueron:

- Zona Japucucho-Agani 2: comprende los puntos de muestreo de la quebrada Agani 2 desde el punto de muestreo QJapu-01 hasta el punto QPach-04.
- Zona Ceniguillayoc-Quilcata: comprende los puntos de muestreo de la quebrada Ceniguillayoc y Quilcata, desde el punto FCeni-02 hasta el punto QCeni-02 en la quebrada Ceniguillayoc y desde el punto QQuil-01 hasta el punto HQuil-02 en la quebrada Quilcata.
- Zona Jamochini: comprende los puntos de muestreo de las quebradas Jamochini y Jamochini 2, desde los puntos FJamo2-01A y QJamo-01 hasta el punto QJamo-03.
- Zona Agani-Ansamani: comprende los puntos de muestreo de la quebrada Agani-Ansamani, desde el punto QAgan-01A al punto QAnsa-01.

Los parámetros de los puntos de muestreo de agua superficial de la microcuenca Agani-Ansamani que incumplieron los ECA para agua 2015 y 2017, categoría 3, se presentan en la Tabla 7-1 y los informes de ensayo se adjuntan en el Anexo C.

Tabla 7-1. Parámetros que incumplieron los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3 en la microcuenca Agani-Ansamani

| Microcuenca | Zona | Cuerpo de agua | Punto de muestreo | Código IGA | ECA agua 2015 y 2017 | | | |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|---------|------------------|---------|
| | | | | | Categoría 3 (D1) | | Categoría 3 (D2) | |
| | | | | | Avenida | Estiaje | Avenida | Estiaje |
| | | | | | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 |
| Microcuenca Agani-Ansamani | Zona Japucucho-Agani 2 | Quebrada Japucucho | QJapu-01 | -- | pH | pH | pH | pH |
| | | Quebrada Japucucho | QJapu-02 | -- | -- | SF | -- | SF |
| | | Bofedal Agani 2 | HPacha-01 | -- | pH-Co-Al-Mn | SF | pH-Al-Mn | SF |
| | | Manantial Agani 2 | FPach-01 | -- | pH | SF | pH | SF |
| | | Bofedal Agani 2 | HPacha-03 | -- | Mn | Mn | Mn | Mn |
| | | Quebrada Agani 2 | QPach-02 | SW-AG-08 | Mn | -- | Mn | -- |
| | | Quebrada Agani 2 | QPach-04 | -- | Mn | -- | Mn | -- |
| | Zona Ceniguillayoc-Quilcata | Manantial Ceniguillayoc | FCeni-02 | S-06 (MA-AG-120) | -- | -- | -- | -- |
| | | Quebrada Ceniguillayoc | QCeni-01 | SW-AG-20 | -- | -- | -- | -- |
| | | Quebrada Ceniguillayoc | QCeni-02 | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | Bofedal Quilcata | HQuil-03 | -- | pH | pH | pH | pH |
| | | Bofedal Quilcata | HQuil-01 | -- | Fe-Mn | -- | Mn | -- |
| | | Bofedal Quilcata | HQuil-02 | -- | -- | SF | -- | SF |
| | Zona Jamochini | Manantial Jamochini 2 | FJamo2-01A | -- | -- | SF | -- | SF |
| | | Quebrada Jamochini 2 | QJamo2-01A | -- | -- | SF | -- | SF |
| | | Quebrada Jamochini 2 | QJamo2-01B | -- | -- | SF | -- | SF |
| | | Quebrada Jamochini 2 | QJamo2-01C | -- | -- | SF | -- | SF |
| | | Manantial Jamochini 2 | FJamo2-01 | S-14 (MA-AG-80) | pH | pH | pH | pH |
| | | Quebrada Jamochini 2 | QJamo2-02 | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | Quebrada Jamochini | QJamo-01 | SW-AG-40 / SWQ-CH-08 | Mn | Mn | Mn | Mn |
| | | Quebrada Jamochini | QJamo-02 | ACH-7 | Mn | Mn | Mn | Mn |
| | | Quebrada Jamochini | QJamo-03 | -- | Mn | -- | Mn | -- |
| | | Agua subterránea | PZ-01 | CCP10-217 | Pb | Mn-Pb | Pb | Mn-Pb |
| | Agua subterránea | PZ-07 | GW-CH-09 | Mn-Fe | NE | Mn | NE | |
| | Agua subterránea | PZ-02 | CCP10-215 | Pb | NE | Pb | NE | |



Handwritten signature and initials in blue ink, including 'D. P. S.', 'P. S.', 'R. S.', and 'D. S.'.



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

| Microcuencia | Zona | Cuerpo de agua | Punto de muestreo | Código IGA | ECA agua 2015 y 2017 | | | |
|------------------------|---------------------------|----------------|--------------------|--------------|----------------------|---------|------------------|---------|
| | | | | | Categoría 3 (D1) | | Categoría 3 (D2) | |
| | | | | | Avenida | Estiaje | Avenida | Estiaje |
| | | | | | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 |
| Zona Agani-Ansamani | Quebrada Agani | QAgan-01A | -- | -- | SF | -- | SF | |
| | Manantial Agani | FAgan-01 | S-03 (MA-Ag-05) | -- | pH | -- | pH | |
| | Bofedal Agani | HAgan-01 | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | Bofedal Agani | HAgan-03 | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | Quebrada Agani 2 | QPach-04 | -- | Mn | -- | Mn | -- | |
| | Quebrada Agani | QAgan-01B | SW-AG-10 | -- | -- | -- | -- | |
| | Quebrada Agani | QAgan-02 | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | Manantial S/N | FAgan-02 | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | Bofedal S/N | HSN-01 | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | Bofedal S/N | QSN-01 | MG-AG-35 | -- | -- | -- | -- | |
| | Quebrada Ceniguillayoc | QCeni-02 | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | Quebrada Quilcata | QQuil-02 | SW-AG-30/ACH-1 | -- | -- | -- | -- | |
| | Manantial Quilcata | FQuil-01 | S-22 (MA-AG-47) | pH | -- | pH | -- | |
| | Quebrada Quilcata | QQuil-01 | SW-AG-25 | -- | -- | -- | -- | |
| | Quebrada Agani | QAgan-03 | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | Quebrada Agani | QAgan-04 | ASG1 | -- | -- | -- | -- | |
| | Quebrada Jamochini | QJamo-03 | -- | Mn | -- | Mn | -- | |
| | Quebrada Agani | QAgan-05 | SW-AG-50 /ACH-6 | -- | -- | -- | -- | |
| | Quebrada Agani | QAgan-06 | SW-AG-55 | -- | -- | -- | -- | |
| | Quebrada Ansamani | QAnsa-01 | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | Quebrada Ansamani | QAnsa-02 | SW-AG-60 | -- | pH | -- | pH | |
| Manantial Llapapampa | FLlap-01 | -- | pH | pH | pH | pH | | |
| Manantial Tejejo | FTeje-02 | -- | -- | -- | -- | -- | | |
| Agua subterránea | PZ-04 (**) | AMP-02 | B-Mn | Mn | Mn | Mn | | |
| Agua subterránea | PZ-06 (**) | CCP12-451 | pH-Fe- Mn | pH-Fe- Mn | pH-Mn | pH-Mn | | |

(--): Sin observaciones.

(*): Puntos de muestreo de manantial destinado para agua de consumo humano.

(**): Punto de muestreo de agua subterránea.

SF: Sin flujo de agua durante la temporada.

pH: Potencial de hidrógeno, B: Boro; Mn: Manganeso; Fe: Hierro.

ECA agua 2015: Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM. Modifican los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

ECA agua 2017: Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

- Zona Japuchucho-Agani

a. Agua superficial

De la comparación de resultados fisicoquímicos de la zona de Japuchucho-Agani con los ECA para agua 2015 y 2017, categoría 3 (Tabla 7-1), las variables que incumplieron en esta zona con las normas referidas fueron potencial de hidrógeno (pH), aluminio, cobalto y manganeso. Todos los resultados de los parámetros evaluados en esta zona se presentan en el Anexo C.





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

Potencial de hidrógeno (pH)

El potencial de hidrógeno en ambas temporadas, en el agua superficial de la quebrada Japucucho (QJapu-01) y, en temporada de avenida en el bofedal Agani (HPacha-01) y manantial Agani (FPacha-01), incumplió los rangos establecidos en los ECA para agua (2015 y 2017) categoría 3 (Figura 7-2).

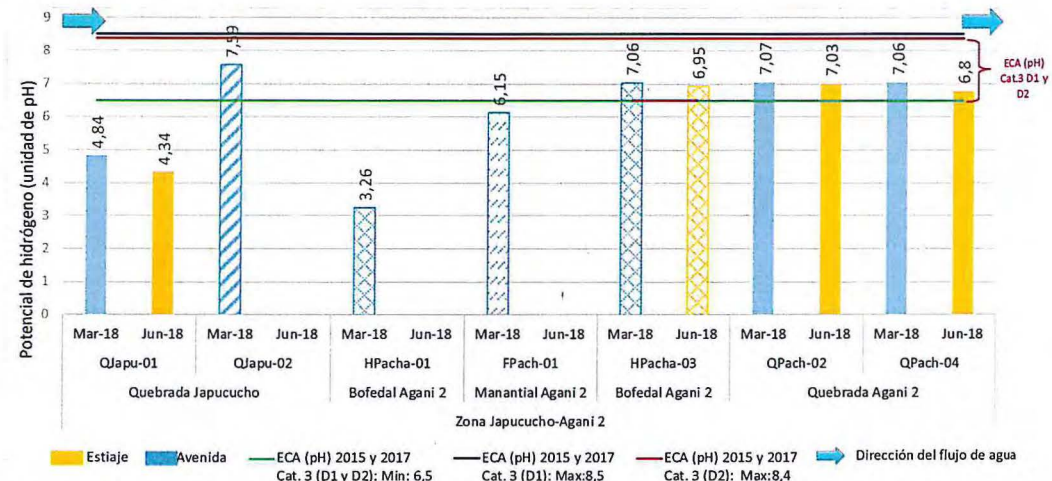


Figura 7-2. Potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios, los colores en malla representan los bofedales y los colores en ondas discontinuas representan los manantiales.

Aluminio (Al)

La concentración de aluminio en el bofedal Agani 2 (HPacha-01) en temporada de avenida, incumplió los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3 (Figura 7-3).

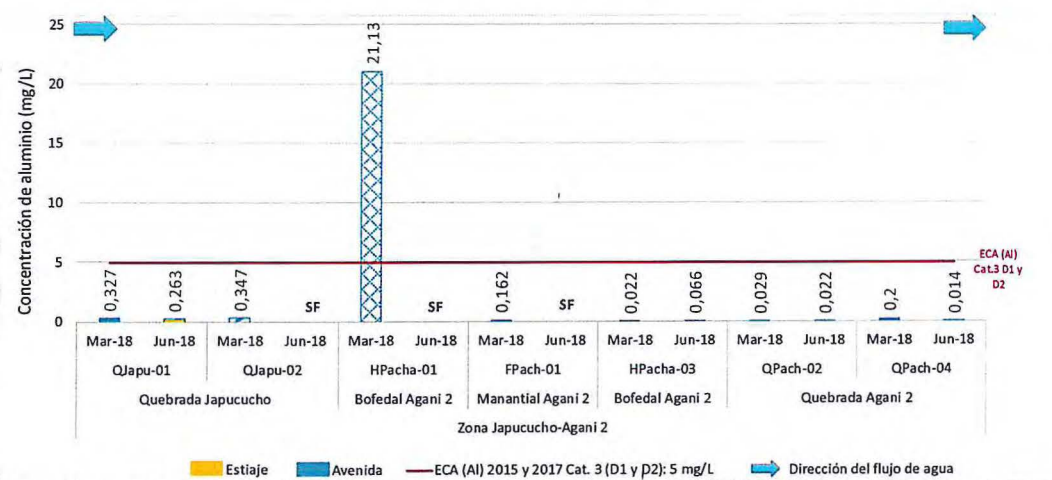


Figura 7-3 Concentración de aluminio en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios, los colores en malla representan los bofedales y los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

• Cobalto (Co)

En la temporada de avenida, la concentración de cobalto en el agua superficial del bofedal Agani (HPacha-01), incumplió con los ECA para agua 2015 y 2017, categoría 3, subcategorías D1 (Figura 7-4).

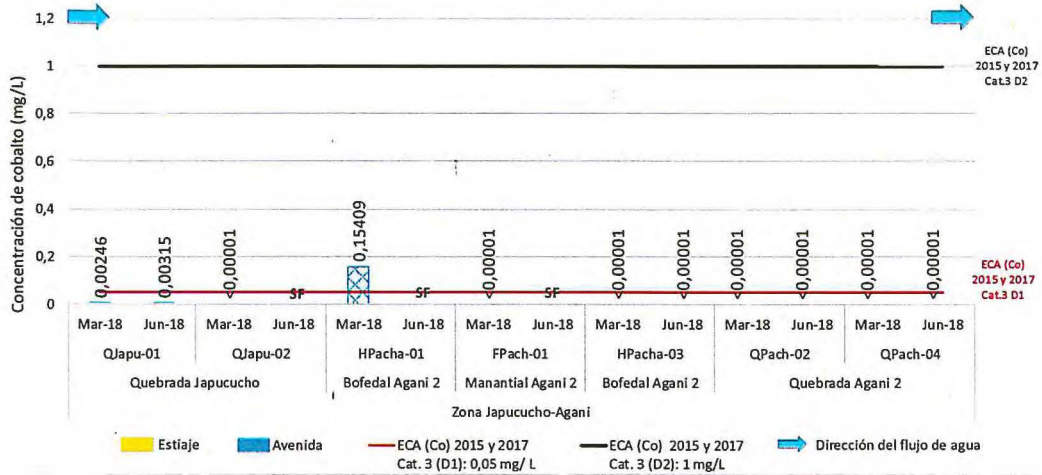


Figura 7-4. Concentración de cobalto en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios, los colores en malla representan los bofedales y los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua

• Manganeso (Mn)

En el agua superficial del bofedal Agani, la concentración de manganeso en la temporada de avenida, en los puntos de muestreo HPacha-01, QPach-02 y QPach-04 y en ambas temporadas en el punto de muestreo HPacha-03, incumplieron los ECA para agua 2015 y 2017, categoría 3 (Figura 7-5).

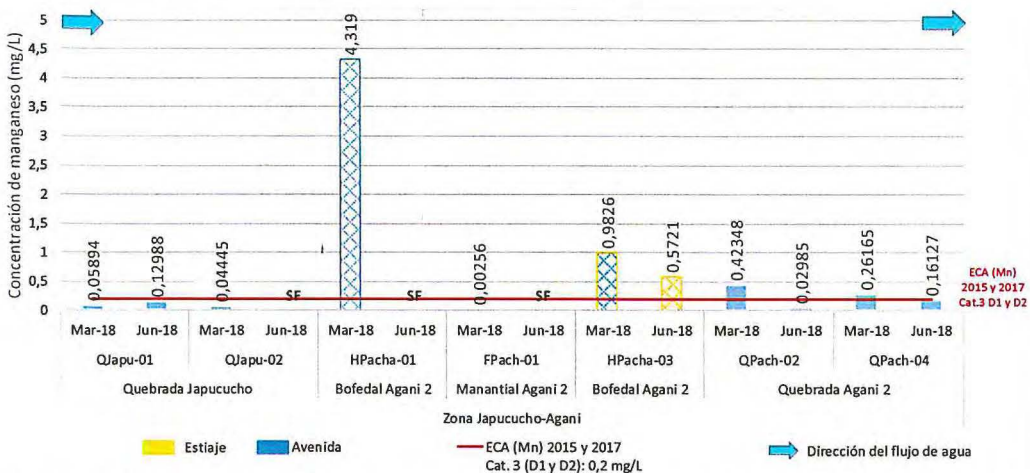


Figura 7-5. Concentración de manganeso en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en malla representan los bofedales y los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua



Vertical handwritten signature and notes on the left margin.

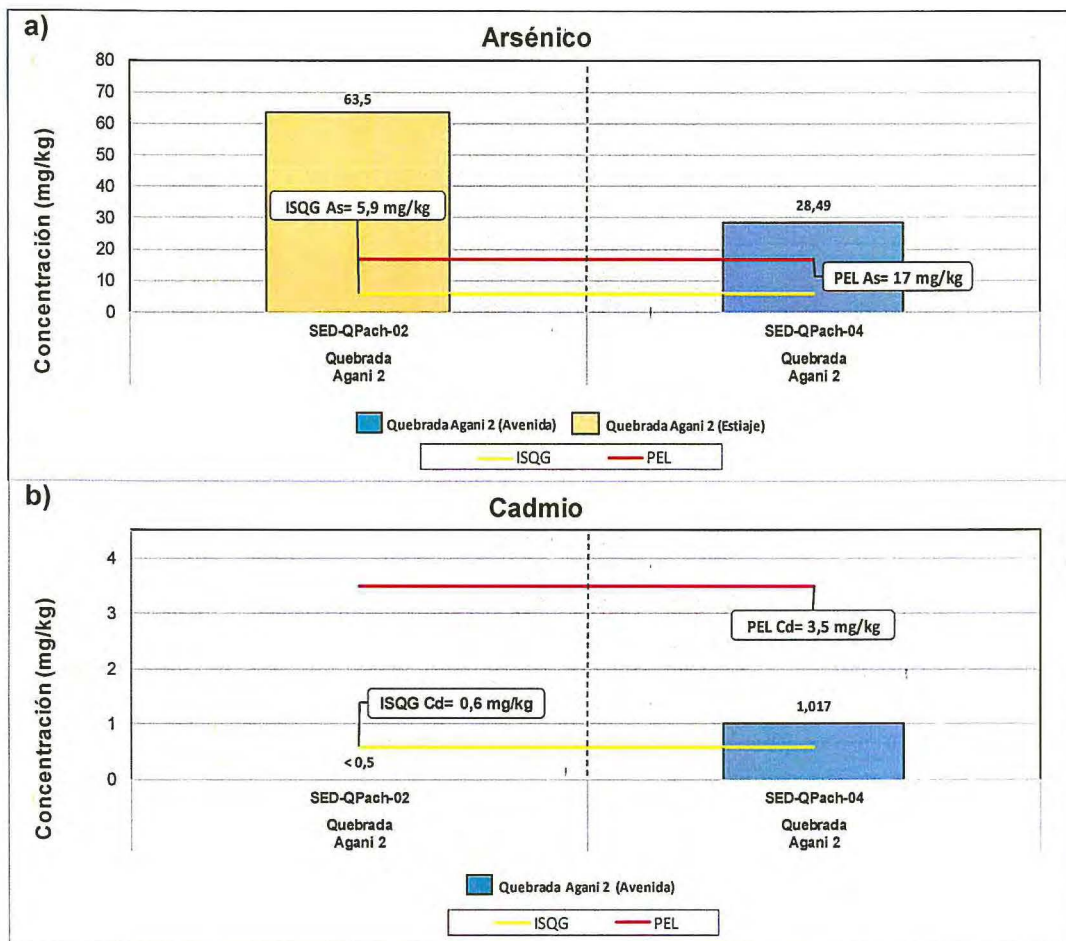


«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

b. Sedimento

Durante la evaluación de la zona Japucucho-Agani 2 se colectaron muestras de sedimento en 2 puntos de la quebrada Agani 2 (SED-QPach-02 y SED-QPach-04).

En la quebrada Agani 2, durante el período de estiaje, la concentración de arsénico en el punto SED-QPach-02 superó el valor PEL, mientras que las concentraciones de cobre, mercurio y zinc solo superaron el valor ISQG. Asimismo, para el periodo de avenida, en el punto SED-QPach-04 las concentraciones de arsénico y mercurio superaron el valor PEL, en cambio las concentraciones de cadmio y cobre solo superaron el valor ISQG de la CCME. (Figura 7-6). Todos los resultados de los parámetros evaluados en la zona Japucucho-Agani 2 se encuentran en el Anexo C.



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



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

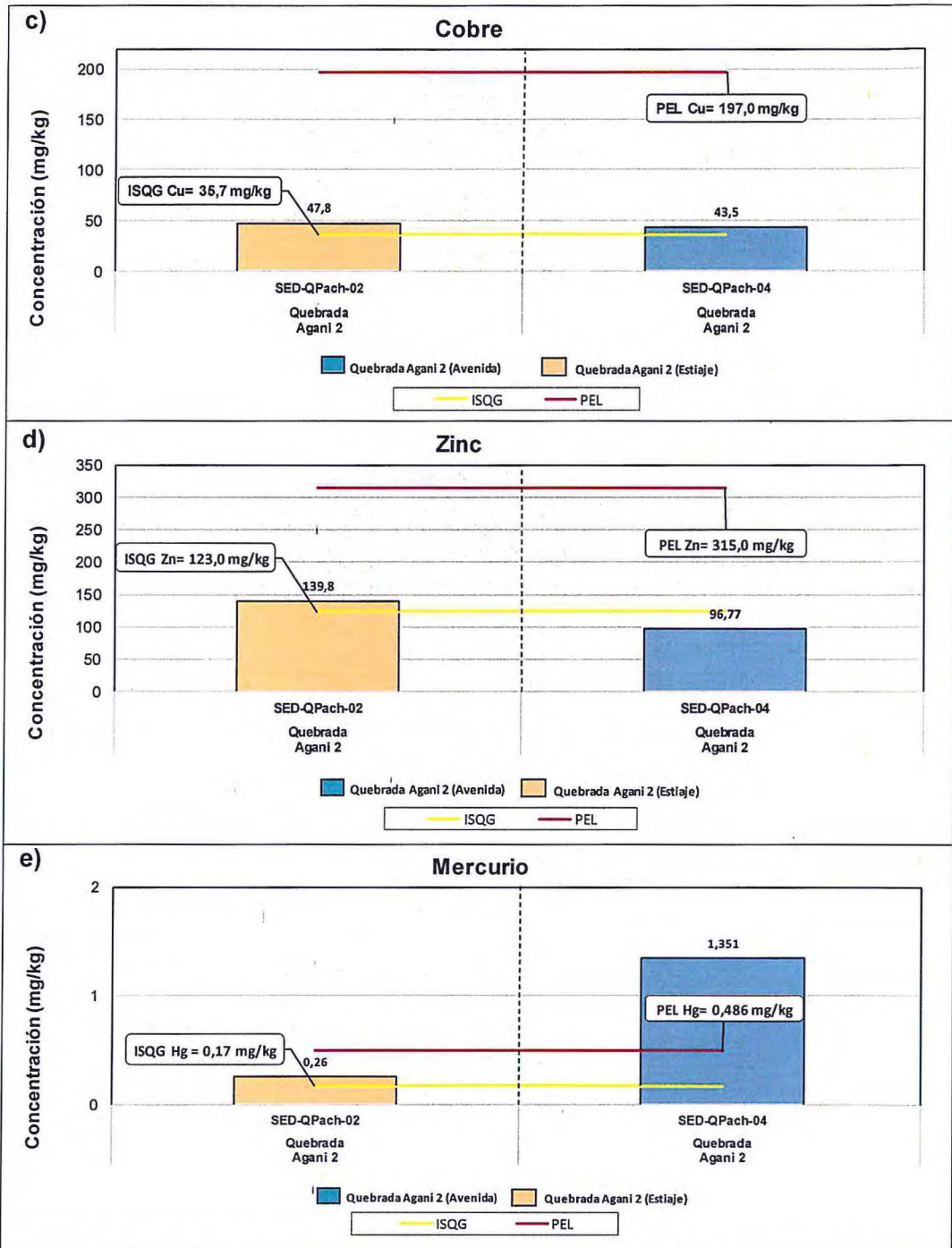


Figura 7-6. Concentraciones de metales en sedimentos en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2: a) arsénico, b) cadmio, c) cobre, d) zinc y e) mercurio

c. Comunidades hidrobiológicas

c.1. Macroinvertebrados bentónicos

Riqueza

En la zona Japucucho-Agani 2 la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 29 especies, agrupadas en 3 phyla, 6 clases y 10 órdenes.



Vertical handwritten text and signature on the left margin.



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

El orden Díptera registró la mayor riqueza con 17 especies, seguida por el orden Trombidiformes con 3 especies. En el Anexo C se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 7-7 se presentan los resultados de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que el punto HB-QPach-04, ubicado en la quebrada Agani 2, registró la mayor riqueza para ambas temporadas con 24 especies en avenida (marzo 2018) y 18 especies en estiaje (junio 2018); por otro lado, el punto HB-QJapu-01, ubicado en la quebrada Japucucho, registró la menor riqueza para ambas temporadas con 4 especies en avenida y 2 especies en estiaje.

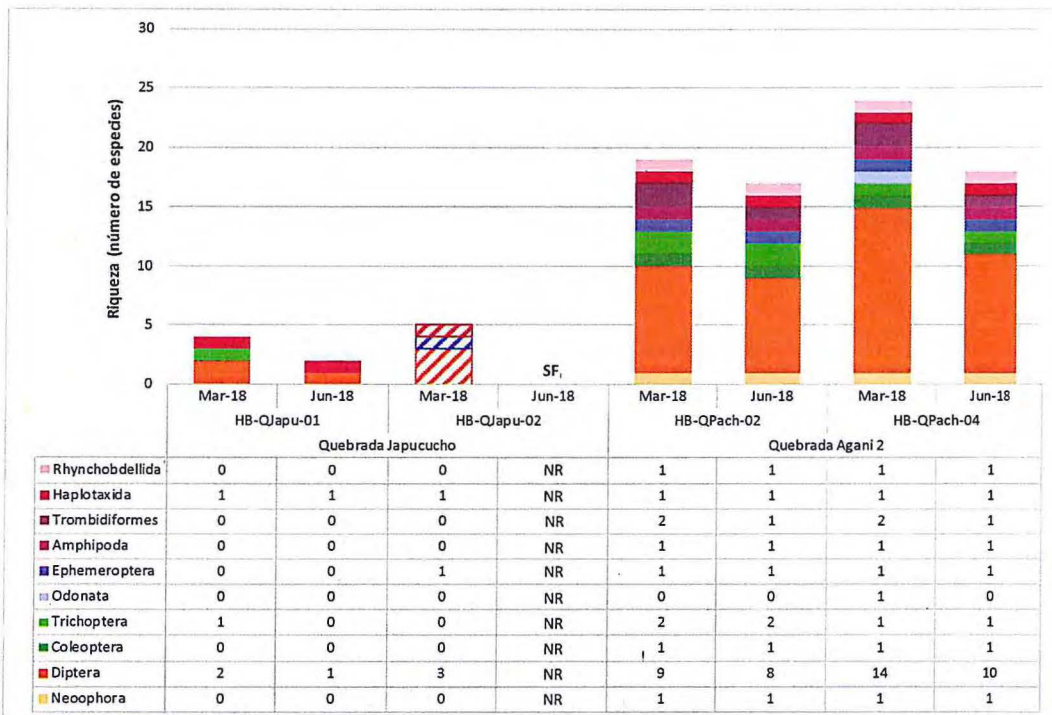


Figura 7-7. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2

Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios. SF: punto sin flujo de agua; NR: parámetro no registrado

Abundancia

En la Figura 7-8 se presentan los resultados de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que el punto HB-QPach-04, ubicado en la quebrada Agani 2, registró la mayor abundancia para ambas temporadas con 2042 individuos en avenida (marzo 2018) y 619 individuos en estiaje (junio 2018); por otro lado, el punto HB-QJapu-01, ubicado en la quebrada Japucucho, registró la menor abundancia con 10 individuos en cada temporada.



Handwritten signatures and initials in blue ink, including 'P.', 'A.', 'R.', and 'M.P.B.'.



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

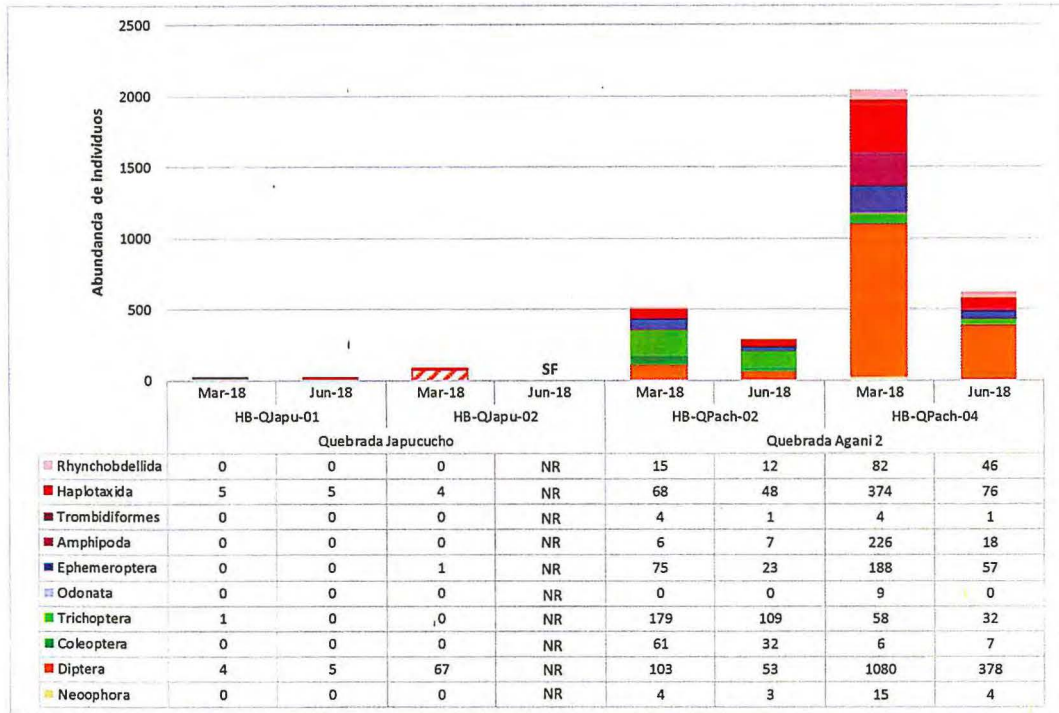


Figura 7-8. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2

Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios. SF: punto sin flujo de agua; NR: parámetro no registrado



Índices de diversidad

En la Tabla 7-2 se presentan los resultados de los índices de diversidad alfa: riqueza de especies, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener (H'), diversidad de Simpson (1-λ), dominancia de Simpson (λ) y equidad de Pielou (J'), por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que para ambas temporadas el punto HB-QPach-04 (quebrada Agani 2) registró los mayores valores de riqueza (24 especies en avenida y 18 especies en estiaje), diversidad de Shannon-Wiener (3,411 en avenida y 3,333 en estiaje), diversidad de Simpson (0,887 en avenida y 0,875 en estiaje); los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (0,744 en avenida y 0,799 en estiaje), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie registrada para esta zona.

Tabla 7-2. Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2

Table with 9 columns: Cuerpo de agua, Puntos de muestreo, Temporada, and various diversity indices (Riqueza de especies, Abundancia de individuos, etc.) for different water bodies and seasons.

NR: parámetro no registrado

Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



Índices Bióticos

En la Tabla 7-3 se presentan los resultados de la calidad ecológica del agua por punto de muestreo y temporada de evaluación, determinada referencialmente a partir del índice biótico de familia (IBF), el porcentaje de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (% EPT) y el índice biótico andino (ABI). Para el índice IBF, el punto HB-QPach-02 (quebrada Agani 2) registró el menor valor en ambas temporadas con 5,15 en avenida y 5,38 en estiaje, que corresponde a una regular calidad ecológica del agua; mientras que el punto HB-QJapu-01 (quebrada Japucucho) registró el mayor valor en ambas temporadas con 6,80 en avenida y 7,00 en estiaje, que corresponde a una pobre calidad ecológica del agua. Para el índice % EPT, el punto HB-QJapu-01 registró el mayor valor en temporada de avenida con 25 % (regular) pero el menor en temporada de estiaje con 0 % (mala). Para el índice ABI, el punto HB-QPach-02 registró el mayor valor en ambas temporadas con 63 en avenida y 59 en estiaje, que corresponde a una buena calidad ecológica del agua; mientras que el punto HB-QJapu-01 registró el menor valor en ambas temporadas con 9 en avenida y 3 en estiaje, que corresponde a una pésima calidad ecológica del agua

Tabla 7-3. Índices bióticos y calidad ecológica del agua por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2

| Cuerpo de agua | Quebrada Japucucho | | | | Quebrada Agani 2 | | | |
|-------------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|------------------|-------------|--------------------|--------------------|
| | HB-QJapu-01 | | HB-QJapu-02 | | HB-QPach-02 | | HB-QPach-04 | |
| Punto de muestreo | HB-QJapu-01 | HB-QJapu-02 | HB-QJapu-01 | HB-QJapu-02 | HB-QPach-02 | HB-QPach-02 | HB-QPach-04 | HB-QPach-04 |
| Temporada | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 |
| Índice IBF | 6,80 | 7,00 | 6,06 | NR | 5,15 | 5,38 | 6,49 | 6,27 |
| Calidad | Pobre | Pobre | Regularmente pobre | NR | Regular | Regular | Regularmente pobre | Regularmente pobre |
| Índice %EPT | 25,00 | 0,00 | 20,00 | NR | 15,79 | 17,65 | 8,33 | 11,11 |
| Calidad | Regular | Mala | Mala | NR | Mala | Mala | Mala | Mala |
| Índice ABI | 9 | 3 | 17 | NR | 63 | 59 | 61 | 47 |
| Calidad | Pésimo | Pésimo | Malo | NR | Bueno | Bueno | Bueno | Bueno |

NR: parámetro no registrado



c.2. Perifiton

Esta comunidad está conformada por una parte vegetal (microalgas) y una parte animal (microorganismos). Para el análisis de esta comunidad se consideró solo a las microalgas, debido a la baja diversidad de los microorganismos. En el Anexo D, se detalla el registro completo de las especies del perifiton.

Riqueza

En la zona Japucucho-Agani 2 la comunidad del perifiton (microalgas) estuvo representada por 97 especies agrupadas en 5 phyla. El phylum Bacillariophyta registró la mayor riqueza con 59 especies, seguida por el phylum Cyanobacteria con 17 especies. En el Anexo C se presenta el registro completo del perifiton.

En la Figura 7-9 se presentan los resultados de la riqueza del perifiton por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que en la temporada de avenida (marzo 2018), el punto HB-QPach-02, ubicado en la quebrada Agani 2, registró la mayor riqueza con 18 especies, mientras que el punto HB-QJapu-01, ubicado en la quebrada Japucucho, registró la menor riqueza con 7 especies. En la temporada de estiaje (junio 2018), el punto HB-QPach-04, ubicado en la quebrada Agani 2, registró la mayor riqueza con 28 especies, mientras que los puntos HB-QPach-02, ubicado en



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

la quebrada Agani 2, y HB-HPacha-03, ubicado en el bofedal Agani 2, registraron la menor riqueza con 17 especies cada uno.

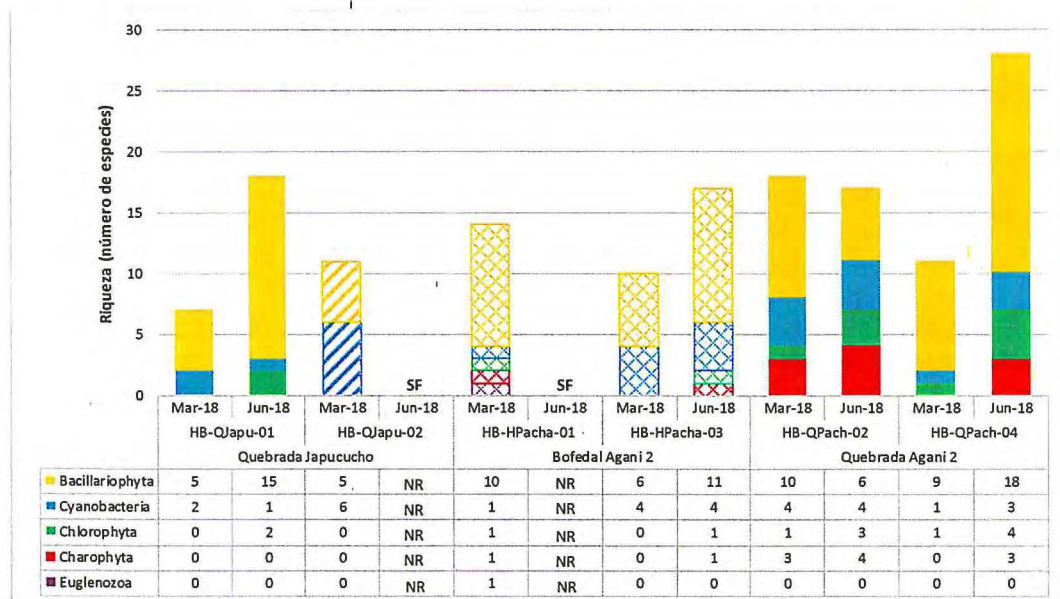


Figura 7-9. Riqueza de la comunidad del perifiton (microalgas) por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios y los colores en cuadrículas representan los bofedales. SF: punto sin flujo de agua; NR: parámetro no registrado

Abundancia

En la Figura 7-10 se presentan los resultados de la abundancia del perifiton por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que en la temporada de avenida (marzo 2018), el punto HB-HPacha-01, ubicado en el bofedal Agani 2, registró la mayor abundancia con 36900 organismos/cm², mientras que el punto HB-QJapu-01, ubicado en la quebrada Japucucho, registró la menor abundancia con 4500 organismos/cm². En la temporada de estiaje (junio 2018), el punto HB-QPach-04, ubicado en la quebrada Agani 2, registró la mayor abundancia con 41800 organismos/cm², mientras que el punto HB-HPacha-03, ubicado en el bofedal Agani 2, registró la menor abundancia con 14050 organismos/cm².



Vertical list of handwritten signatures and initials in blue ink.



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

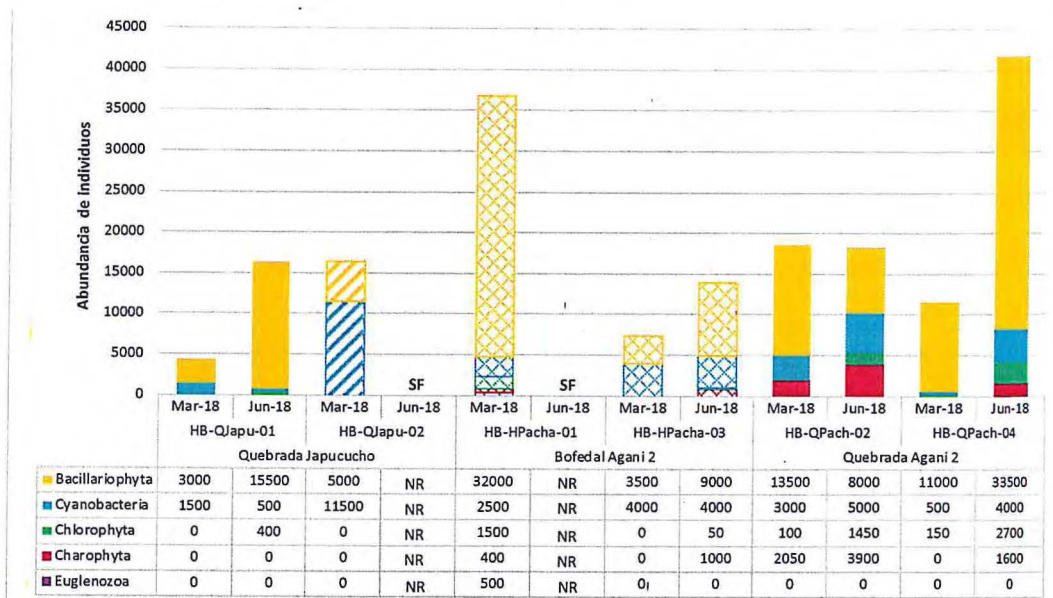


Figura 7-10. Abundancia de la comunidad del perifiton por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios y los colores en cuadrículas representan los bofedales. SF: punto sin flujo de agua; NR: parámetro no registrado

Índices de diversidad

En la Tabla 7-4 se presentan los resultados de los índices de diversidad alfa: riqueza de especies, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener (H'), diversidad de Simpson (1-λ), dominancia de Simpson (λ) y equidad de Pielou (J'), por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que en la temporada de avenida (marzo 2018), el punto HB-QPach-02 (quebrada Agani 2) registró los mayores valores de riqueza (18 especies), diversidad de Shannon-Wiener (3,771) y diversidad de Simpson (0,913); los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (0,904), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie. En la temporada de estiaje (junio 2018), el punto HB-QPach-04 (quebrada Agani 2) registró los mayores valores de riqueza (28 especies), diversidad de Shannon-Wiener (4,301) y diversidad de Simpson (0,936); los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (0,895), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie.

Tabla 7-4. Índices de diversidad alfa de la comunidad del perifiton (microalgas) por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Japucucho-Agani 2

Table with 13 columns: Cuerpo de agua, Punto de muestreo, Temporada, Riqueza de especies (S), Abundancia de individuos (N), Diversidad de Shannon-Wiener (H'). Rows include data for Quebrada Japucucho, Bofedal Agani 2, and Quebrada Agani 2 across different sampling points and seasons.



Vertical handwritten signature and notes on the left margin.



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

Table with 12 columns: Cuerpo de agua, Quebrada Japucucho, Bofedal Agani 2, Quebrada Agani 2, Punto de muestreo, Temporada, and various Simpson and Pielou indices.

NR: parámetro no registrado

- Zona Ceniguillayoc-Quilcata

a. Agua superficial

De la comparación de resultados fisicoquímicos de la zona Ceniguillayoc-Quilcata con los ECA 2015 y 2017 (Tabla 7-1), los parámetros que incumplieron en esta zona con la norma referida fueron potencial de hidrógeno (pH), hierro y manganeso.

• Potencial de hidrógeno (pH)

Durante la temporada de avenida (marzo 2018) y temporada de estiaje (junio 2018) el valor de pH en las aguas superficiales del bofedal Quilcata (HQuil-03) incumplió los rangos establecidos en los ECA para agua (20015 y 20017) categoría 3 (Figura 7-11).



Vertical handwritten text and signatures on the left margin.

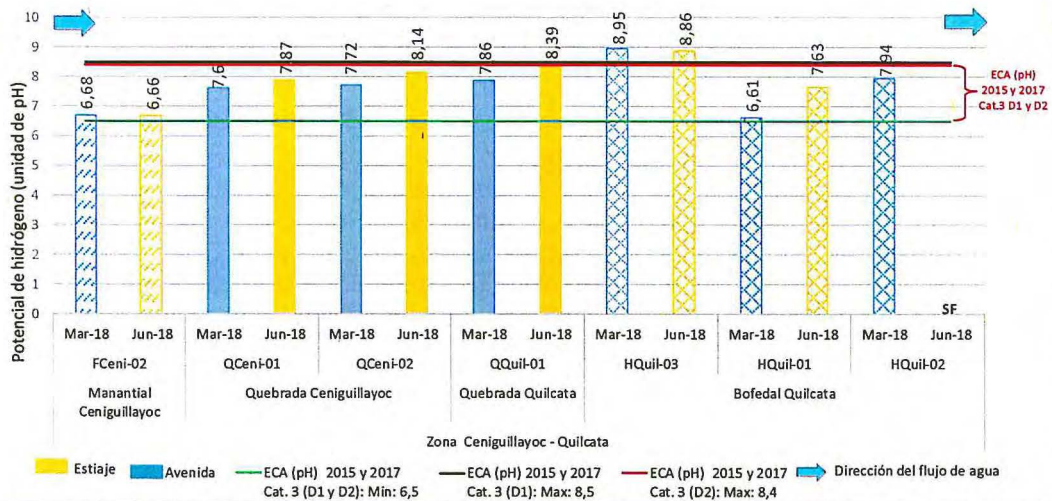


Figura 7-11. Potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Ceniguillayoc-Quilcata. Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en malla representan los bofedales y los colores en ondas discontinuas representan los mananciales. SF: punto sin flujo de agua



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»

• Hierro (Fe)

En la temporada de avenida (marzo 2018) las aguas superficiales del bofedal Quilcata en el punto de muestreo HQuil-01 presentó concentración de hierro que incumplió los ECA para agua 2015 y 2017, categoría 3 D1 (Figura 7-12).

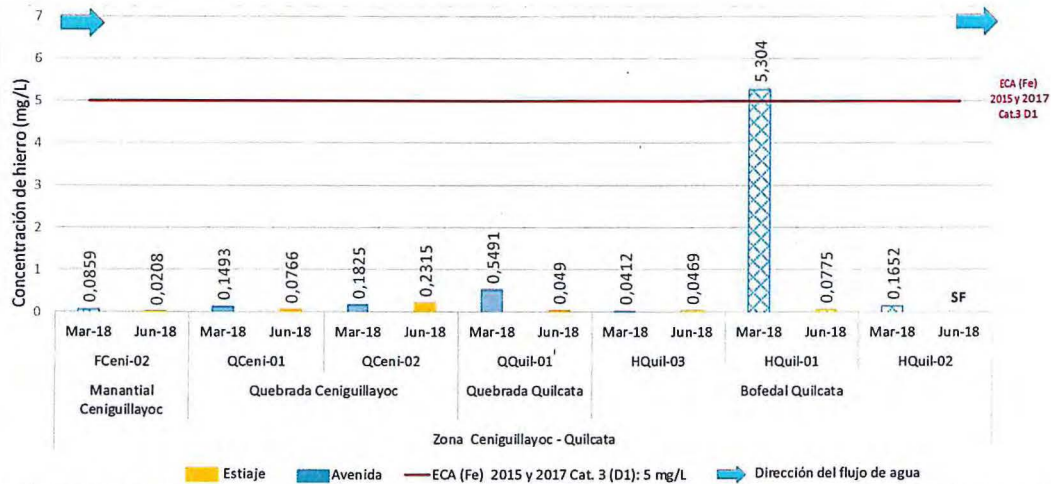


Figura 7-12. Concentración de hierro en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Cenuigullayoc-Quilcata. Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en malla representan los bofedales y los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua

• Manganeso (Mn)

En la temporada de avenida (marzo 2018), la concentración de manganeso en el bofedal Quilcata (HQuil-01) incumplió con los ECA para agua 2015 y 2018, categoría 3 (Figura 7-13).

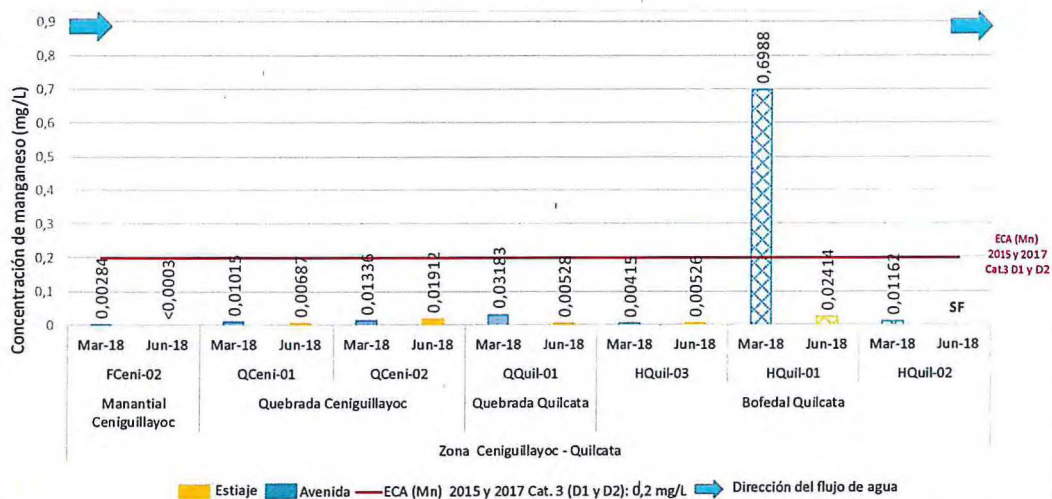


Figura 7-13. Concentración de manganeso en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Cenuigullayoc-Quilcata. Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en malla representan los bofedales y los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua



Vertical text and signatures on the left margin, including a large blue signature and the name 'D.M.P.A.' at the bottom.



b. Sedimento

En la zona de Ceniguillayoc-Quilcata se colectaron sedimentos en 2 puntos de la quebrada Ceniguillayoc (SED-QCeni-01 y SED-QCeni-02).

Durante la temporada de avenida (marzo 2018), en la quebrada Ceniguillayoc la concentración de arsénico en el sedimento en el punto SED-QCeni-02 superó el valor PEL, mientras que la concentración de mercurio en el punto SED-QCeni-01, superó el valor ISQG de la CCME. (Figura 7-14). Todos los resultados de los parámetros evaluados en la zona Ceniguillayoc-Quilcata se encuentran en el Anexo C.

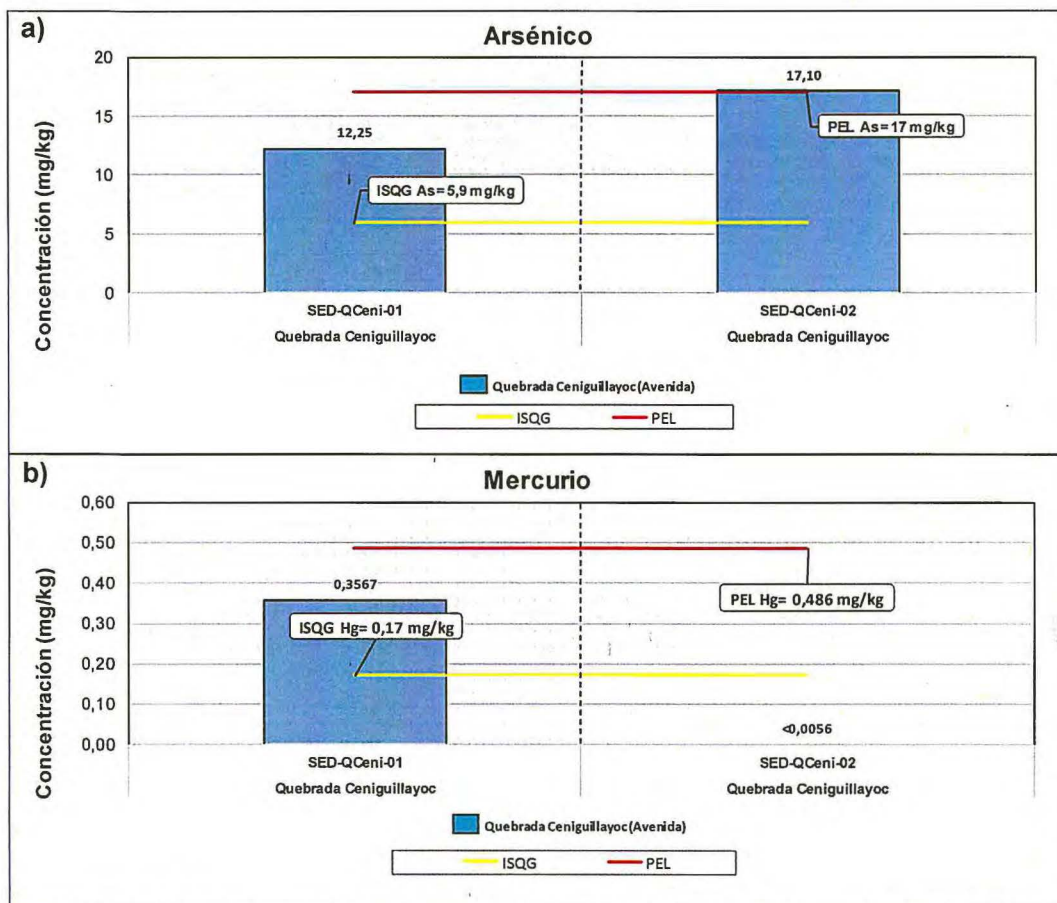


Figura 7-14. Concentraciones de metales en sedimento en la temporada de avenida (marzo 2018) en los cuerpos de agua de la zona Ceniguillayoc-Quilcata **a)** arsénico y **b)** mercurio

c. Comunidades hidrobiológicas

c.1. Macroinvertebrados bentónicos

Riqueza

En la zona Ceniguillayoc-Quilcata la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 25 especies, agrupadas en 3 phyla, 5 clases y 9 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 13 especies, seguida por el orden Trichoptera con 3 especies. En el Anexo C se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.



Vertical handwritten signature and notes in blue ink.



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

En la Figura 7-15 se presentan los resultados de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que en la temporada de avenida (marzo 2018), el punto HB-QCeni-02, ubicado en la quebrada Ceniguillayoc, registró la mayor riqueza con 18 especies, mientras que el punto HB-QQuil-01, ubicado en la quebrada Quilcata, registró la menor riqueza con 7 especies. En la temporada de estiaje (junio 2018), el punto HB-QCeni-01, ubicado en la quebrada Ceniguillayoc, registró la mayor riqueza con 15 especies, mientras que el punto HB-QQuil-01, ubicado en la quebrada Quilcata, registró la menor riqueza con 6 especies.

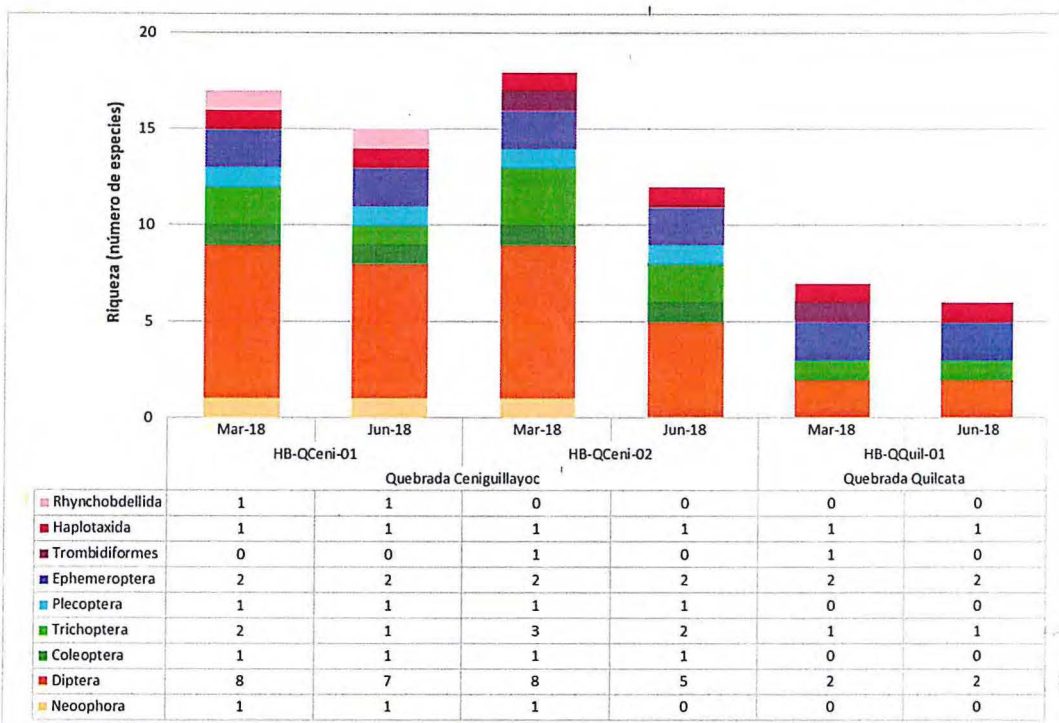


Figura 7-15. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Ceniguillayoc-Quilcata

Abundancia

En la Figura 7-16 se presentan los resultados de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que el punto HB-QCeni-01, ubicado en la quebrada Ceniguillayoc, registró la mayor abundancia para ambas temporadas con 363 individuos en avenida (marzo 2018) y 144 individuos en estiaje (junio 2018); por otro lado, el punto HB-QQuil-01, ubicado en la quebrada Quilcata, registró la menor abundancia para ambas temporadas con 100 individuos en avenida y 30 individuos en estiaje.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

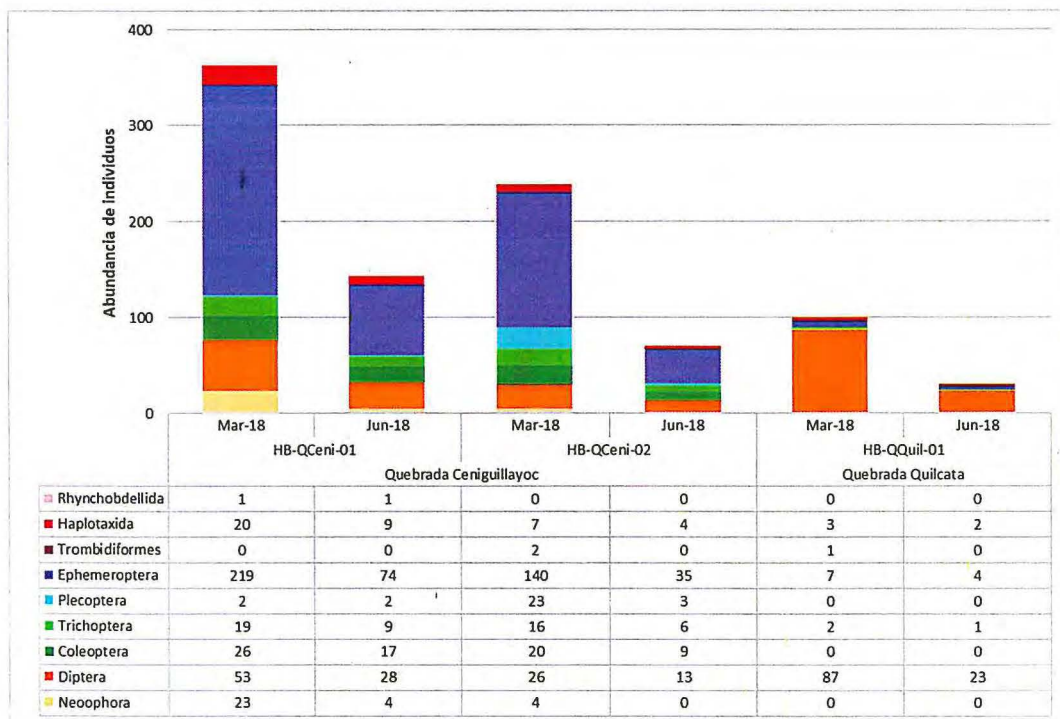


Figura 7-16. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Ceniguillayoc-Quilcata

Índices de diversidad

En la Tabla 7-5 se presentan los resultados de los índices de diversidad alfa: riqueza de especies, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener (H'), diversidad de Simpson (1-λ), dominancia de Simpson (λ) y equidad de Pielou (J'), por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que para ambas temporadas el punto HB-QCeni-01 (quebrada Ceniguillayoc) registró los mayores valores de diversidad de Shannon-Wiener (2,786 en avenida y 3,013 en estiaje), diversidad de Simpson (0,794 en avenida y 0,820 en estiaje); sin embargo, registró un bajo valor de equidad de Pielou (0,682 en avenida y 0,771 en estiaje), que indica la presencia de pocas especies dominantes para esta zona.

Tabla 7-5. Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Ceniguillayoc-Quilcata

| Cuerpo de agua | Quebrada Ceniguillayoc | | | | Quebrada Quilcata | |
|-----------------------------------|------------------------|--------|-------------|--------|-------------------|--------|
| | HB-QCeni-01 | | HB-QCeni-02 | | HB-QQuil-01 | |
| | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 |
| Riqueza de especies (S) | 17 | 15 | 18 | 12 | 7 | 6 |
| Abundancia de individuos (N) | 363 | 144 | 238 | 70 | 100 | 30 |
| Diversidad de Shannon-Wiener (H') | 2,786 | 3,013 | 2,782 | 2,929 | 1,541 | 1,953 |
| Diversidad de Simpson (1-λ) | 0,794 | 0,820 | 0,772 | 0,804 | 0,532 | 0,664 |
| Dominancia de Simpson (λ) | 0,206 | 0,180 | 0,228 | 0,196 | 0,468 | 0,336 |
| Equidad de Pielou (J') | 0,682 | 0,771 | 0,667 | 0,817 | 0,549 | 0,756 |



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including 'D.M.P.A.' and other illegible text.



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

Índices Bióticos

En la Tabla 7-6 se presentan los resultados de la calidad ecológica del agua por punto de muestreo y temporada de evaluación, determinada referencialmente a partir del índice biótico de familia (IBF), el porcentaje de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (% EPT) y el índice biótico andino (ABI). Para el índice IBF, el punto HB-QCeni-02 (quebrada Ceniguillayoc) registró el menor valor en la temporada de avenida con 3,51, que corresponde a una excelente calidad ecológica del agua; mientras que el punto HB-QCeni-01 (quebrada Ceniguillayoc) registró el menor valor en la temporada de estiaje con 4,10, que corresponde a una muy buena calidad ecológica del agua. Para el índice % EPT, el punto HB-QQuil-01 (quebrada Quilcata) registró el mayor valor en ambas temporadas con 42,86 % en avenida y 50,00 % en estiaje, que corresponde a una regular y buena calidad ecológica del agua, respectivamente. Para el índice ABI, el punto HB-QCeni-02 registró el mayor valor en la temporada de avenida con 80, que corresponde a una muy buena calidad ecológica del agua; mientras que el punto HB-QCeni-01 registró el mayor valor en la temporada de estiaje con 65, que corresponde a una buena calidad ecológica del agua.

Tabla 7-6. Índices bióticos y calidad ecológica del agua por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Ceniguillayoc-Quilcata.

| Zona | Zona 1b: Quebrada Ceniguillayoc-Quilcata | | | | | |
|-------------------|--|-----------|-------------|-----------|-------------------|---------|
| | Quebrada Ceniguillayoc | | | | Quebrada Quilcata | |
| Cuerpo de agua | HB-QCeni-01 | | | | HB-QQuil-01 | |
| Punto de muestreo | HB-QCeni-01 | | HB-QCeni-02 | | HB-QQuil-01 | |
| Temporada | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 |
| Índice IBF | 3,71 | 4,10 | 3,51 | 4,11 | 5,74 | 5,67 |
| Calidad | Excelente | Muy bueno | Excelente | Muy bueno | Regular | Regular |
| Índice %EPT | 29,41 | 26,67 | 33,33 | 41,67 | 42,86 | 50,00 |
| Calidad | Regular | Regular | Regular | Regular | Regular | Buena |
| Índice ABI | 73 | 65 | 80 | 55 | 28 | 24 |
| Calidad | Bueno | Bueno | Muy bueno | Bueno | Moderado | Malo |

c.2. Perifiton

Esta comunidad está conformada por una parte vegetal (microalgas) y una parte animal (microorganismos). Para el análisis de esta comunidad se consideró solo a las microalgas, debido a la baja diversidad de los microorganismos. En el Anexo C, se detalla el registro completo de las especies del perifiton.

Riqueza

En la zona Ceniguillayoc-Quilcata la comunidad del perifiton (microalgas) estuvo representada por 132 especies agrupadas en 4 phyla. El phylum Bacillariophyta registró la mayor riqueza con 76 especies, seguida por el phylum Cyanobacteria con 28 especies. En el Anexo C se presenta el registro completo del perifiton.

En la Figura 7-17 se presentan los resultados de la riqueza del perifiton por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que el punto HB-HQuil-03, ubicado en el bofedal Quilcata, registró la mayor riqueza para ambas temporadas con 34 especies en avenida (marzo 2018) y 32 especies en estiaje (junio 2018); por otro lado, el punto HB-QCeni-02, ubicado en la quebrada Ceniguillayoc, registró la menor riqueza en temporada de avenida con 15 especies, mientras que el punto HB-QQuil-01, ubicado en la quebrada Quilcata, registró la menor riqueza en temporada de estiaje con 14 especies.



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



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

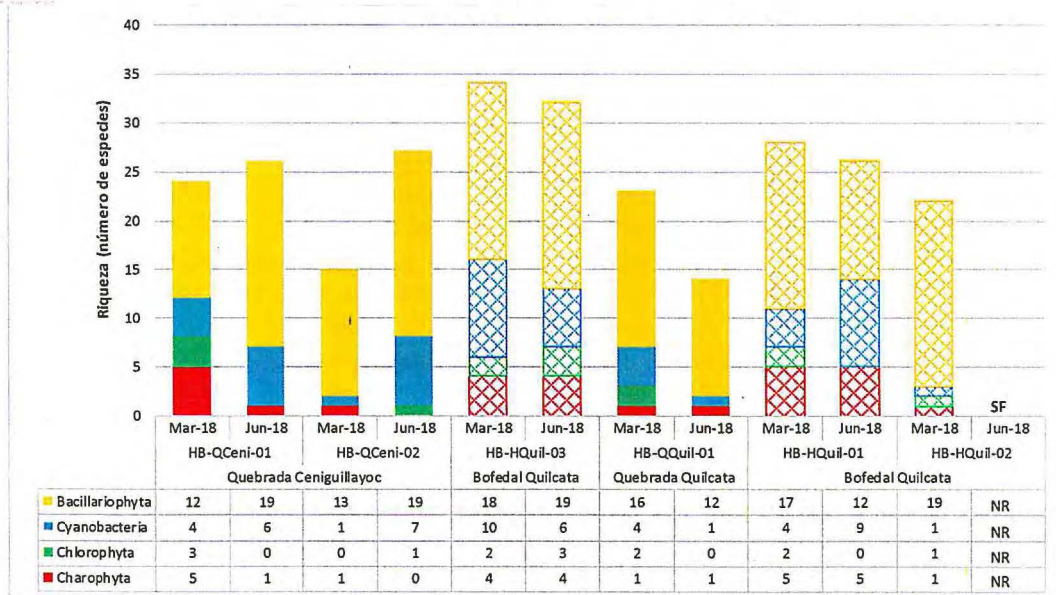


Figura 7-17. Riqueza de la comunidad del perifiton (microalgas) por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Ceniguillayoc-Quilcata

Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en cuadrículas representan los bofedales. SF: punto sin flujo de agua; NR: parámetro no registrado

Abundancia

En la Figura 7-18 se presentan los resultados de la abundancia del perifiton por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que en la temporada de avenida (marzo 2018), el punto HB-HQuil-03, ubicado en el bofedal Quilcata, registró la mayor abundancia con 51000 organismos/cm², mientras que el punto HB-QCeni-02, ubicado en la quebrada Ceniguillayoc, registró la menor abundancia con 23000 organismos/cm². En la temporada de estiaje (junio 2018), el punto HB-QQuil-01, ubicado en la quebrada Quilcata, registró la mayor abundancia con 46200 organismos/cm², mientras que el punto HB-HQuil-01, ubicado en el bofedal Quilcata, registró la menor abundancia con 34450 organismos/cm².



Vertical handwritten text and signatures on the left margin.



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

| Cuerpo de agua | Quebrada Ceniguillayoc | | | | Bofedal Quilcata | | Quebrada Quilcata | | Bofedal Quilcata | | | |
|------------------------|------------------------|--------|-------------|--------|------------------|--------|-------------------|--------|------------------|--------|-------------|--------|
| Punto de muestreo | HB-QCeni-01 | | HB-QCeni-02 | | HB-HQuil-03 | | HB-QQuil-01 | | HB-HQuil-01 | | HB-HQuil-02 | |
| Temporada | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 |
| Equidad de Pielou (J') | 0,872 | 0,894 | 0,893 | 0,886 | 0,889 | 0,929 | 0,891 | 0,870 | 0,924 | 0,934 | 0,924 | NR |

NR: parámetro no registrado

- Zona Jamochini

a. Agua superficial

De la comparación de resultados de agua de la zona Jamonchini con los ECA para agua 2015 y 2017 (Tabla 7-1), los parámetros que incumplieron en esta zona con la norma referida fueron potencial de hidrógeno (pH) y manganeso (Mn). Todos los resultados de los parámetros evaluados en esta zona se presentan en el Anexo C.

- Potencial de hidrógeno (pH)

En ambas temporadas el potencial hidrógeno en el manantial Jamochini (FJamo2-01), incumplió con los rangos establecidos en los ECA para agua (2015 y 2017) categoría 3 (Figura 7-19).

- Manganeso (Mn)

En la quebrada Jamochini, en ambas temporadas los valores de concentración de manganeso en los puntos de muestreo (QJamo-01 y QJamo-02) y en temporada de avenida en el punto QJamo-03, incumplieron los ECA para agua (2015 y 2017) categoría 3 (Figura 7-20).



Handwritten signature and initials in blue ink, including 'P.' and 'S.M.P.' at the bottom.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

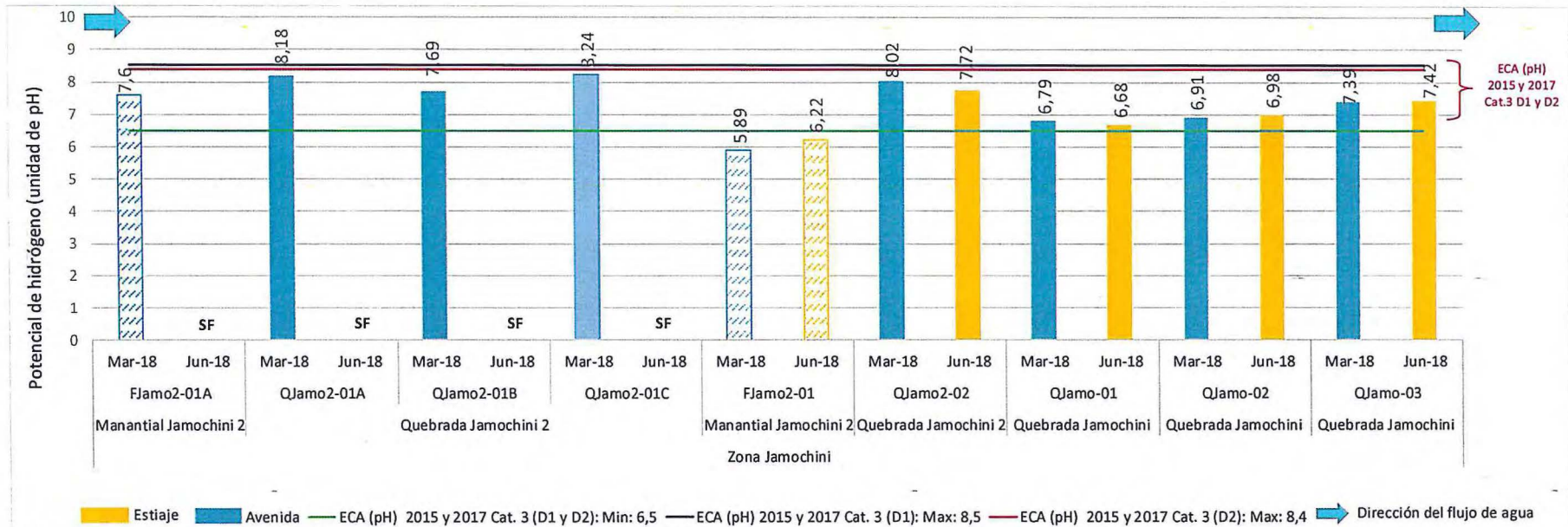


Figura 7-19. Potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini. Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

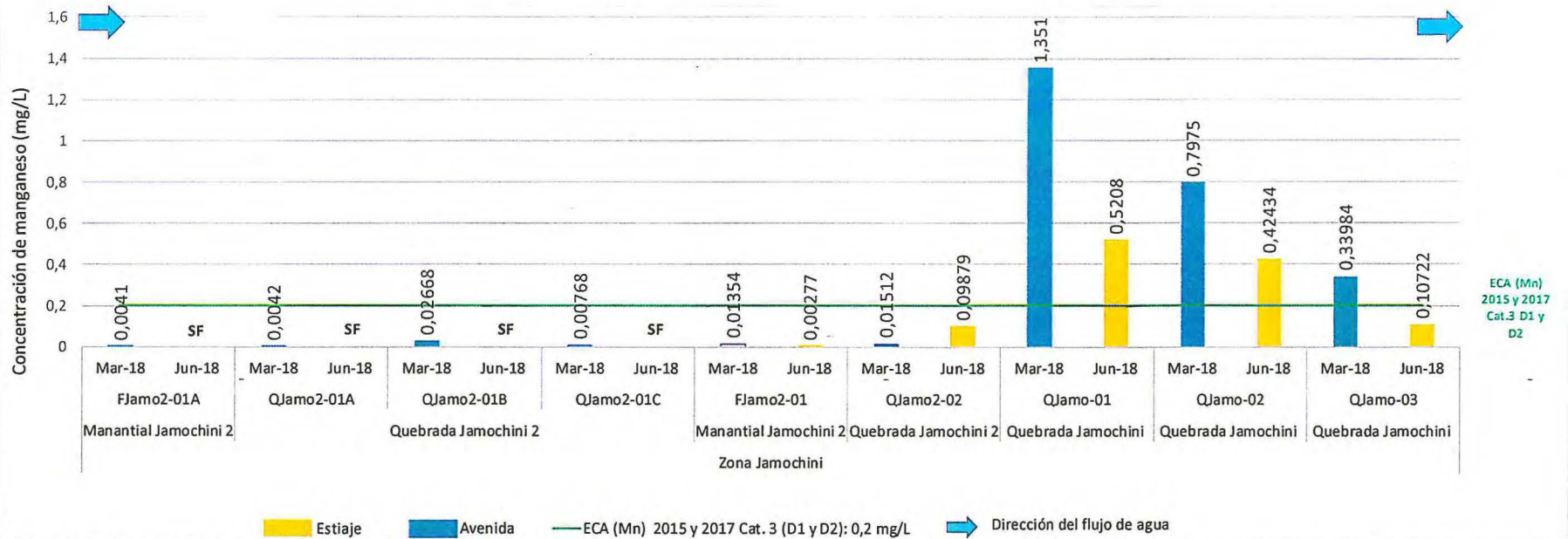


Figura 7-20. Concentración de manganeso en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini
Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua



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»

b. Sedimento

En la zona de Jamochini se colectaron sedimentos en 7 puntos de muestreo, los cuales se distribuyeron de la siguiente manera: 3 en la quebrada Jamochini (SED-QJamo-01, SED-QJamo-02, SED-QJamo-03) y 4 puntos en la quebrada Jamochini 2 (SED-QJamo-01A, SED-QJamo-01B, SED-QJamo-01C, QJamo2-02). El punto SED-QJamo2-02 es tributario de la quebrada Jamochini en temporada de avenida, mientras que el punto SED-QJamo-01C es tributario en temporada de estiaje. Todos los resultados de los parámetros evaluados en la zona Jamochini se encuentran en el Anexo C.

Las concentraciones de metales que superaron los valores PEL de la CCME (Figura 7-21) en el sedimento fueron:

- En la quebrada Jamochini 2 la concentración de arsénico de los puntos SED-QJamo-01A, SED-QJamo-01B, SED-QJamo-01C, en cadmio del punto SED-QJamo-01A, en mercurio del punto SED-QJamo-01A, en plomo del punto SED-QJamo-01A; mientras que para la quebrada Jamochini la concentración de cadmio del punto SED-QJamo-01; en mercurio de los puntos SED-QJamo-02, SED-QJamo-03, en la temporada de avenida.
- En la quebrada Jamochini la concentración de arsénico en el punto SED-QJamo-03, cadmio en el punto SED-QJamo-02 y zinc en el punto SED-QJamo-02, en la temporada de estiaje.
- En la quebrada Jamochini la concentración de arsénico en los puntos (SED-QJamo-01, SED-QJamo-02), en ambas temporadas.

En el sedimento las concentraciones de metales en el que solo superaron el valor ISQG de la CCME (Figura 7-21) fueron:

- En la quebrada Jamochini las concentraciones de arsénico (SED-QJamo-03); de cadmio (SED-QJamo-02); de cobre (SED-QJamo-01), de zinc (SED-QJamo-01, SED-QJamo-02) y en la quebrada Jamochini 2 las concentraciones de cadmio (QJamo-01B, SED-QJamo-01C); de cobre en (SED-QJamo-01A, SED-QJamo-01B, SED-QJamo-01C); plomo (SED-QJamo-01B, SED-QJamo-01C); de zinc (SED-QJamo-01A, SED-QJamo-01C), en la temporada de avenida.
- En la quebrada de Jamochini las concentraciones de mercurio en el punto (SED-QJamo-02); plomo (SED-QJamo-02, SED-QJamo-03) y en la quebrada Jamochini 2 la concentración de plomo (SED-QJamo2-02), la temporada de estiaje.
- En la quebrada Jamochini las concentraciones de cadmio (SED-QJamo-03); plomo (SED-QJamo-01, SED-QJamo-02), en ambas temporadas.



Vertical handwritten signature and initials in blue ink.



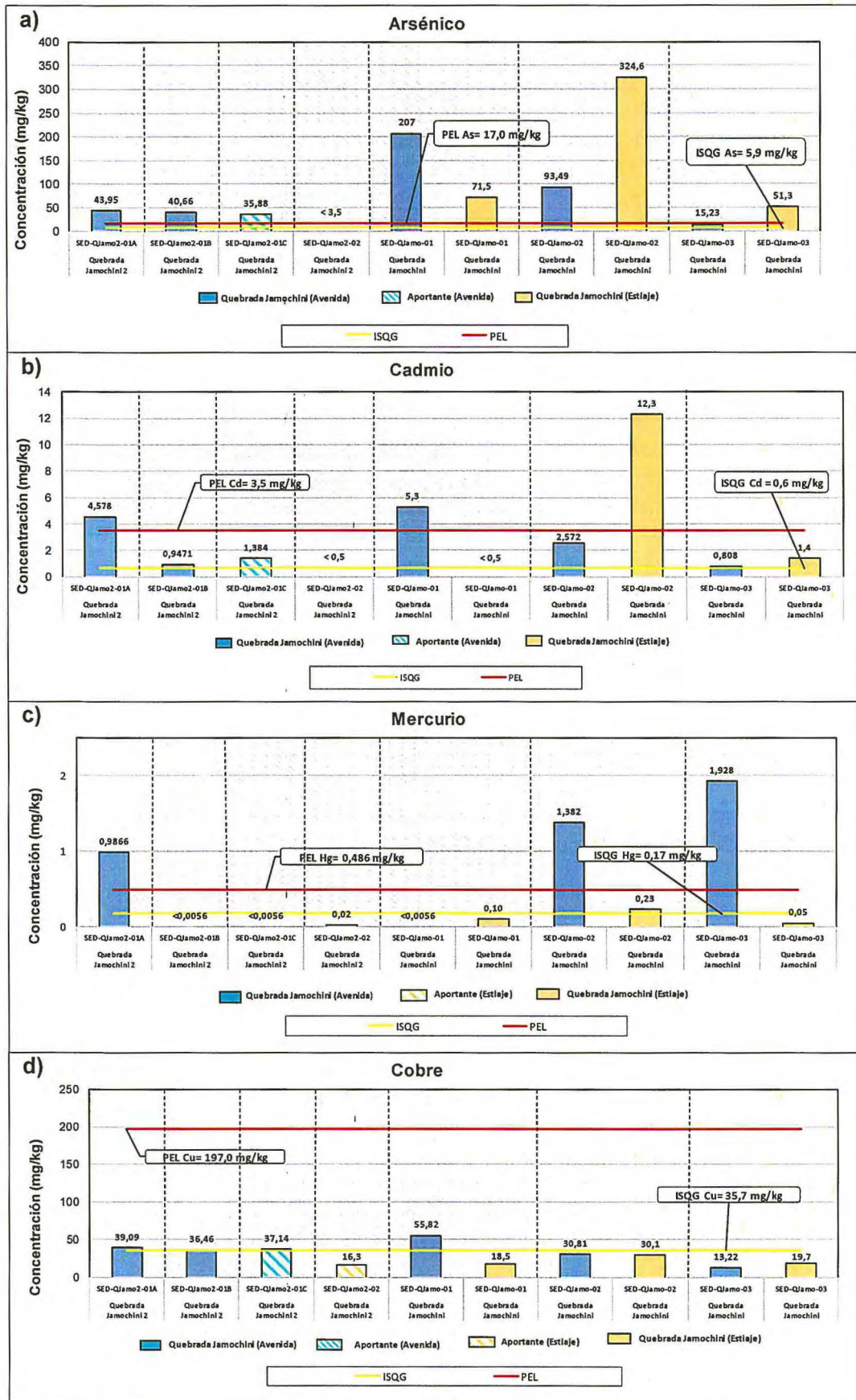
PERÚ

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»



Handwritten notes and signatures on the left margin.

Handwritten initials and signatures at the bottom left.



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

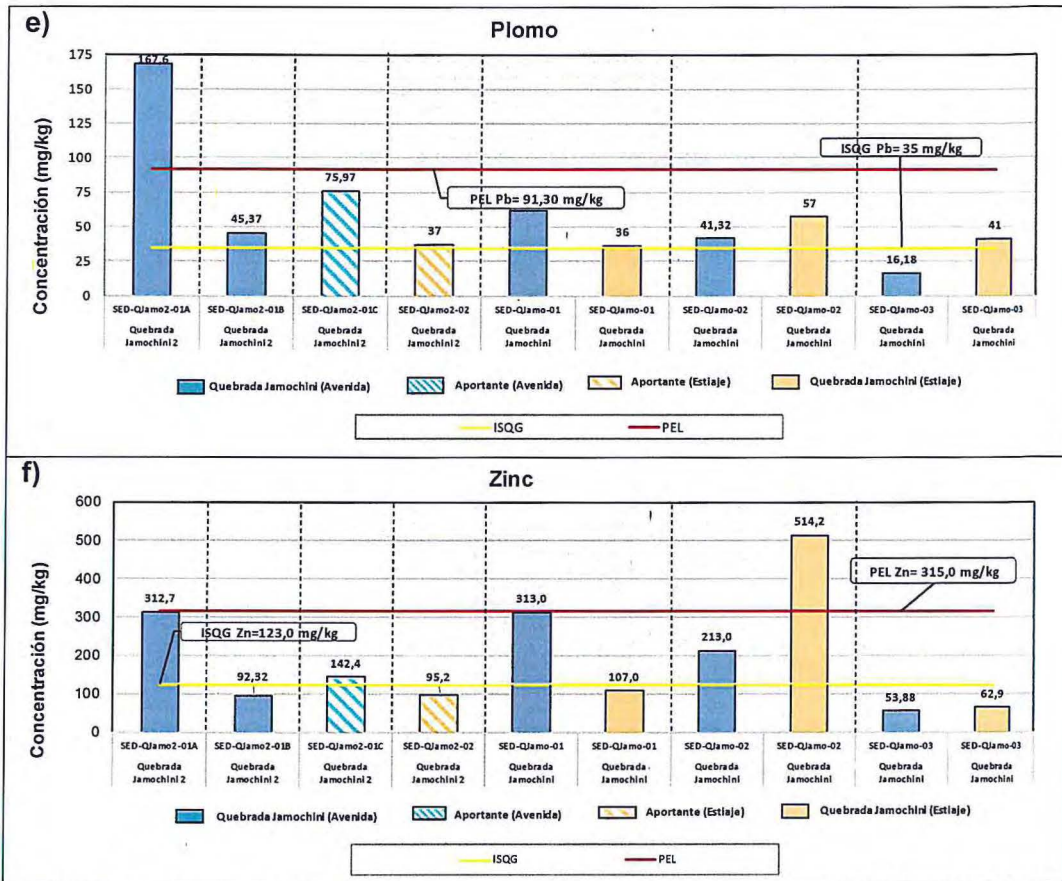


Figura 7-21. Concentraciones de metales en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini: a) arsénico, b) cadmio, c) mercurio, d) cobre, e) plomo y f) zinc

c. Comunidades hidrobiológicas

c.1. Macroinvertebrados bentónicos

Riqueza

En la zona Jamochini la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 32 especies, agrupadas en 3 phyla, 5 clases y 9 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 21 especies. En el Anexo C se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 7-22 se presentan los resultados de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que el punto HB-QJamo2-02, ubicado en la quebrada Jamochini 2, registró la mayor riqueza para ambas temporadas con 23 especies en avenida (marzo 2018) y 20 especies en estiaje (junio 2018); por otro lado, el punto HB-QJamo2-01B, ubicado en la quebrada Jamochini 2, registró la menor riqueza en temporada de avenida con 3 especies, mientras que el punto HB-QJamo-01, ubicado en la quebrada Jamochini, registró la menor riqueza en temporada de estiaje con 10 especies.



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



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

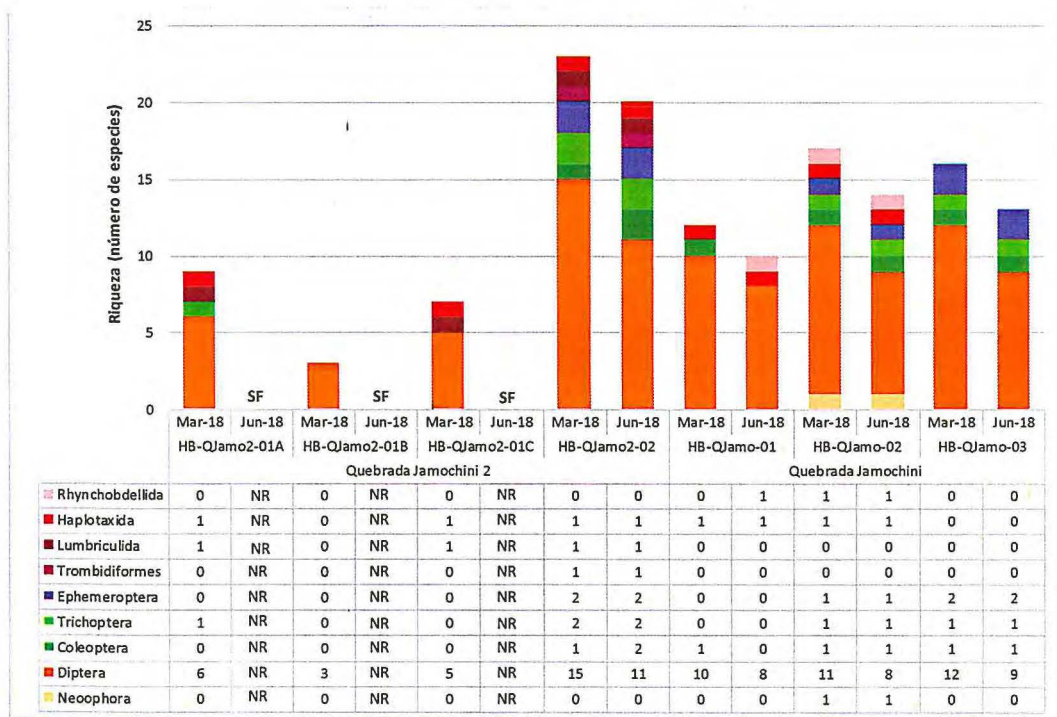


Figura 7-22. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini

SF: punto sin flujo de agua; NR: parámetro no registrado

Abundancia

En la Figura 7-23 se presentan los resultados de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que en la temporada de avenida (marzo 2018), el punto HB-QJamo-02, ubicado en la quebrada Jamochini, registró la mayor abundancia con 563 individuos, mientras que el punto HB-QJamo2-01B, ubicado en la quebrada Jamochini 2, registró la menor abundancia con 25 individuos. En la temporada de estiaje (junio 2018), el punto HB-QJamo2-02, ubicado en la quebrada Jamochini 2, registró la mayor abundancia con 405 individuos, mientras que el punto HB-QJamo-03, ubicado en la quebrada Jamochini, registró la menor abundancia con 57 individuos.



Vertical handwritten signature and initials in blue ink.



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

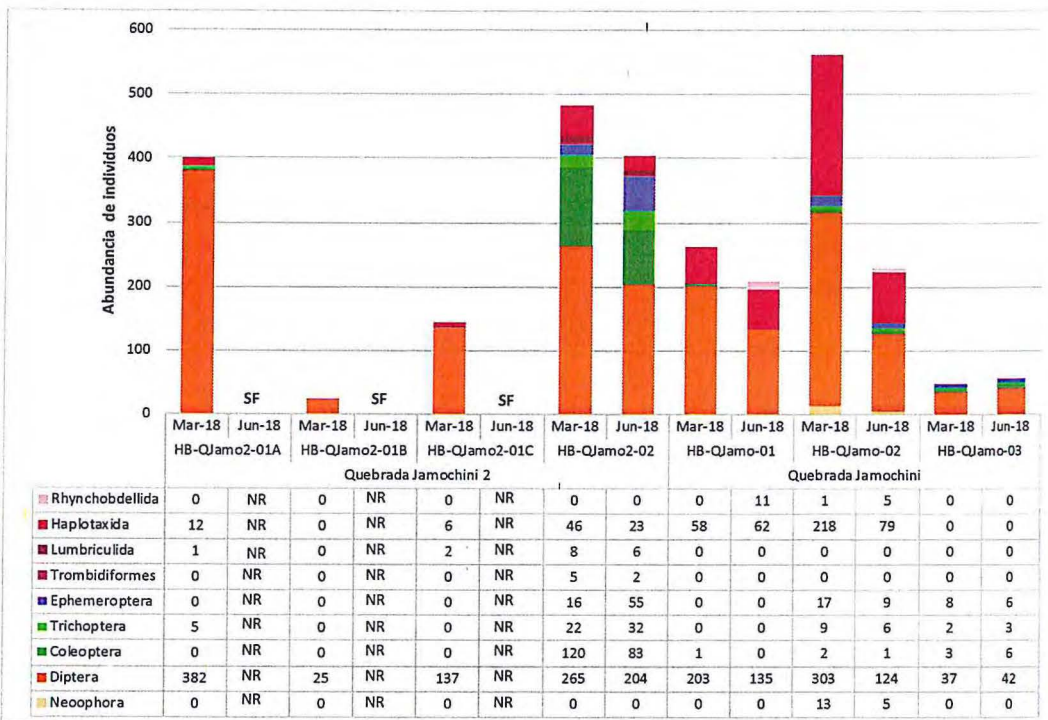


Figura 7-23. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini

Índices de diversidad

En la Tabla 7-8 se presentan los resultados de los índices de diversidad alfa: riqueza de especies, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener (H'), diversidad de Simpson (1-λ), dominancia de Simpson (λ) y equidad de Pielou (J'), por punto de muestreo y temporada de evaluación.

Tabla 7-8. Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini

Table with 9 columns: Cuerpo de agua, Punto de muestreo, Temporada, Riqueza de especies (S), Abundancia de individuos (N), Diversidad de Shannon-Wiener (H'), Diversidad de Simpson (1-λ), Dominancia de Simpson (λ), Equidad de Pielou (J'). It contains data for Quebrada Jamochini 2 across different sampling points and seasons.



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



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

| Cuerpo de agua | Punto de muestreo | Temporada | Riqueza de especies (S) | Abundancia de individuos (N) | Diversidad de Shannon-Wiener (H') | Diversidad de Simpson (1-λ) | Dominancia de Simpson (λ) | Equidad de Pielou (J') |
|--------------------|-------------------|-----------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------|
| | HB-QJamo2-01C | Mar-18 | 7 | 145 | 1,641 | 0,606 | 0,394 | 0,585 |
| | | Jun-18 | NR | NR | NR | NR | NR | NR |
| | HB-QJamo2-02 | Mar-18 | 23 | 482 | 3,230 | 0,849 | 0,151 | 0,714 |
| | | Jun-18 | 20 | 405 | 3,433 | 0,881 | 0,120 | 0,794 |
| Quebrada Jamochini | HB-QJamo-01 | Mar-18 | 12 | 262 | 2,019 | 0,636 | 0,364 | 0,563 |
| | | Jun-18 | 10 | 208 | 2,408 | 0,751 | 0,249 | 0,725 |
| | HB-QJamo-02 | Mar-18 | 17 | 563 | 2,630 | 0,771 | 0,229 | 0,643 |
| | | Jun-18 | 14 | 229 | 2,706 | 0,792 | 0,208 | 0,711 |
| | HB-QJamo-03 | Mar-18 | 16 | 50 | 3,592 | 0,902 | 0,098 | 0,898 |
| | | Jun-18 | 13 | 57 | 3,407 | 0,894 | 0,106 | 0,921 |

NR: parámetro no registrado

Índices Bióticos

En la Tabla 7-9 se presentan los resultados de la calidad ecológica del agua por punto de muestreo y temporada de evaluación, determinada referencialmente a partir del índice biótico de familia (IBF), el porcentaje de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (% EPT) y el índice biótico andino (ABI). Para el índice IBF, el punto HB-QJamo-03 (quebrada Jamochini) registró el menor valor en la temporada de avenida con 5,22, que corresponde a una regular calidad ecológica del agua; mientras que el punto HB-QJamo2-02 (quebrada Jamochini 2) registró el menor valor en la temporada de estiaje con 5,02, que corresponde a una regular calidad ecológica del agua. Para el índice % EPT, el punto HB-QJamo-03 registró el mayor valor en ambas temporadas con 18,75 % en avenida y 23,08 % en estiaje, que corresponde a una mala calidad ecológica del agua. Para el índice ABI, el punto HB-QJamo2-02 (quebrada Jamochini 2) registró el mayor valor en ambas temporadas con 66 en avenida y 62 en estiaje, que corresponde a una buena calidad ecológica del agua.



Tabla 7-9. Índices bióticos y calidad ecológica del agua por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini

| Cuerpo de agua | Punto de muestreo | Temporada | Índice IBF | Calidad | Índice %EPT | Calidad | Índice ABI | Calidad |
|----------------------|-------------------|-----------|------------|--------------------|-------------|---------|------------|----------|
| Quebrada Jamochini 2 | HB-QJamo2-01A | Mar-18 | 6,04 | Regularmente pobre | 11,11 | Mala | 16 | Malo |
| | | Jun-18 | NR | NR | NR | NR | NR | NR |
| | HB-QJamo2-01B | Mar-18 | 6,00 | Regularmente pobre | 0,00 | Mala | 2 | Pésimo |
| | | Jun-18 | NR | NR | NR | NR | NR | NR |
| | HB-QJamo2-01C | Mar-18 | 6,11 | Regularmente pobre | 0,00 | Mala | 10 | Pésimo |
| | | Jun-18 | NR | NR | NR | NR | NR | NR |
| HB-QJamo2-02 | Mar-18 | 5,49 | Regular | 17,39 | Mala | 66 | Bueno | |
| | Jun-18 | 5,02 | Regular | 20,00 | Mala | 62 | Bueno | |
| Quebrada Jamochini | HB-QJamo-01 | Mar-18 | 6,44 | Regularmente pobre | 0,00 | Mala | 23 | Malo |
| | | Jun-18 | 6,81 | Pobre | 0,00 | Mala | 12 | Malo |
| | HB-QJamo-02 | Mar-18 | 6,62 | Pobre | 11,76 | Mala | 49 | Bueno |
| | | Jun-18 | 6,58 | Pobre | 14,29 | Mala | 36 | Moderado |



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

| Cuerpo de agua | Punto de muestreo | Temporada | Índice IBF | Calidad | Índice %EPT | Calidad | Índice ABI | Calidad |
|----------------|-------------------|-----------|------------|---------|-------------|---------|------------|----------|
| | HB-QJamo-03 | Mar-18 | 5,22 | Regular | 18,75 | Mala | 42 | Moderado |
| | | Jun-18 | 5,28 | Regular | 23,08 | Mala | 39 | Moderado |

NR: parámetro no registrado

c.2. Perifiton

Esta comunidad está conformada por una parte vegetal (microalgas) y una parte animal (microorganismos). Para el análisis de esta comunidad se consideró solo a las microalgas, debido a la baja diversidad de los microorganismos. En el Anexo C, se detalla el registro completo de las especies del perifiton.

Riqueza

En la zona Jamochini la comunidad del perifiton (microalgas) estuvo representada por 99 especies agrupadas en 4 phyla. El phylum Bacillariophyta registró la mayor riqueza con 61 especies, seguida por el phylum Cyanobacteria con 20 especies. En el Anexo C se presenta el registro completo del perifiton.

En la Figura 7-24 se presentan los resultados de la riqueza del perifiton por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que en la temporada de avenida (marzo 2018), el punto HB-QJamo2-01A, ubicado en la quebrada Jamochini 2, registró la mayor riqueza con 26 especies, mientras que el punto HB-QJamo-03, ubicado en la quebrada Jamochini, registró la menor riqueza con 18 especies. En la temporada de estiaje (junio 2018), el punto HB-QJamo-01, ubicado en la quebrada Jamochini, registró la mayor riqueza con 29 especies, mientras que el punto HB-QJamo-02, ubicado en la quebrada Jamochini, registró la menor riqueza con 6 especies.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.

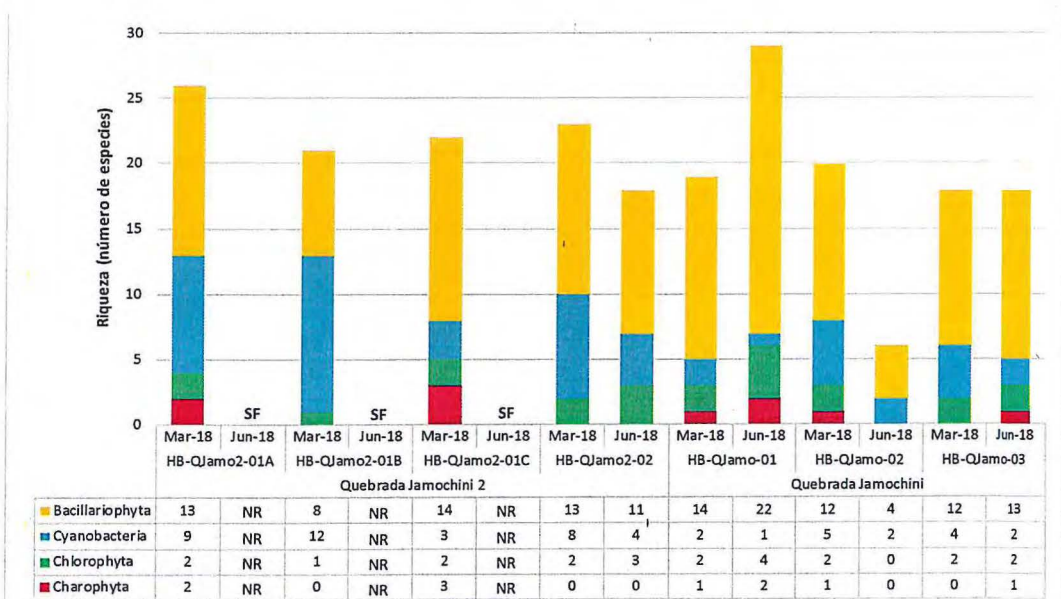


Figura 7-24. Riqueza de la comunidad del perifiton (microalgas) por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini
SF: punto sin flujo de agua; NR: parámetro no registrado



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

Tabla 7-10. Índices de diversidad alfa de la comunidad del perifiton (microalgas) por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Jamochini

Table with 9 columns: Cuerpo de agua, Punto de muestreo, Temporada, Riqueza de especies (S), Abundancia de individuos (N), Diversidad de Shannon-Wiener (H'), Diversidad de Simpson (1-lambda), Dominancia de Simpson (lambda), Equidad de Pielou (J'). Rows include Quebrada Jamochini 2 and Quebrada Jamochini with multiple sampling points and seasons.

NR: parámetro no registrado

d. Agua subterránea

De la comparación de resultados con los ECA para agua 2015 y 2017 (Tabla 7-1), los parámetros que incumplieron de manera referencial en esta zona con las normas mencionadas fueron hierro, manganeso y plomo. Todos los resultados de los parámetros evaluados en esta zona se presentan en el Anexo C.

• Hierro (Fe)

En temporada de avenida, la concentración de hierro en el agua subterránea del piezómetro PZ-07, localizado aguas abajo de la rampa principal del PM San Gabriel, superó los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3, subcategoría D1, (Figura 7-26).

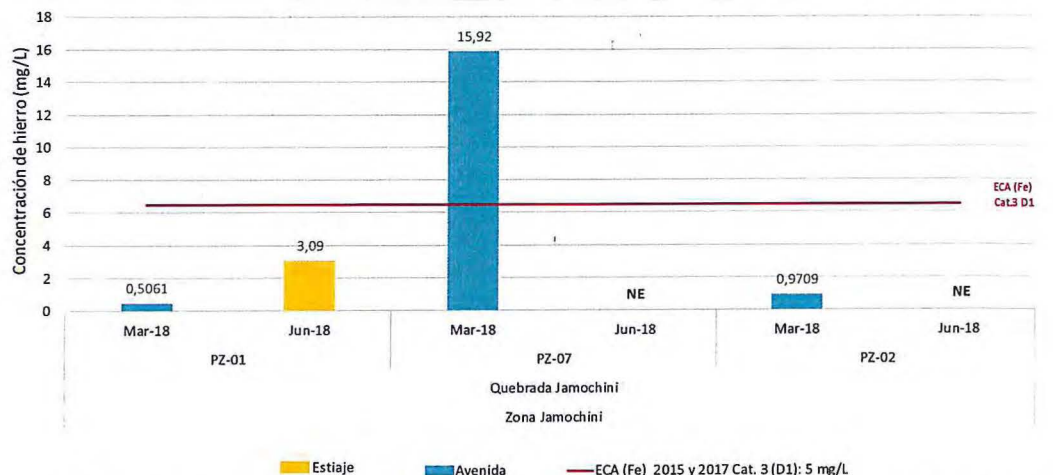


Figura 7-26. Concentración de hierro en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en el agua subterránea de la zona Jamochini



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

• Manganeso (Mn)

En la parte alta de la quebrada Jamochini, la concentración de manganeso en el agua subterránea del piezómetro PZ-01 en temporada de estiaje y del piezómetro PZ-07 en temporada de avenida, superó los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3 (Figura 7-27).

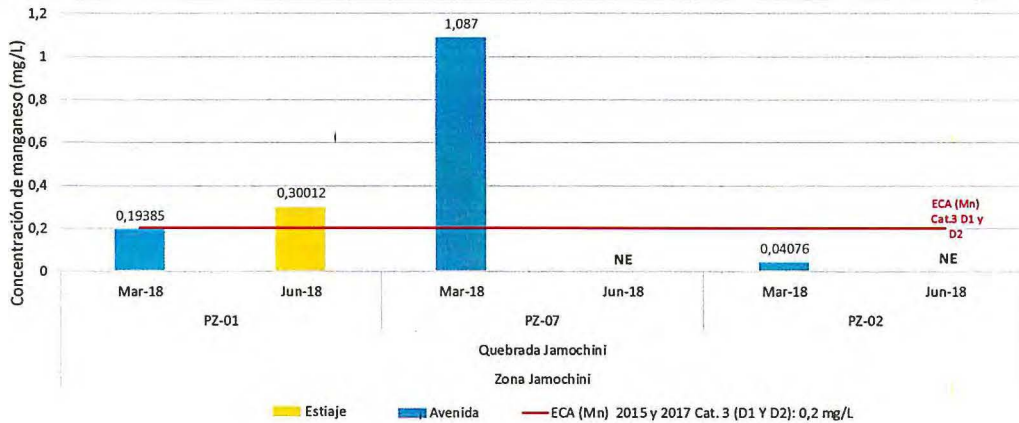


Figura 7-27. Concentración de manganeso en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en el agua subterránea de la zona Jamochini

• Plomo (Pb)

La concentración de plomo en el agua subterránea en los piezómetros PZ-01 en ambas temporadas y PZ-02 en temporada de avenida, localizados en la parte alta de la quebrada Jamochini, superaron los valores establecidos en los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3 (Figura 7-28).

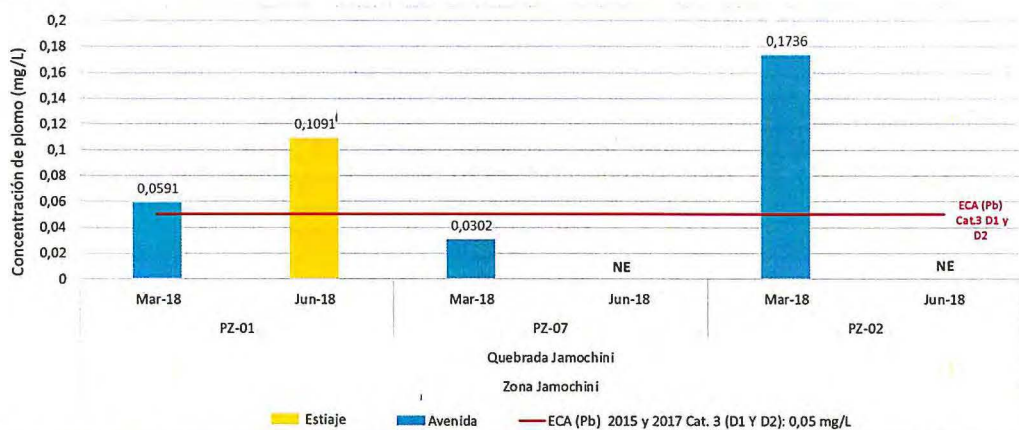


Figura 7-28. Concentración de plomo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en el agua subterránea de la zona Jamochini

- Zona Agani-Ansamani

a. Agua superficial

De la comparación de resultados realizada con los ECA 2015 y 2017 (Tabla 7-1), los parámetros que incumplieron en esta zona con las normas mencionadas potencial de



Vertical handwritten signature and notes in blue ink.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

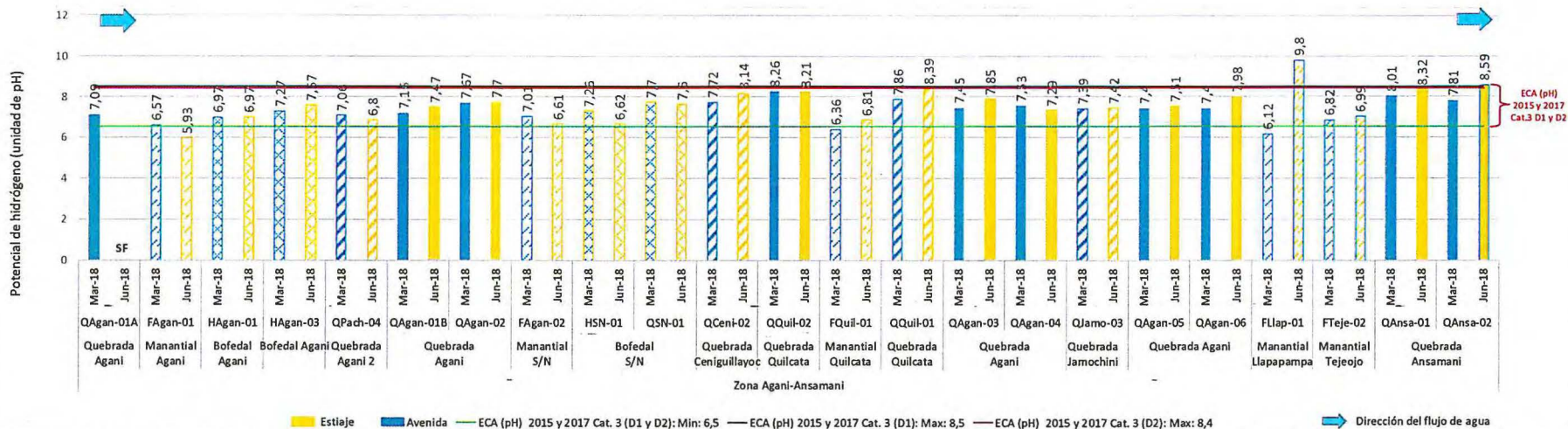


Figura 7-29. Potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Agani-Ansamani. Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tribuarias, los colores en malla representan los bofedales y los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



b. Sedimento

La zona Agani-Ansamani comprende 9 puntos los cuales se distribuyen de la siguiente manera: un punto en la quebrada Agani 2 (SED-QPach-04), el punto (SED-QPach-04) es un tributario de la quebrada Agani; 4 puntos en la quebrada Agani (SED-QAgan-01B, SED-QAgan-02, SED-QAgan-04, SED-QAgan-06); un punto en la quebrada Ceniguillayoc (SED-QCeni-02), el punto SED-QCeni-02 es otro tributario de la quebrada Agani; un punto en la quebrada Jamochini (SED-QJamo-03), el punto (SED-QJamo-03) también es tributario de la quebrada Agani; y, 2 puntos en la quebrada Ansamani (SED-QAnsa-02, SED-QAnsa-01).

En el sedimento las concentraciones de metales que superaron los valores PEL de la CCME fueron:

- En la quebrada Agani 2 la concentración de arsénico y mercurio en el punto SED-QPach-04; en la quebrada Agani la concentración de arsénico en los puntos SED-QAgan-01By SED-QAgan-02 y mercurio en el punto SED-QAgan-01B; en la quebrada Jamochini la concentración mercurio en el punto SED-QJamo-03; en la quebrada Ansamani la concentración de arsénico y mercurio en el punto SED-QAnsa-01; y en la quebrada Ceniguillayoc la concentración de arsénico en el punto SED-QCeni-02 en la temporada de avenida.
- En la quebrada Jamochini La concentración de arsénico en el punto (SED-QJamo-03), en la temporada de estiaje.

En el sedimento las concentraciones de metales en el que solo superaron el valor ISQG de la CCME (Figura 7-31) fueron:

- En la quebrada Agani la concentración de arsénico (SED-QAgan 06), cadmio (SED-QAgan-02, SED-QAgan-06), cobre (SED-QAgan-02), y mercurio (SED-QAgan-06); en la quebrada Agani 2 la concentración de cadmio y cobre (SED-QPach-04); en la quebrada Jamochini la concentración de arsénico (SED-QJamo-03); en la quebrada Ansamani la concentración de arsénico y cadmio (SED-QAnsa-01, SED-QAnsa-02) y mercurio en el punto (SED-QAnsa-02), en la temporada de avenida.
- En la quebrada de Agani la concentración de arsénico en el punto (SED- QAgan-04), en la temporada de estiaje.
- En la quebrada Jamochini las concentraciones de cadmio en el punto (SED-QJamo-03), en ambas temporadas.



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



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

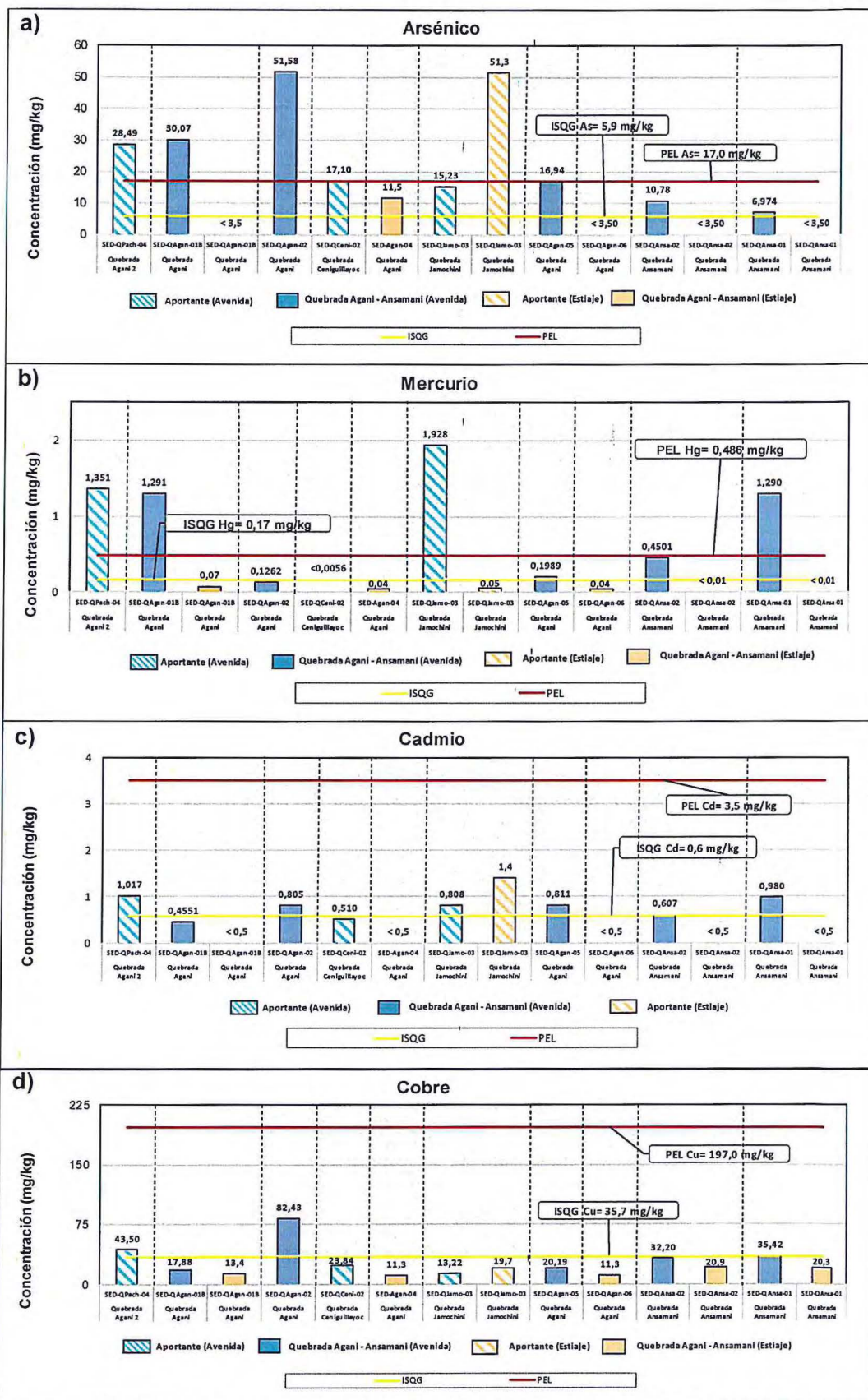


Figura 7-31. Concentraciones de metales en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Agani-Ansamani: a) arsénico, b) mercurio, c) cadmio y d) cobre



Vertical handwritten text and signatures on the left margin.



c. Comunidades hidrobiológicas

c.1. Macroinvertebrados bentónicos

Riqueza

En la zona Agani-Ansamani la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 48 especies, agrupadas en 4 phyla, 7 clases y 14 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 26 especies, seguida por el orden Coleóptera con 4 especies. En el Anexo C se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 7-32 se presentan los resultados de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que el punto HB-QAgan-01B, ubicado en la quebrada Agani, registró la mayor riqueza para ambas temporadas con 25 especies en avenida (marzo 2018) y 20 especies en estiaje (junio 2018); por otro lado, el punto HB-QAnsa-01, ubicado en la quebrada Ansamani, registró la menor riqueza para ambas temporadas con 7 especies en avenida y 5 especies en estiaje.

Abundancia

En la Figura 7-33 se presentan los resultados de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que el punto HB-QPach-04, ubicado en la quebrada Agani 2, registró la mayor abundancia para ambas temporadas con 2042 individuos en avenida (marzo 2018) y 619 individuos en estiaje (junio 2018); por otro lado, el punto HB-QAnsa-02, ubicado en la quebrada Ansamani, registró la menor abundancia en temporada de avenida con 23 individuos, mientras que el punto HB-QQuil-01, ubicado en la quebrada Quilcata, registró la menor abundancia en temporada de estiaje con 30 individuos.



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

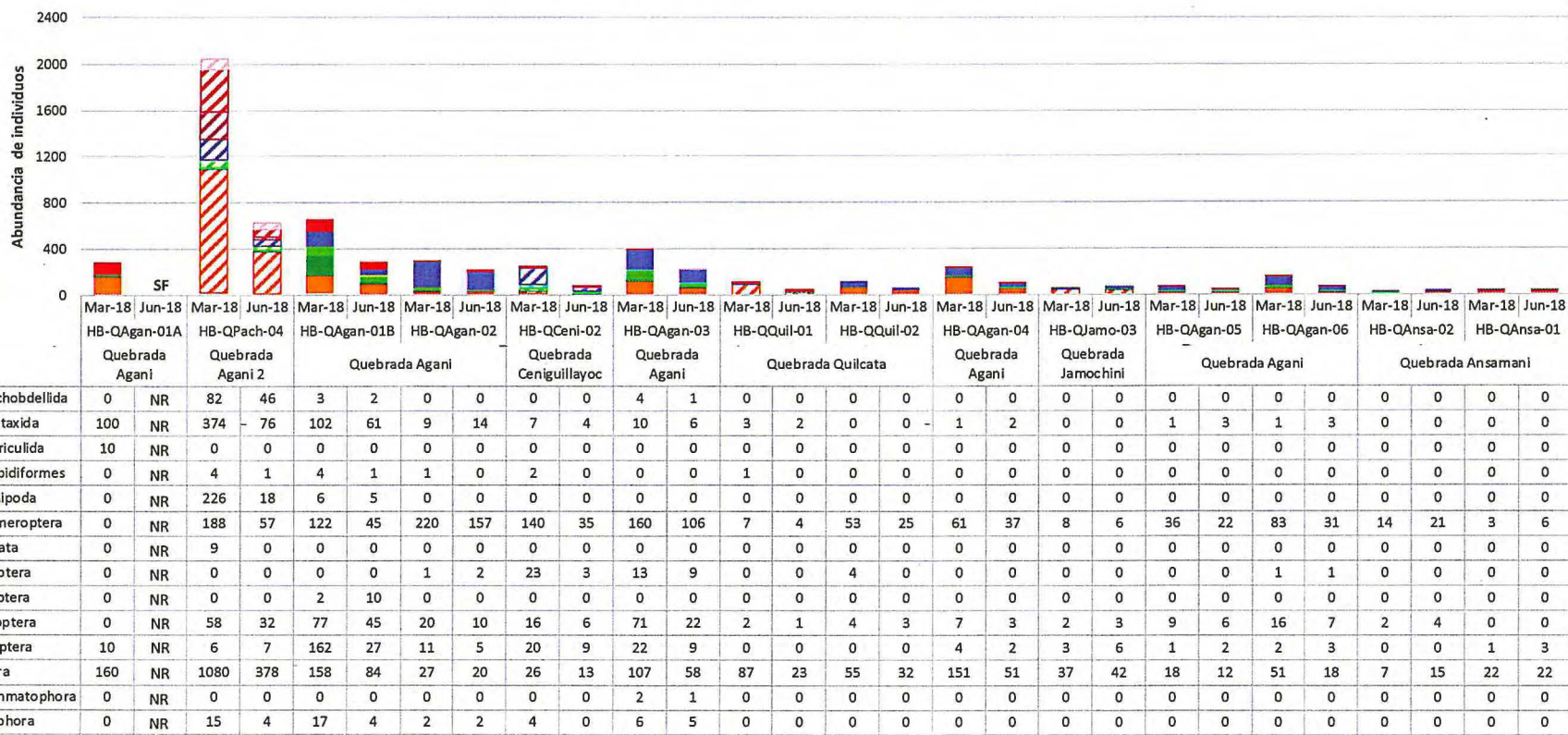


Figura 7-33. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Agani-Ansamani
Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios. SF: punto sin flujo de agua; NR: parámetro no registrado



Handwritten signatures and initials in blue ink, including 'P. J.', 'R.', and 'D.K.P.A.Z.'



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

Índices de diversidad

En la Tabla 7-11 se presentan los resultados de los índices de diversidad alfa: riqueza de especies, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener (H'), diversidad de Simpson ($1-\lambda$), dominancia de Simpson (λ) y equidad de Pielou (J'), por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que para ambas temporadas el punto HB-QJamo-03 (quebrada Jamochini) registró los mayores valores de diversidad de Shannon-Wiener (3,592 en avenida y 3,407 en estiaje) y diversidad de Simpson (0,902 en avenida y 0,894 en estiaje); los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (0,898 en avenida y 0,921 en estiaje), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie registrada para esta zona.

Tabla 7-11. Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Agani-Ansamani

| Cuerpo de agua | Punto de muestreo | Temporada | Riqueza de especies (S) | Abundancia de individuos (N) | Diversidad de Shannon-Wiener (H') | Diversidad de Simpson ($1-\lambda$) | Dominancia de Simpson (λ) | Equidad de Pielou (J') |
|------------------------|--------------------------|-----------|-------------------------|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Quebrada Agani | HB-QAgan-01 ^a | Mar-18 | 12 | 280 | 2,494 | 0,765 | 0,235 | 0,696 |
| | | Jun-18 | NR | NR | NR | NR | NR | NR |
| Quebrada Agani 2 | HB-QPach-04 | Mar-18 | 24 | 2042 | 3,411 | 0,887 | 0,113 | 0,744 |
| | | Jun-18 | 18 | 619 | 3,333 | 0,875 | 0,125 | 0,799 |
| Quebrada Agani | HB-QAgan-01B | Mar-18 | 25 | 653 | 3,240 | 0,856 | 0,144 | 0,698 |
| | | Jun-18 | 20 | 284 | 3,346 | 0,873 | 0,127 | 0,774 |
| | HB-QAgan-02 | Mar-18 | 17 | 291 | 2,246 | 0,664 | 0,337 | 0,550 |
| | | Jun-18 | 15 | 210 | 2,307 | 0,680 | 0,320 | 0,591 |
| Quebrada Ceniguillayoc | HB-QCeni-02 | Mar-18 | 18 | 238 | 2,782 | 0,772 | 0,228 | 0,667 |
| | | Jun-18 | 12 | 70 | 2,929 | 0,804 | 0,196 | 0,817 |
| Quebrada Agani | HB-QAgan-03 | Mar-18 | 19 | 395 | 2,941 | 0,825 | 0,176 | 0,692 |
| | | Jun-18 | 17 | 217 | 2,892 | 0,807 | 0,193 | 0,708 |
| Quebrada Quilcata | HB-QQuil-01 | Mar-18 | 7 | 100 | 1,541 | 0,532 | 0,468 | 0,549 |
| | | Jun-18 | 6 | 30 | 1,953 | 0,664 | 0,336 | 0,756 |
| Quebrada Quilcata | HB-QQuil-02 | Mar-18 | 8 | 116 | 2,049 | 0,700 | 0,301 | 0,683 |
| | | Jun-18 | 7 | 60 | 2,148 | 0,716 | 0,284 | 0,765 |
| Quebrada Agani | HB-QAgan-04 | Mar-18 | 11 | 224 | 2,194 | 0,667 | 0,333 | 0,634 |
| | | Jun-18 | 10 | 95 | 2,512 | 0,775 | 0,225 | 0,756 |
| Quebrada Jamochini | HB-QJamo-03 | Mar-18 | 16 | 50 | 3,592 | 0,902 | 0,098 | 0,898 |
| | | Jun-18 | 13 | 57 | 3,407 | 0,894 | 0,106 | 0,921 |
| Quebrada Agani | HB-QAgan-05 | Mar-18 | 13 | 65 | 2,921 | 0,818 | 0,182 | 0,789 |
| | | Jun-18 | 12 | 45 | 3,123 | 0,848 | 0,152 | 0,871 |
| | HB-QAgan-06 | Mar-18 | 16 | 154 | 2,722 | 0,786 | 0,214 | 0,681 |
| | | Jun-18 | 14 | 63 | 3,096 | 0,839 | 0,161 | 0,813 |
| Quebrada Ansamani | HB-QAnsa-02 | Mar-18 | 7 | 23 | 2,282 | 0,718 | 0,282 | 0,813 |
| | | Jun-18 | 6 | 40 | 2,331 | 0,763 | 0,238 | 0,902 |
| | HB-QAnsa-01 | Mar-18 | 7 | 26 | 2,107 | 0,695 | 0,305 | 0,751 |
| | | Jun-18 | 5 | 31 | 2,001 | 0,722 | 0,278 | 0,862 |

NR: parámetro no registrado



Handwritten signatures and initials on the left margin, including a large blue signature and several smaller ones.



Índices Bióticos

En la Tabla 7-12 se presentan los resultados de la calidad ecológica del agua por punto de muestreo y temporada de evaluación, determinada referencialmente a partir del índice biótico de familia (IBF), el porcentaje de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (% EPT) y el índice biótico andino (ABI). Para el índice IBF, el punto HB-QCeni-02 (quebrada Ceniguillayoc) registró el menor valor en la temporada de avenida con 3,51, que corresponde a una excelente calidad ecológica del agua; mientras que el punto HB-QAgan-02 (quebrada Agani) registró el menor valor en la temporada de estiaje con 3,86, que corresponde a una muy buena calidad ecológica del agua. Para el índice % EPT, el punto HB-QQuil-02 (quebrada Quilcata) registró el mayor valor en temporada de avenida con 50 %, que corresponde a una buena calidad ecológica del agua; mientras que el punto HB-QQuil-01 (quebrada Quilcata) registró el mayor valor en la temporada de estiaje con 50 %, que corresponde a una buena calidad ecológica del agua. Para el índice ABI, el punto HB-QAgan-01B (quebrada Agani) registró el mayor valor en ambas temporadas con 96 en avenida y 77 en estiaje, que corresponde a una muy buena calidad ecológica del agua.

Tabla 7-12. Índices bióticos y calidad ecológica del agua por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Agani-Ansamani

| Cuerpo de agua | Punto de muestreo | Temporada | Índice IBF | Calidad | Índice %EPT | Calidad | Índice ABI | Calidad |
|------------------------|--------------------------|-----------|------------|--------------------|-------------|---------|------------|-----------|
| Quebrada Agani | HB-QAgan-01 ^a | Mar-18 | 6,67 | Pobre | 0,00 | Mala | 23 | Malo |
| | | Jun-18 | NR | NR | NR | NR | NR | NR |
| Quebrada Agani 2 | HB-QPach-04 | Mar-18 | 6,49 | Regularmente pobre | 8,33 | Mala | 61 | Bueno |
| | | Jun-18 | 6,27 | Regularmente pobre | 11,11 | Mala | 47 | Bueno |
| Quebrada Agani | HB-QAgan-01B | Mar-18 | 5,12 | Regular | 20,00 | Mala | 96 | Muy bueno |
| | | Jun-18 | 5,31 | Regular | 20,00 | Mala | 77 | Muy bueno |
| | HB-QAgan-02 | Mar-18 | 3,73 | Excelente | 23,53 | Mala | 62 | Bueno |
| | | Jun-18 | 3,86 | Muy bueno | 26,67 | Regular | 58 | Bueno |
| Quebrada Ceniguillayoc | HB-QCeni-02 | Mar-18 | 3,51 | Excelente | 33,33 | Regular | 80 | Muy bueno |
| | | Jun-18 | 4,11 | Muy bueno | 41,67 | Regular | 55 | Bueno |
| Quebrada Agani | HB-QAgan-03 | Mar-18 | 4,29 | Bueno | 21,05 | Mala | 64 | Bueno |
| | | Jun-18 | 4,21 | Muy bueno | 23,53 | Mala | 64 | Bueno |
| Quebrada Quilcata | HB-QQuil-01 | Mar-18 | 5,74 | Regular | 42,86 | Regular | 28 | Moderado |
| | | Jun-18 | 5,67 | Regular | 50,00 | Buena | 24 | Malo |
| Quebrada Quilcata | HB-QQuil-02 | Mar-18 | 4,40 | Bueno | 50,00 | Buena | 42 | Moderado |
| | | Jun-18 | 4,73 | Bueno | 42,86 | Regular | 32 | Moderado |
| Quebrada Agani | HB-QAgan-04 | Mar-18 | 4,96 | Bueno | 36,36 | Regular | 47 | Bueno |
| | | Jun-18 | 4,59 | Bueno | 40,00 | Regular | 47 | Bueno |
| Quebrada Jamochini | HB-QJamo-03 | Mar-18 | 5,22 | Regular | 18,75 | Mala | 42 | Moderado |
| | | Jun-18 | 5,28 | Regular | 23,08 | Mala | 39 | Moderado |
| Quebrada Agani | HB-QAgan-05 | Mar-18 | 3,94 | Muy bueno | 38,46 | Regular | 53 | Bueno |
| | | Jun-18 | 4,27 | Bueno | 41,67 | Regular | 48 | Bueno |
| | HB-QAgan-06 | Mar-18 | 3,95 | Muy bueno | 37,50 | Regular | 67 | Bueno |
| | | Jun-18 | 4,13 | Muy bueno | 42,86 | Regular | 67 | Bueno |
| Quebrada Ansamani | HB-QAnsa-02 | Mar-18 | 4,26 | Bueno | 42,86 | Regular | 26 | Malo |
| | | Jun-18 | 4,50 | Bueno | 50,00 | Bueno | 22 | Malo |





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

| Cuerpo de agua | Punto de muestreo | Temporada | Índice IBF | Calidad | Índice %EPT | Calidad | Índice ABI | Calidad |
|----------------|-------------------|-----------|------------|---------|-------------|---------|------------|---------|
| | HB-QAnsa-01 | Mar-18 | 5,69 | Regular | 14,29 | Mala | 20 | Malo |
| | | Jun-18 | 5,42 | Regular | 20,00 | Mala | 16 | Malo |

NR: parámetro no registrado

c.2. Perifiton

Esta comunidad está conformada por una parte vegetal (microalgas) y una parte animal (microorganismos). Para el análisis de esta comunidad se consideró solo a las microalgas, debido a la baja diversidad de los microorganismos. En el Anexo C, se detalla el registro completo de las especies del perifiton.

Riqueza

En la zona Agani-Ansamani la comunidad del perifiton (microalgas) estuvo representada por 191 especies agrupadas en 6 phyla. El phylum Bacillariophyta registró la mayor riqueza con 112 especies, seguida por el phylum Cyanobacteria con 31 especies. En el Anexo C se presenta el registro completo del perifiton.

En la Figura 7-34 se presentan los resultados de la riqueza del perifiton por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que el punto HB-HAgan-01, ubicado en el bofedal Agani, registró la mayor riqueza para ambas temporadas con 52 especies en avenida (marzo 2018) y 43 especies en estiaje (junio 2018); por otro lado, el punto HB-QAnsa-02, ubicado en la quebrada Ansamani, registró la menor riqueza en temporada de avenida con 2 especies, mientras que el punto HB-QAgan-04, ubicado en la quebrada Agani, registró la menor riqueza en temporada de estiaje con 9 especies.

Abundancia

En la Figura 7-35 se presentan los resultados de la abundancia del perifiton por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que en la temporada de avenida (marzo 2018), el punto HB-HAgan-01, ubicado en el bofedal Agani, registró la mayor abundancia con 66700 organismos/cm², mientras que el punto HB-QAnsa-02, ubicado en la quebrada Ansamani, registró la menor abundancia con 1000 organismos/cm². En la temporada de estiaje (junio 2018), el punto HB-QAnsa-02, ubicado en la quebrada Ansamani, registró la mayor abundancia con 95850 organismos/cm², mientras que el punto HB-QAgan-04, ubicado en la quebrada Agani, registró la menor abundancia con 11100 organismos/cm².



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»

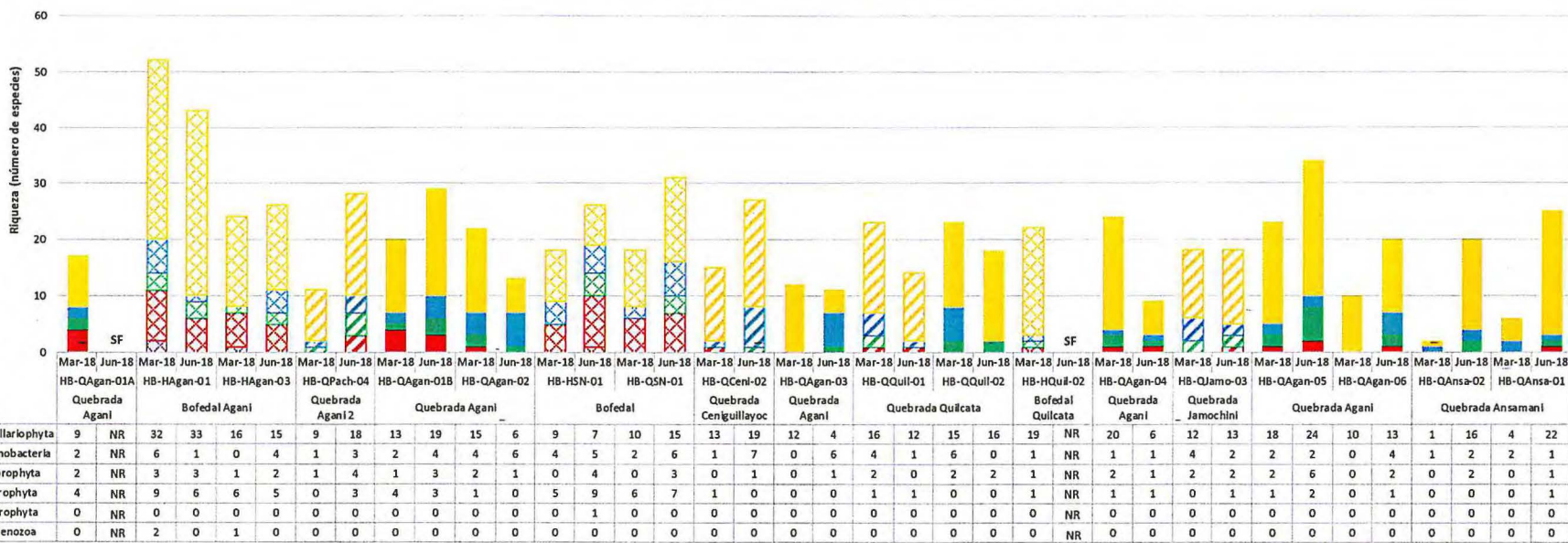


Figura 7-34. Riqueza de la comunidad del perifiton (microalgas) por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Agani-Ansamani
 Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios y los colores en cuadrículas representan los bofedales. SF: punto sin flujo de agua; NR: parámetro no registrado



Handwritten signatures and initials in blue ink, including 'P.', 'D.', 'R.', and 'S.M.P.E.'.



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



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

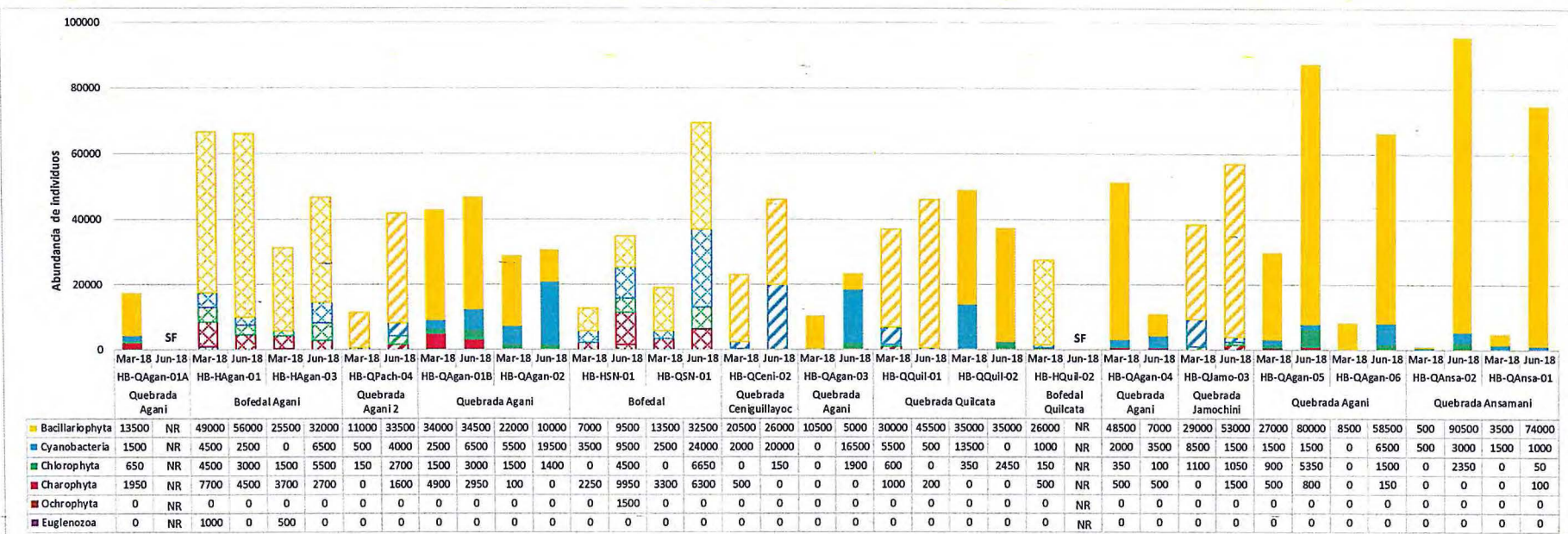


Figura 7-35. Abundancia de la comunidad del perifiton por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Agani-Ansamani
Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios y los colores en cuadrículas representan los bofedales. SF: punto sin flujo de agua; NR: parámetro no registrado



Índices de diversidad

En la Tabla 7-13 se presentan los resultados de los índices de diversidad alfa: riqueza de especies, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener (H'), diversidad de Simpson ($1-\lambda$), dominancia de Simpson (λ) y equidad de Pielou (J'), por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que para ambas temporadas el punto HB-HAgan-01 (bofedal Agani) registró los mayores valores de riqueza (52 especies en avenida y 43 especies en estiaje), diversidad de Shannon-Wiener (5,279 en avenida y 4,898 en estiaje), diversidad de Simpson (0,966 en avenida y 0,952 en estiaje); los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (0,926 en avenida y 0,903 en estiaje), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie registrada para esta zona.

Tabla 7-13. Índices de diversidad alfa de la comunidad del perifiton (microalgas) por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Agani-Ansamani

| Cuerpo de agua | Punto de muestreo | Temporada | Riqueza de especies (S) | Abundancia de individuos (N) | Diversidad de Shannon-Wiener (H') | Diversidad de Simpson ($1-\lambda$) | Dominancia de Simpson (λ) | Equidad de Pielou (J') |
|------------------------|-------------------|-----------|-------------------------|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Quebrada Agani | HB-QAgan-01A | Mar-18 | 17 | 17600 | 3,538 | 0,884 | 0,116 | 0,866 |
| | | Jun-18 | NR | NR | NR | NR | NR | NR |
| Bofedal Agani | HB-HAgan-01 | Mar-18 | 52 | 66700 | 5,279 | 0,966 | 0,034 | 0,926 |
| | | Jun-18 | 43 | 66000 | 4,898 | 0,952 | 0,048 | 0,903 |
| | HB-HAgan-03 | Mar-18 | 24 | 31200 | 4,140 | 0,926 | 0,074 | 0,903 |
| | | Jun-18 | 26 | 46700 | 4,212 | 0,930 | 0,070 | 0,896 |
| Quebrada Agani 2 | HB-QPach-04 | Mar-18 | 11 | 11650 | 3,233 | 0,884 | 0,116 | 0,935 |
| | | Jun-18 | 28 | 41800 | 4,301 | 0,936 | 0,064 | 0,895 |
| Quebrada Agani | HB-QAgan-01B | Mar-18 | 20 | 42900 | 3,826 | 0,910 | 0,090 | 0,885 |
| | | Jun-18 | 29 | 46950 | 4,369 | 0,935 | 0,065 | 0,899 |
| | HB-QAgan-02 | Mar-18 | 22 | 29100 | 4,226 | 0,940 | 0,060 | 0,948 |
| | | Jun-18 | 13 | 30900 | 3,121 | 0,833 | 0,167 | 0,843 |
| Bofedal | HB-HSN-01 | Mar-18 | 18 | 12750 | 3,946 | 0,928 | 0,072 | 0,946 |
| | | Jun-18 | 26 | 34950 | 4,354 | 0,943 | 0,057 | 0,926 |
| | HB-QSN-01 | Mar-18 | 18 | 19300 | 3,794 | 0,911 | 0,089 | 0,910 |
| | | Jun-18 | 31 | 69450 | 4,314 | 0,932 | 0,068 | 0,871 |
| Quebrada Ceniguillayoc | HB-QCeni-02 | Mar-18 | 15 | 23000 | 3,488 | 0,889 | 0,111 | 0,893 |
| | | Jun-18 | 27 | 46150 | 4,212 | 0,925 | 0,075 | 0,886 |
| Quebrada Agani | HB-QAgan-03 | Mar-18 | 12 | 10500 | 3,404 | 0,893 | 0,107 | 0,950 |
| | | Jun-18 | 11 | 23400 | 2,571 | 0,725 | 0,276 | 0,743 |
| Quebrada Quilcata | HB-QQuil-01 | Mar-18 | 23 | 37100 | 4,032 | 0,915 | 0,085 | 0,891 |
| | | Jun-18 | 14 | 46200 | 3,312 | 0,878 | 0,122 | 0,870 |
| | HB-QQuil-02 | Mar-18 | 23 | 48850 | 4,084 | 0,931 | 0,069 | 0,903 |
| | | Jun-18 | 18 | 37450 | 3,808 | 0,918 | 0,082 | 0,913 |
| Bofedal Quilcata | HB-HQuil-02 | Mar-18 | 22 | 27650 | 4,119 | 0,930 | 0,070 | 0,924 |
| | | Jun-18 | NR | NR | NR | NR | NR | NR |
| Quebrada Agani | HB-QAgan-04 | Mar-18 | 24 | 51350 | 4,081 | 0,927 | 0,073 | 0,890 |
| | | Jun-18 | 9 | 11100 | 2,639 | 0,797 | 0,203 | 0,833 |
| Quebrada Jamochini | HB-QJamo-03 | Mar-18 | 18 | 38600 | 3,672 | 0,902 | 0,098 | 0,881 |
| | | Jun-18 | 18 | 57050 | 3,585 | 0,897 | 0,103 | 0,860 |





 P.



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

| Cuerpo de agua | Punto de muestreo | Temporada | Riqueza de especies (S) | Abundancia de individuos (N) | Diversidad de Shannon-Wiener (H') | Diversidad de Simpson (1-λ) | Dominancia de Simpson (λ) | Equidad de Pielou (J') |
|-------------------|-------------------|-----------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------|
| Quebrada Agani | HB-QAgan-05 | Mar-18 | 23 | 29900 | 3,999 | 0,918 | 0,082 | 0,884 |
| | | Jun-18 | 34 | 87650 | 4,450 | 0,941 | 0,059 | 0,875 |
| | HB-QAgan-06 | Mar-18 | 10 | 8500 | 3,220 | 0,886 | 0,114 | 0,969 |
| | | Jun-18 | 20 | 66650 | 3,702 | 0,905 | 0,095 | 0,857 |
| Quebrada Ansamani | HB-QAnsa-02 | Mar-18 | 2 | 1000 | 1,000 | 0,500 | 0,500 | 1,000 |
| | | Jun-18 | 20 | 95850 | 3,646 | 0,881 | 0,119 | 0,844 |
| | HB-QAnsa-01 | Mar-18 | 6 | 5000 | 2,446 | 0,800 | 0,200 | 0,946 |
| | | Jun-18 | 25 | 75150 | 4,196 | 0,936 | 0,064 | 0,904 |

NR: parámetro no registrado

d. Agua subterránea

En la zona Agani-Ansamani se colectaron muestras de agua subterráneas de los piezómetros PZ-04 y PZ-06. Todos los resultados de los parámetros evaluados en esta zona se presentan en el Anexo C.

De la comparación de resultados realizada con los ECA 2015 y 2017 (Tabla 7-1), los parámetros que están fuera del rango o superan la norma referenciada fueron: potencial de hidrógeno (pH), boro, hierro y manganeso.

- Potencial de hidrógeno (pH)

En la parte alta de la quebrada Agani, en ambas temporadas, el potencial de hidrógeno del agua subterránea del piezómetro PZ-06, se encontró fuera del rango mínimo establecido en los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3 (Figura 7-36).

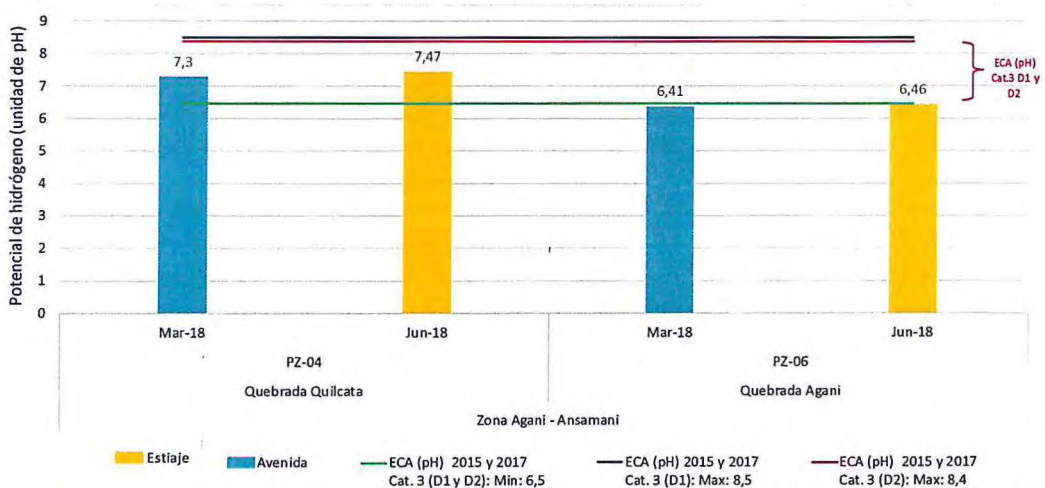


Figura 7-36. Potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en el agua subterránea de la zona Agani-Ansamani

- Boro (B)

En la temporada de avenida, la concentración de boro en el agua subterránea piezómetro PZ-04 (localizado aguas arriba de la futura represa de agua del PM San

Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

Gabriel) superó los ECA para agua 2015 y 2017, categoría 3 subcategorías D1 (Figura 7-37).

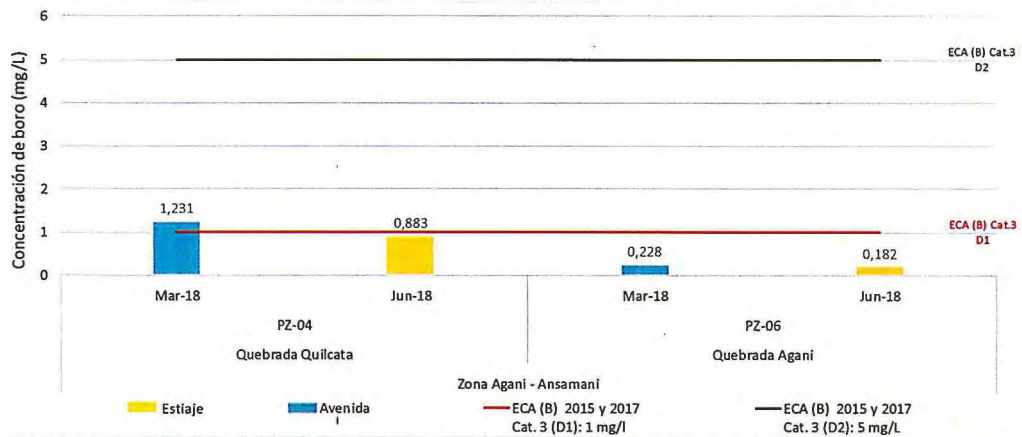


Figura 7-37. Concentración de boro en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en el agua subterránea de la zona Agani-Ansamani

Hierro (Fe)

En ambas temporadas, la concentración de hierro en el agua subterránea del piezómetro PZ-06 (localizado en la parte media alta de la quebrada Agani) superó los ECA para agua 2015 y 2017, categoría 3 subcategoría D1 (Figura 7-38).

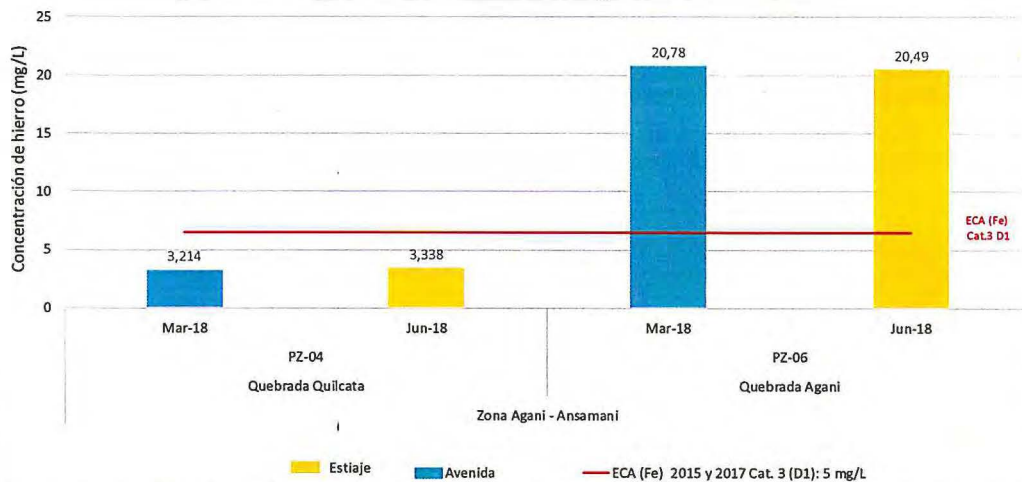


Figura 7-38. Concentración de hierro en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en el agua subterránea de la zona Agani-Ansamani

Manganeso (Mn)

La concentración de manganeso en los puntos de muestreo de agua subterránea PZ-04 y PZ-06, en ambas temporadas, incumplieron con los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3 (Figura 7-39).



Vertical handwritten signature and notes on the left margin.



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

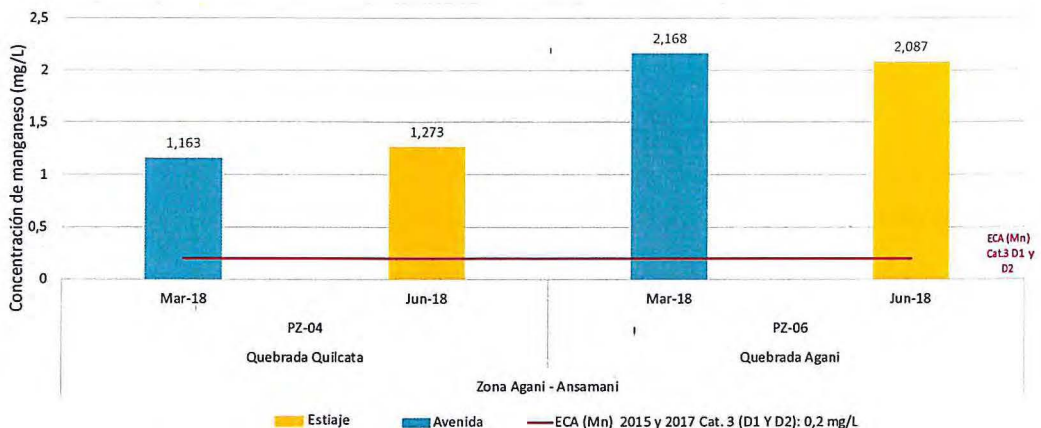


Figura 7-39. Concentración de manganeso en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en el agua subterránea de la zona Agani-Ansamani

7.1.2 Microcuenca Itapallone (sector Corire)

Los cursos principales de agua del sector Corire están conformados por las quebradas Corire, Juctaiccaca y propiamente dicha la quebrada Itapallone la cual desemboca en el río que lleva su nombre (río Itapallone), para la evaluación ambiental del PM San Gabriel se consideró el sector Corire conformado por los puntos de muestreo ubicados en las quebradas Katrina, Atiñayoc, Cruzana, Millahuaico, Apacheta-Corire.

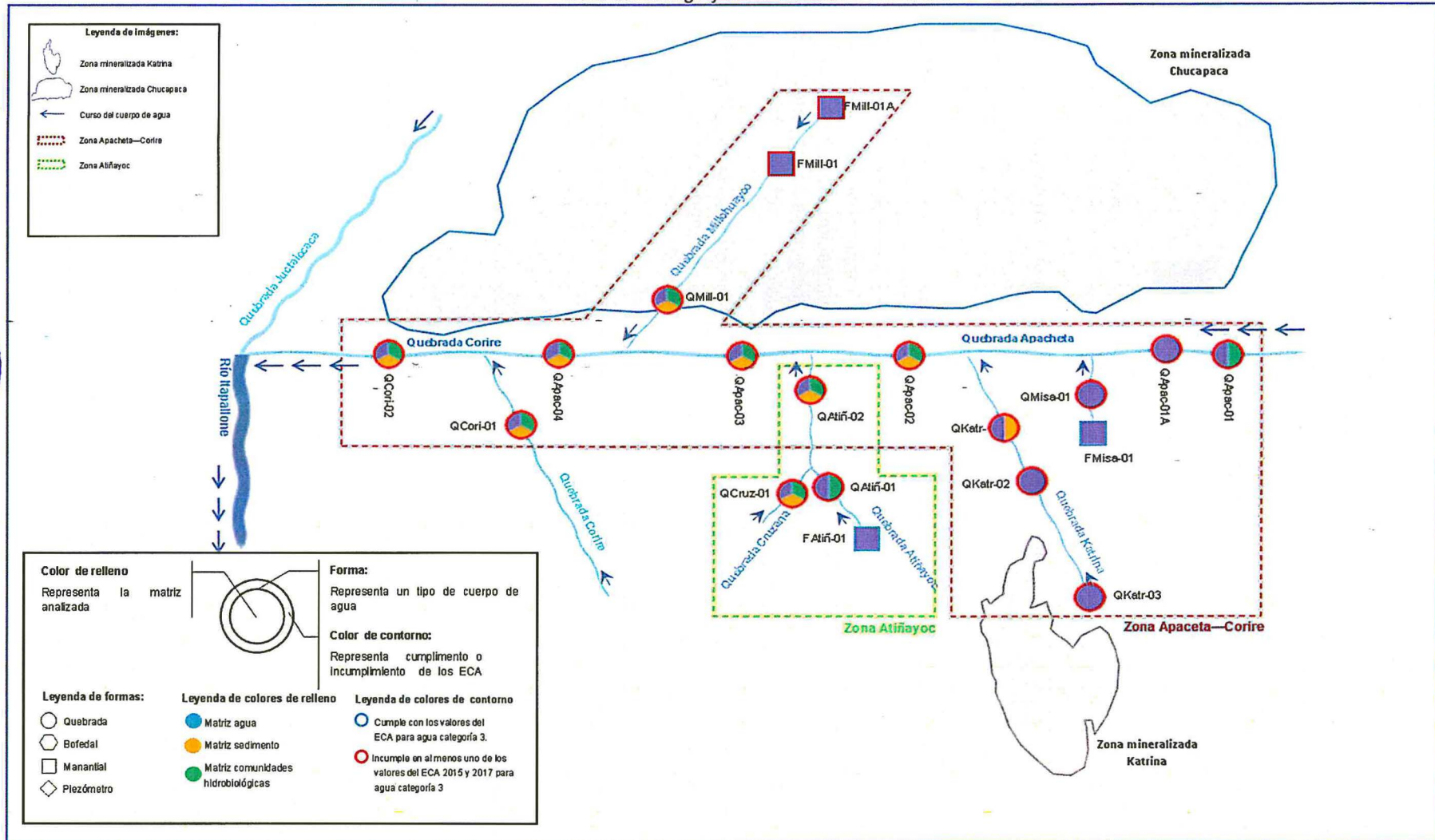
En la Figura 7-40 se representa esquemáticamente los puntos de muestreo de esta microcuenca, los cuales se agruparon en 2 zonas. La descripción de cada punto de muestreo se presenta en los reportes de campo (Anexo B).



Vertical handwritten signature and initials in blue ink.



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



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.

Figura 7-40. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial en la microcuenca Itapallone (sector Corire)



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

Las 2 zonas en las cuales se agruparon los puntos de la microcuenca Itapallone (sector Corire) son:

- Zona Atiñayoc: comprende los puntos de muestreo de la quebrada Atiñayoc y Cruzana desde el punto de muestreo QJapu-01 hasta el punto QPach-04.
- Zona Apacheta-Corire: comprende los puntos de muestreo de la quebrada Ceniguillayoc, desde el punto FCeni-02 hasta el punto QCeni-02.

Los resultados sistematizados de todas las variables físico y químicas en el agua de la microcuenca Itapallone y los informes de ensayo que incluyen todos los resultados y puntos de muestreo se presentan en el Anexo C.

Los parámetros de los puntos de muestreo de agua superficial de la microcuenca Itapallone que incumplieron con los valores establecidos en los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3 subcategorías D1 y D2, se presentan en la Tabla 7-14.

Tabla 7-14 Parámetros que incumplieron los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3, subcategoría D1 y D2 en la microcuenca Itapallone (sector Corire)

| Microcuenca | Zona | Cuerpo de agua | Punto de muestreo | ID IGA | ECA para agua 2015 y 2017 | | | |
|--|---------------|----------------------|-------------------|----------------|---------------------------|--|------------------|--------------------------------|
| | | | | | Categoría 3 (D1) | | Categoría 3 (D2) | |
| | | | | | Avenida | Estiaje | Avenida | Estiaje |
| | | | | | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 |
| Zona Atiñayoc | | Manatial Atiñayoc | FAtiñ-01 | S-24(MA-IT-20) | -- | SF | -- | SF |
| | | Quebrada Atiñayoc | QAtiñ-01 | -- | Mn | pH-Fe-Mn | Mn | pH-Mn |
| | | Quebrada Cruzana | QCruz-01 | -- | Mn | pH-Fe-Mn | Mn | pH-Mn |
| | | Quebrada Atiñayoc | QAtiñ-02 | -- | Mn | Fe-Mn | Mn | Mn |
| Microcuenca Itapallone (Sector Corire) | Zona Apacheta | Quebrada Apacheta | QApac-01 | -- | pH-Ni | SF | pH | SF |
| | | Quebrada Apacheta | QApac-01A | -- | NE | pH-CE-Al-Cd-Co-Cu-Fe-Mn-Ni-Se-Zn-SO ₄ | NE | pH-Al-Cd-Cu-Mn-SO ₄ |
| | Zona Corire | Manatial Misaorcco | FMisa-01 | -- | -- | SF | -- | SF |
| | | Quebrada Misaorcco | QMisa-01 | -- | NE | Mn | NE | Mn |
| | | Quebrada Katrina | QKatr-03 | -- | NE | pH-Cd-Fe-Mn-Pb-Zn | NE | pH-Mn-Pb |
| | | Quebrada Katrina | QKatr-02 | -- | NE | pH-Al-Cd-Mn-Pb-Zn | NE | pH-Al-Cd-Mn-Pb |
| | | Quebrada Katrina | QKatr-01 | -- | pH-Cd-Fe-Mn-Pb-Zn | pH-Al-Cd-Mn-Pb-Zn | pH-Mn-Pb | pH-Al-Mn-Pb |
| | | Quebrada Apacheta | QApac-02 | -- | pH-Al-Cd-Cu-Mn | pH-Al-Cd-Co-Cu-Fe-Mn-Pb-Zn | pH-Al-Mn | pH-Al-Mn-Pb |
| | | Quebrada Apacheta | QApac-03 | -- | pH-Al-Cd-Mn | pH-Al-Cd-Cu-Mn-Pb-Zn | pH-Al-Mn | pH-Al-Mn-Pb |
| | | Manatial Millahuaico | FMill-01 | -- | pH-Al | pH-Al | pH-Al | pH-Al |
| | | Manatial Millahuaico | FMill-01A | -- | NE | pH-Al-Cu | NE | pH-Al |
| | | Quebrada Millahuaico | QMill-01 | -- | pH-Mn | pH-Mn | pH-Mn | pH-Mn |
| | | Quebrada Apacheta | QApac-04 | -- | pH-Al-Mn | pH-Al-Cd-Mn-Pb | pH-Al-Mn | pH-Al-Mn-Pb |
| | | Quebrada Corire | QCori-01 | -- | Mn | -- | Mn | -- |



Handwritten signature and notes in blue ink, including an arrow pointing upwards and various initials.



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

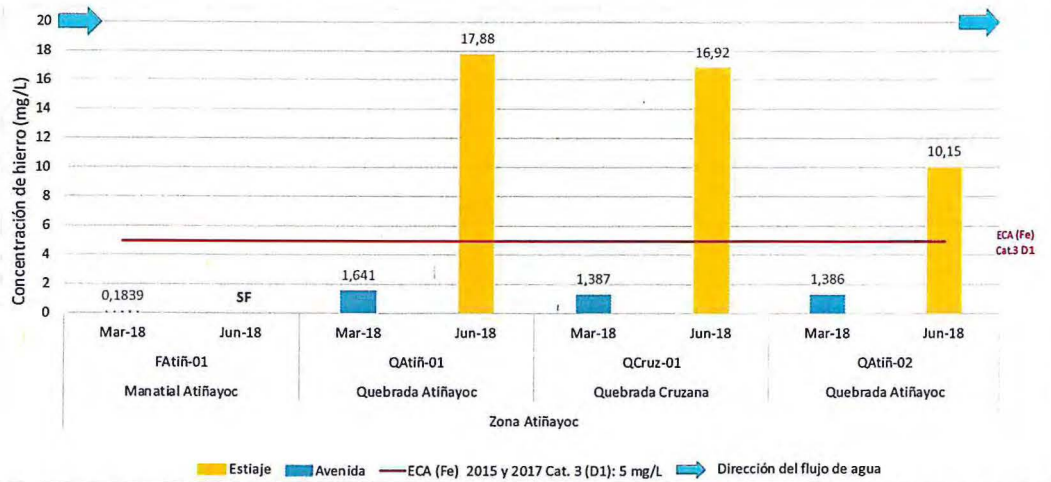


Figura 7-42. Concentración de hierro en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua

• Manganeso (Mn)

En ambas temporadas, la concentración de manganeso en las aguas superficiales de las quebradas Atiñayoc (QAtiñ-01, y QAtiñ-02) y Cruzani (QCruz-01) incumplió los ECA para agua 2015 y 2017, categoría 3 (Figura 7-43).

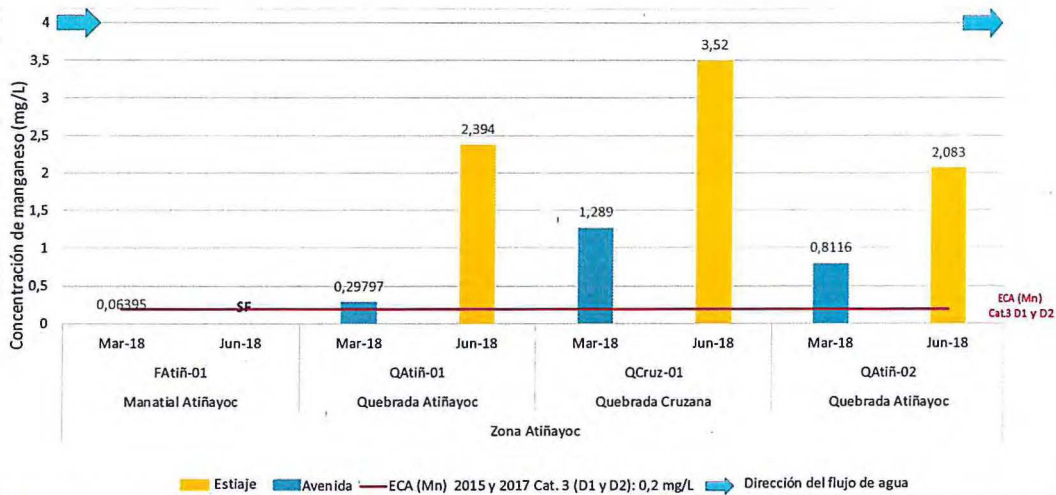


Figura 7-43. Concentración de manganeso en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc. Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua

b. Sedimento

La zona Atiñayoc comprende 2 puntos correspondientes a la quebrada Cruzana (SED-QCruz-01) y la quebrada Atiñayoc (SED-QAtiñ-02).

En el sedimento las concentraciones de metales que superaron los valores PEL de la CCME (Figura 7-44) fueron:



Vertical list of handwritten initials and signatures in blue ink.

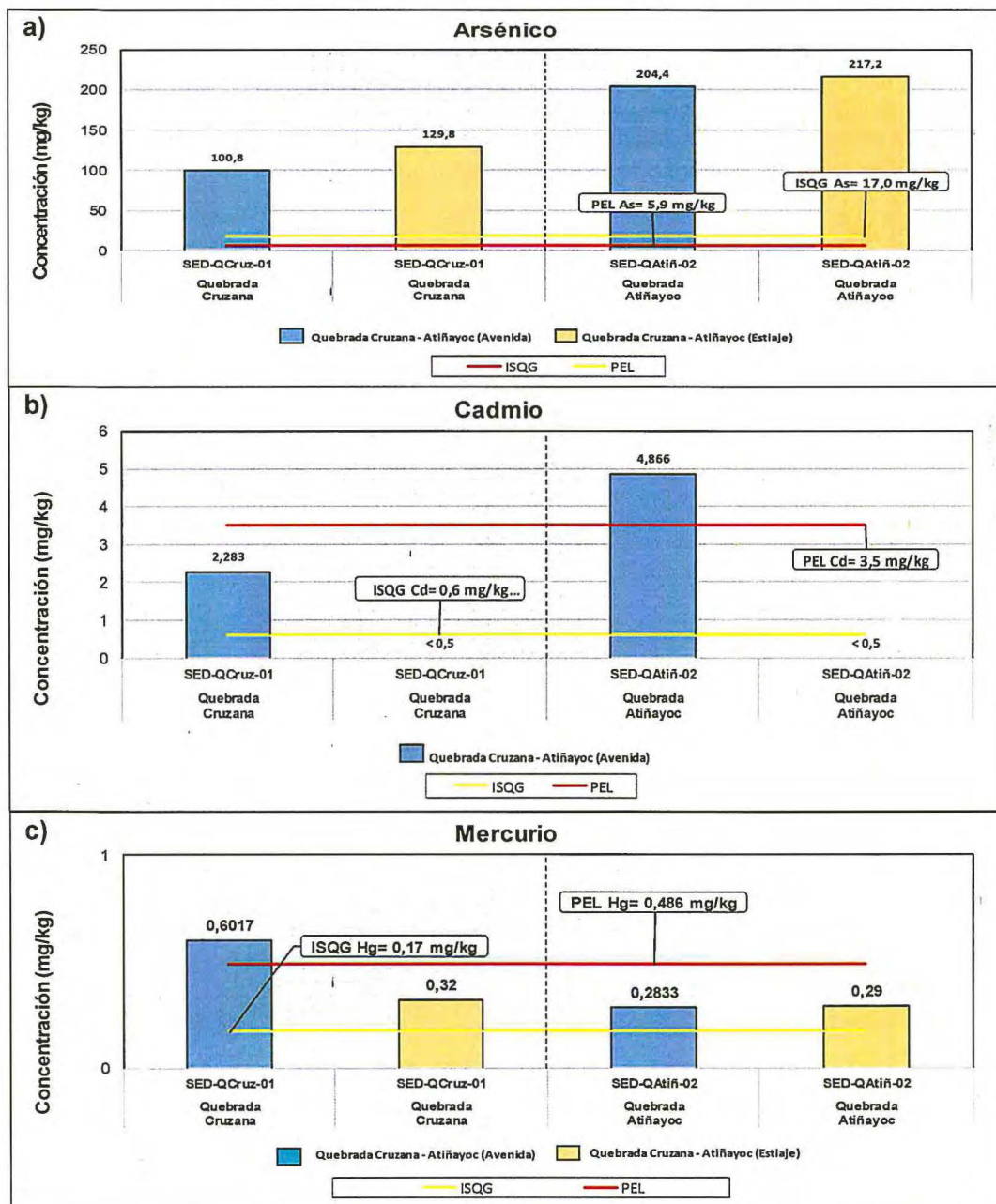


«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»
«Año del diálogo y la reconciliación nacional»

En la quebrada Atiñayoc en el punto (SED-QAtiñ-02) la concentración de cadmio en la temporada de avenida y las concentraciones de arsénico, plomo y zinc en ambas temporadas; en la quebrada Cruzana en el punto (SED-QCruz-01) la concentración de mercurio en la temporada de avenida, la concentración de plomo en la temporada de estiaje y arsénico en ambas temporadas.

En el sedimento las concentraciones de metales en el que solo superaron el valor ISQG de la CCME (Figura 7-44) fueron:

En la quebrada Atiñayoc en el punto (SED-QAtiñ-02) las concentraciones de cobre y mercurio en ambas temporadas; en la quebrada Cruzana en el punto (SED-QCruz-01) las concentraciones de cadmio y plomo en la temporada de avenida, la concentración de mercurio en la temporada de estiaje y zinc en ambas temporadas.



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



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

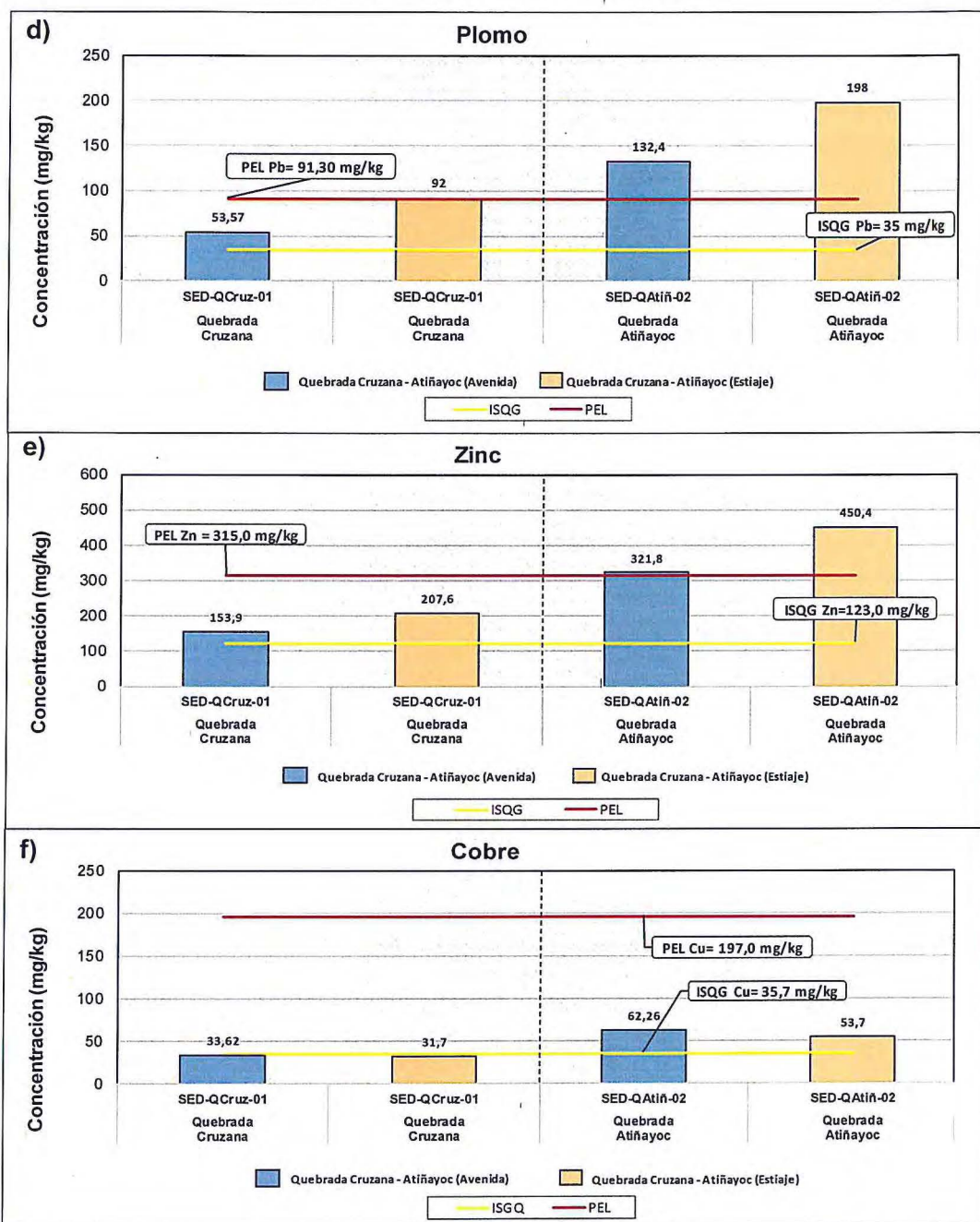


Figura 7-44. Concentraciones de metales en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc: a) arsénico, b) cadmio, c) mercurio, d) plomo, e) zinc y f) cobre

c. Comunidades hidrobiológicas

c.1. Macroinvertebrados bentónicos

Riqueza

En la zona Atiñayoc la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 4 especies, agrupadas en 1 phylum, 2 clases y 2 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 3 especies. En el Anexo C se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

En la Figura 7-45 se presentan los resultados de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que el punto HB-QAtiñ-01, ubicado en la quebrada Atiñayoc, registró la mayor riqueza para ambas temporadas con 4 especies en avenida (marzo 2018) y 2 especies en estiaje (junio 2018); por otro lado, el punto HB-QAtiñ-02, ubicado en la quebrada Atiñayoc, registró la menor riqueza para ambas temporadas con 1 especie en avenida y 1 especie en estiaje.

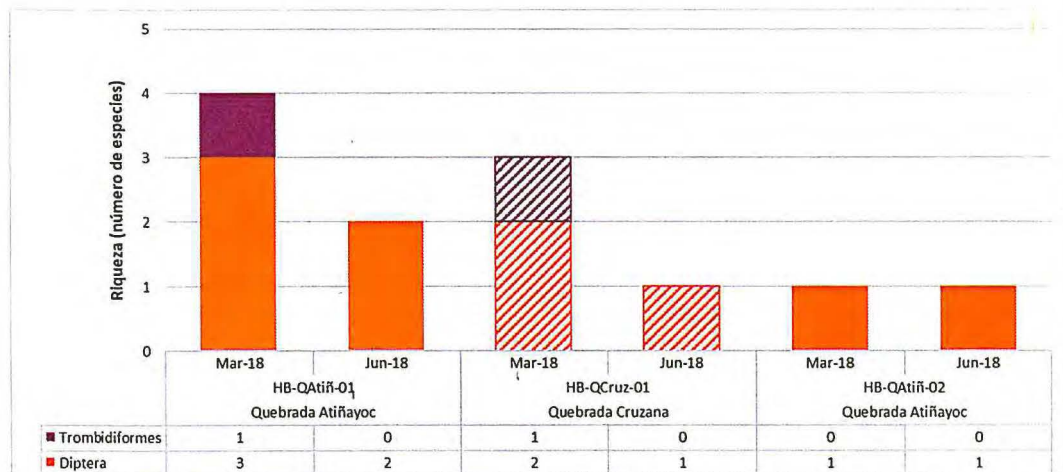


Figura 7-45. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc

Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios

Abundancia

En la Figura 7-46 se presentan los resultados de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que el punto HB-QAtiñ-01, ubicado en la quebrada Atiñayoc, registró la mayor abundancia para ambas temporadas con 5 individuos en avenida (marzo 2018) y 4 individuos en estiaje (junio 2018); por otro lado, el punto HB-QAtiñ-02, ubicado en la quebrada Atiñayoc, registró la menor abundancia para ambas temporadas con 3 individuos en avenida (marzo 2018) y 3 individuos en estiaje (junio 2018).



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



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

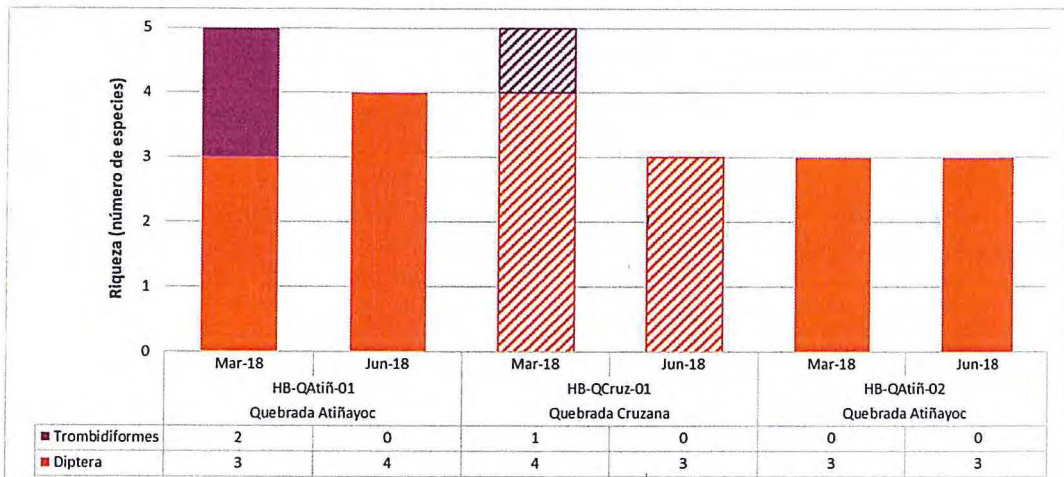


Figura 7-46. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc
Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios

Índices de diversidad

En la Tabla 7-15 se presentan los resultados de los índices de diversidad alfa: riqueza de especies, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener (H'), diversidad de Simpson ($1-\lambda$), dominancia de Simpson (λ) y equidad de Pielou (J'), por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que para ambas temporadas el punto HB-QAtiñ-01 (quebrada Atiñayoc) registró los mayores valores de riqueza (4 especies en avenida y 2 especies en estiaje), diversidad de Shannon-Wiener (1,922 en avenida y 0,811 en estiaje), diversidad de Simpson (0,720 en avenida y 0,375 en estiaje); los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (0,961 en avenida y 0,811 en estiaje), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie registrada para esta zona.

Tabla 7-15. Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc

| Cuerpo de agua | Quebrada Atiñayoc | | Quebrada Cruzana | | Quebrada Atiñayoc | |
|---------------------------------------|-------------------|--------|------------------|--------|-------------------|--------|
| Punto de muestreo | HB-QAtiñ-01 | | HB-QCruz-01 | | HB-QAtiñ-02 | |
| Temporada | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 |
| Riqueza de especies (S) | 4 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| Abundancia de individuos (N) | 5 | 4 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| Diversidad de Shannon-Wiener (H') | 1,922 | 0,811 | 1,371 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Diversidad de Simpson ($1-\lambda$) | 0,720 | 0,375 | 0,560 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Dominancia de Simpson (λ) | 0,280 | 0,625 | 0,440 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Equidad de Pielou (J') | 0,961 | 0,811 | 0,865 | NA | NA | NA |
| Número de Hill N1 | 3,789 | 1,755 | 2,586 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Número de Hill N2 | 3,571 | 1,600 | 2,273 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |



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



Índices Bióticos

En la Tabla 7-16 se presentan los resultados de la calidad ecológica del agua por punto de muestreo y temporada de evaluación, determinada referencialmente a partir del índice biótico de familia (IBF), el porcentaje de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (% EPT) y el índice biótico andino (ABI). Para el índice IBF, el punto HB-QAtiñ-01 (quebrada Atiñayoc) registró el menor valor en ambas temporadas con 5,20 en avenida y 6,00 en estiaje, que corresponde a una regular y regularmente pobre calidad ecológica del agua, respectivamente. Para el índice % EPT, todos los puntos registraron un valor de 0 % en ambas temporadas, que corresponde a una mala calidad ecológica del agua. Para el índice ABI, tanto el punto HB-QAtiñ-01 como el HB-QCruz-01 registraron valores similares en ambas temporadas, con 6 en avenida y 2 en estiaje, que corresponde a una mala calidad ecológica del agua.

Tabla 7-16. Índices bióticos y calidad ecológica del agua por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc

| Cuerpo de agua | Quebrada Atiñayoc | | Quebrada Cruzana | | Quebrada Atiñayoc | |
|-------------------|-------------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Punto de muestreo | HB-QAtiñ-01 | | HB-QCruz-01 | | HB-QAtiñ-02 | |
| Temporada | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 |
| Índice IBF | 5,20 | 6,00 | 5,60 | 6,00 | 6,00 | 6,00 |
| Calidad | Regular | Regularmente pobre | Regular | Regularmente pobre | Regularmente pobre | Regularmente pobre |
| Índice %EPT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Calidad | Mala | Mala | Mala | Mala | Mala | Mala |
| Índice ABI | 6 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 |
| Calidad | Pésimo | Pésimo | Pésimo | Pésimo | Pésimo | Pésimo |



c.2. Perifiton

Esta comunidad está conformada por una parte vegetal (microalgas) y una parte animal (microorganismos). Para el análisis de esta comunidad se consideró solo a las microalgas, debido a la baja diversidad de los microorganismos. En el Anexo C, se detalla el registro completo de las especies del perifiton.

Riqueza

En la zona Atiñayoc, la comunidad del perifiton (microalgas) estuvo representada por 16 especies agrupadas en 2 phyla. El phylum Bacillariophyta registró la mayor riqueza con 11 especies. En el Anexo C se presenta el registro completo del perifiton.

En la Figura 7-47 se presentan los resultados de la riqueza del perifiton por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que el punto HB-QAtiñ-01, ubicado en la quebrada Atiñayoc, registró la mayor riqueza para ambas temporadas con 6 especies en avenida (marzo 2018) y 4 especies en estiaje (junio 2018); por otro lado, el punto HB-QCruz-01, ubicado en la quebrada Cruzana, registró la menor riqueza para ambas temporadas con 2 especies en avenida y 3 especie en estiaje.

Vertical handwritten notes in blue ink, including an upward arrow and the name 'D.H.P.'.



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

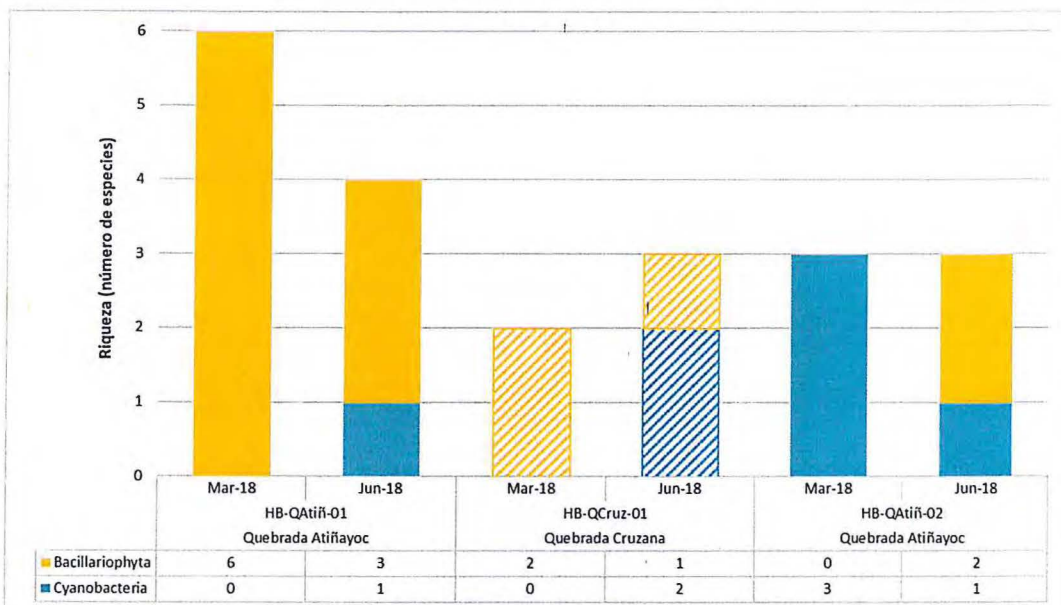


Figura 7-47. Riqueza de la comunidad del perifiton (microalgas) por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Atiñayoc
Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios

Abundancia

En la Figura 7-48 se presentan los resultados de la abundancia del perifiton por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que en la temporada de avenida (marzo 2018), el punto HB-AQtiñ-01, ubicado en la quebrada Atiñayoc, registró la mayor abundancia con 10500 organismos/cm², mientras que el punto HB-QCruz-01, ubicado en la quebrada Cruzana, registró la menor abundancia con 750 organismos/cm². En la temporada de estiaje (junio 2018), el punto HB-QAtiñ-02, ubicado en la quebrada Atiñayoc, registró la mayor abundancia con 5000 organismos/cm², mientras que el punto HB-QCruz-01, ubicado en la quebrada Cruzana, registró la menor abundancia con 2000 organismos/cm².



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

**- Zona Apacheta-Corire****a. Agua superficial**

De la comparación de resultados de agua de la zona Apacheta-Corire con los ECA para agua 2015 y 2018 (Tabla 7-14), los parámetros que incumplieron en esta zona con la norma fueron: potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica, aluminio (Al), cadmio (Cd), cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), níquel (Ni), plomo (Pb), selenio (Se) y zinc (Zn). Todos los resultados de los parámetros evaluados en esta zona se presentan en el Anexo C.

- Potencial de hidrógeno (pH)

El valor de potencial de hidrógeno en temporada de avenida en la quebrada Apacheta (QApac-01), en temporada de estiaje en las quebradas Katrina (QKatr-02 y QKatr-03), Apacheta (QApac-01A) y manantial Millahuico (FMill-01A) y en ambas temporadas en las quebradas Katrina (QKatr-01), Apacheta (QApac-02, QApac-03, QApac-04), Millahuico (QMill-01 y FMill-01) y Corire (QCori-02), incumplió con los rangos establecidos en los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3 (Figura 7-49).

- Conductividad eléctrica

En temporada de estiaje, la conductividad eléctrica en la quebrada Apacheta (QApac-01A), incumplió con los ECA para agua 2015 y 2017, categoría 3 subcategoría D1 (Figura 7-50).

- Aluminio (Al)

La concentración de aluminio en las aguas de las quebradas Apacheta (QApac-01A), Katrina (QKatr-02, QKatr-01) y manantial Millahuico (FMill-01A), en temporada de estiaje y en las quebradas Apacheta (QApac-02, QApac-03, QApac-04), Corine (QCori-02) y manantial Millahuico (FMill-01) en ambas temporadas, incumplieron los ECA para agua (2015 y 2017), categoría 3 (Figura 7-51).

- Cadmio (Cd)

La concentración de cadmio en las quebradas Katrina (QKatr-01) y Apacheta (QApac-02 y QApac-03) en ambas temporadas y en las quebradas Katrina (QKatr-03), Apacheta (QApac-04) y Corire (QCori-02) en temporada de estiaje, incumplió con los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3, subcategoría D1; además las quebradas Apacheta (QApac-01A) y Katrina (QKatr-02) en temporada de estiaje incumplieron con misma norma en la categoría 3 subcategorías D1 y D2 (Figura 7-52).

- Cobalto (Co)

La concentración de cobalto en la quebrada Apacheta (QApac-01A y QApac-02) en temporada de estiaje incumplió con los valores establecidos en los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3 subcategoría D1 (Figura 7-53).



Vertical list of handwritten initials and signatures on the left margin, including names like P., J., R., and others.



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

• Cobre (Cu)

La concentración de cobre en la quebrada Apacheta (QApac-03) y manantial Millahuaico (FMill-01A) en ambas temporadas incumplió los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3 subcategoría D1; asimismo, en la quebrada Apacheta (QApac-01A) en temporada de estiaje incumplió en la categoría 3 subcategorías D1 y D2 (Figura 7-54).

• Hierro (Fe)

La concentración de hierro en las quebradas Apacheta (QApac-01A y QApac-02) y Katrina (QKatr-03) en temporada de estiaje y en la quebrada Katrina (QKatr-01) en temporada de avenida, incumplieron con los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3 subcategoría D1 (Figura 7-55).

• Manganeso (Mn)

La concentración de manganeso en las quebrada Corire (QCori-01) en temporada de avenida, en las quebradas Katrina (QKatr-01), Apacheta (QApac-02, QApac-03, QApac-04) Millahuaico (QMill-01) y Corire (QCori-02) en ambas temporadas y en las quebradas Apacheta (QApac-01A), Katrina (QKatr-02 y QKatr-03) y Misaorcco (QMisa-01) en temporada de estiaje, incumplieron con los ECA para agua 2015 y 217 categoría 3 (Figura 7-56).

• Níquel (Ni)

La concentración de níquel en la quebrada Apacheta (QApac-01) en temporada de avenida y en la misma quebrada (QApac-01A) en temporada de estiaje, incumplieron con los valores establecidos en el D.S. 015-2015-MINAM, ECA para agua categoría 3 subcategorías riego de vegetales (D1) (Figura 7-57).

• Plomo (Pb)

La concentración de plomo en la quebrada Katrina (QKatr-01) en ambas temporadas y en las quebradas Katrina (QKatr-02 y QKatr-03) y Apacheta (QApac-02 y QApac-03 y QApac-04) en temporada de estiaje, incumplieron con los valores establecidos en el D.S. 015-2015-MINAM, ECA para agua categoría 3 (Figura 7-58).

• Selenio (Se)

La concentración de selenio en el punto de muestreo de la quebrada Apacheta (QApac-01A) en temporada de estiaje, incumplió con los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3 subcategoría D1 (Figura 7-59).

• Zinc (Zn)

La concentración de zinc en la quebrada Katrina (QKatr-01) en ambas temporadas y en las quebradas Apacheta (QApac-01A, QApac-02 y QApac-03) y Katrina (QKatr-02, QKatr-03) en temporada de estiaje, incumplieron con los ECA para agua 2015 Y 2017 categoría 3 subcategoría D1 (Figura 7-60).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including an upward-pointing arrow and the name 'D. A. R.' at the bottom.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

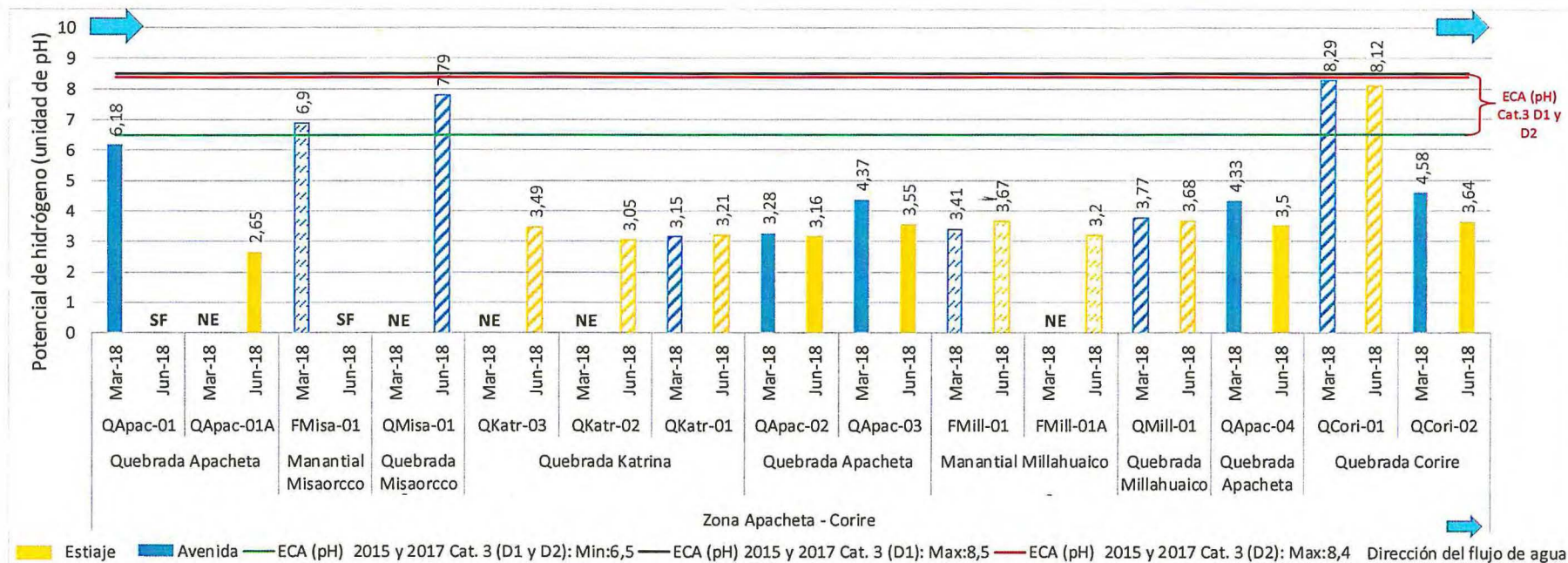


Figura 7-49. Potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire
 Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en trama representan los tributarios, los colores en malla representan los bofedales y los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua; NE: parámetro no registrado



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

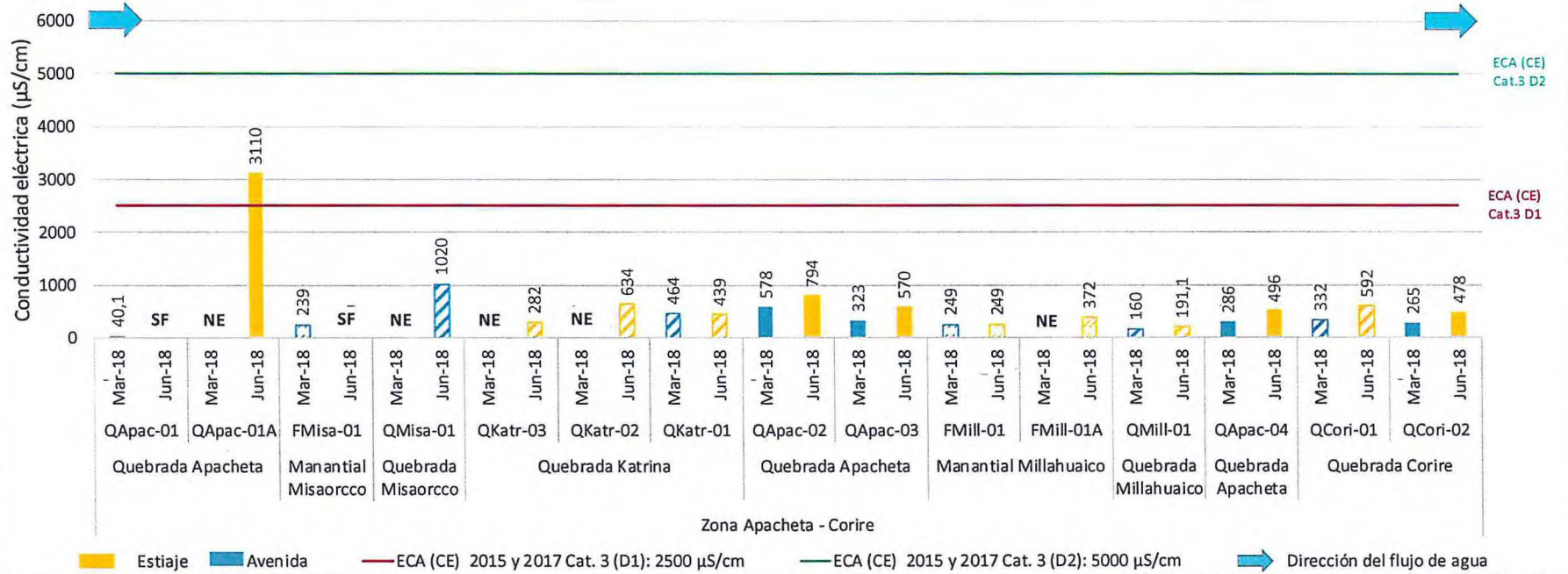


Figura 7-50. Conductividad eléctrica en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire
 Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en trama representan los tributarios, los colores en malla representan los bofedales y los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua; NE: parámetro no registrado



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

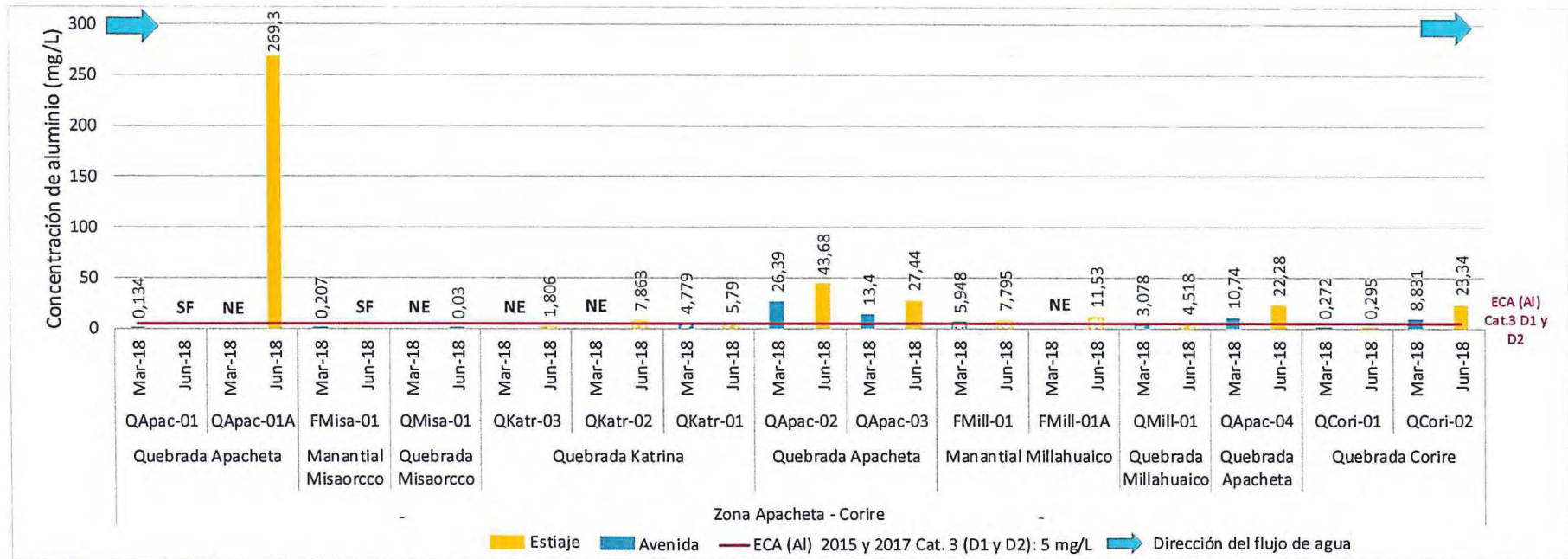


Figura 7-51. Concentración de aluminio en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire
 Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en trama representan los tributarios, los colores en malla representan los bofedales y los colores en ondas discontinuas representan los mananciales. SF: punto sin flujo de agua; NE: parámetro no registrado



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



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

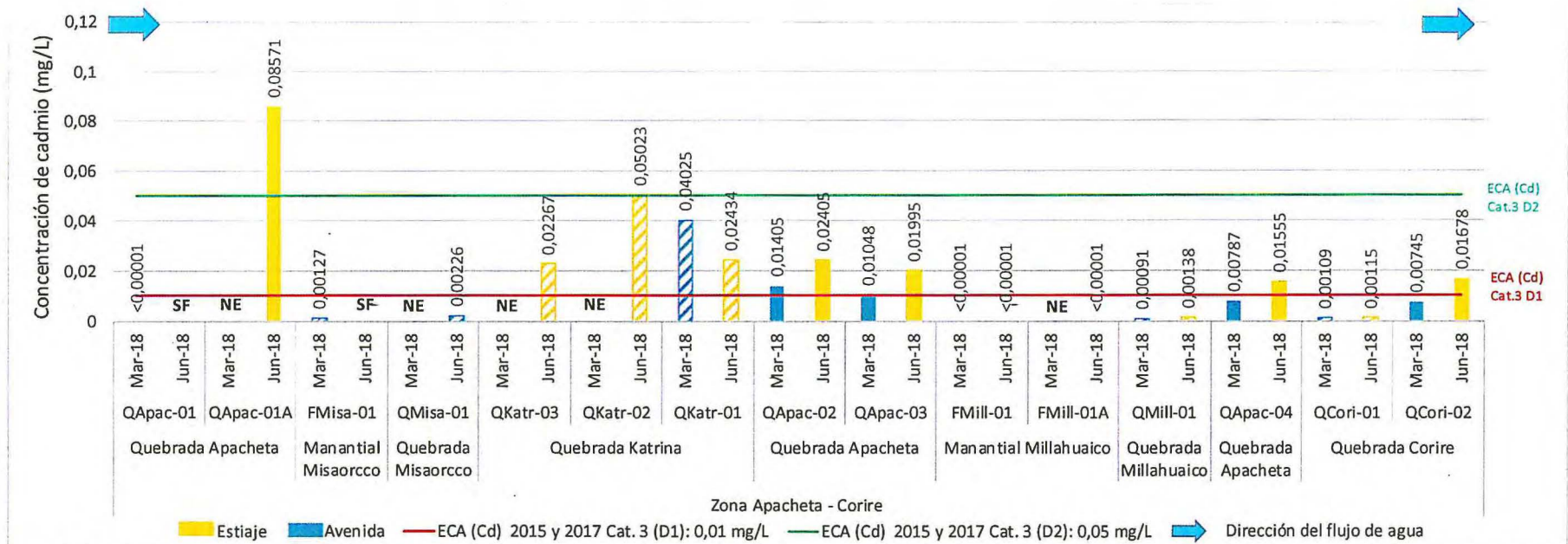


Figura 7-52. Concentración de cadmio en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire
 Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en trama representan los tributarios, los colores en malla representan los bofedales y los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua; NE: parámetro no registrado



Vertical handwritten text 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»

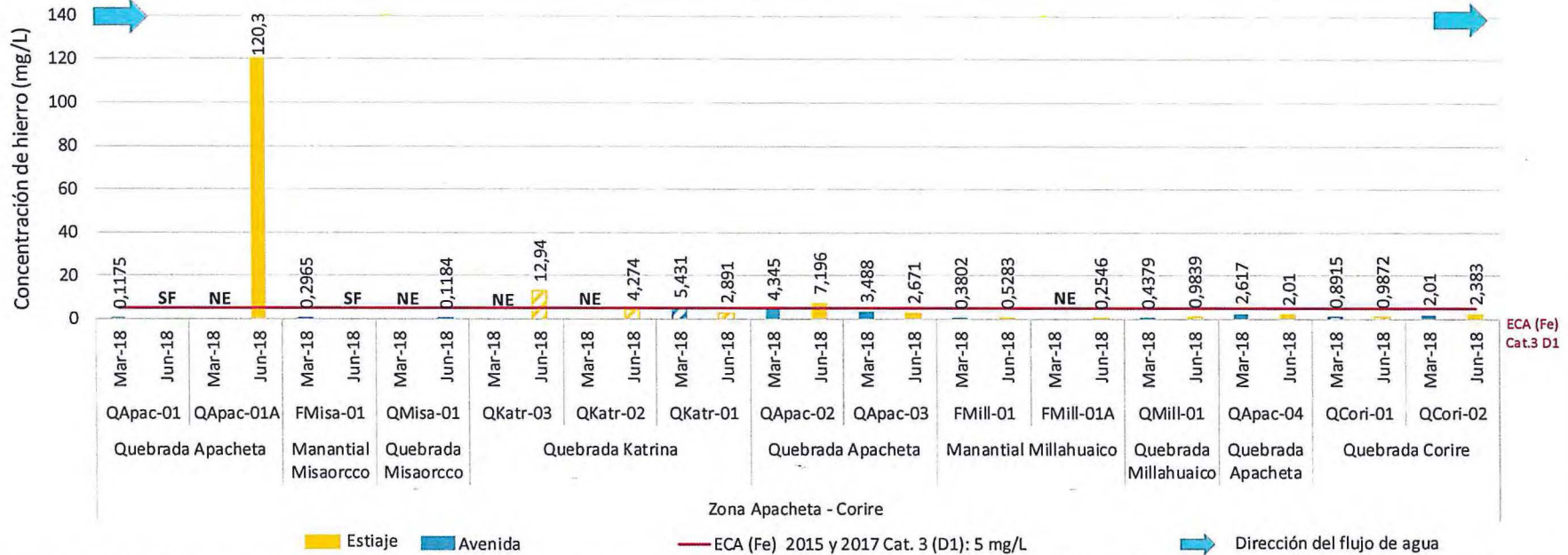


Figura 7-55. Concentración de hierro en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en trama representan los tributarios, los colores en malla representan los bofedales y los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua; NE: parámetro no registrado



Vertical handwritten signature and notes on the left margin.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

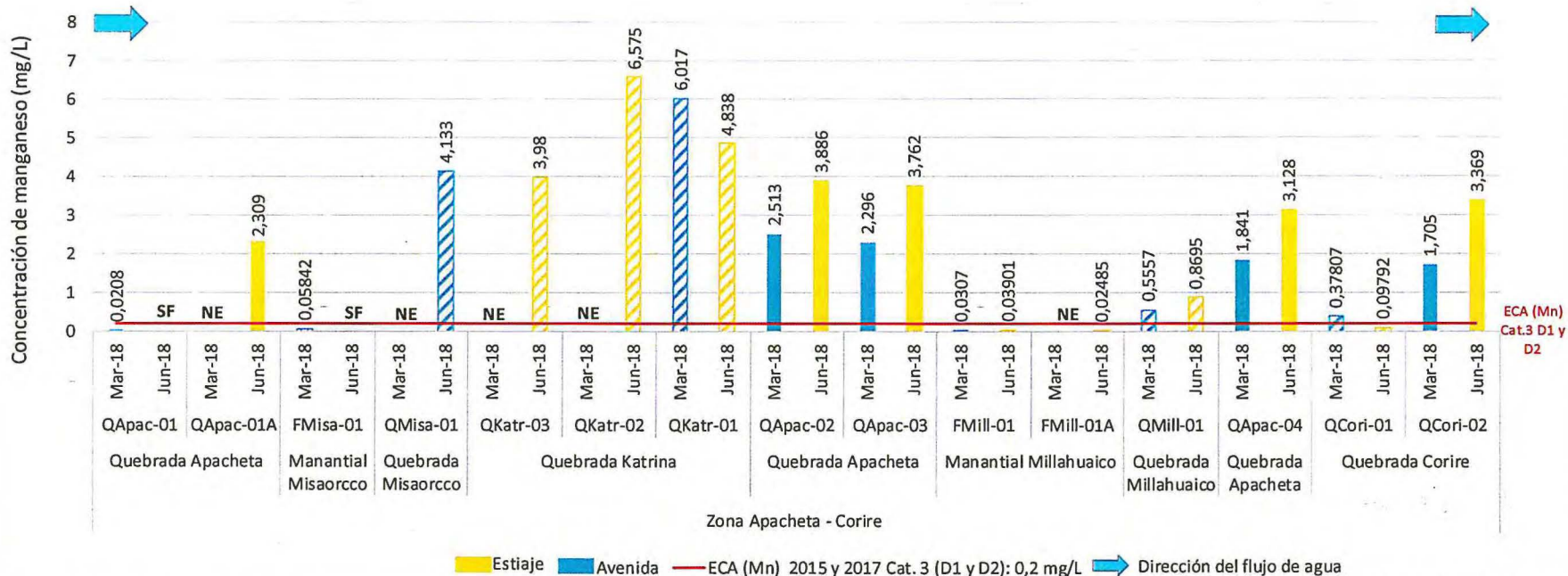


Figura 7-56. Concentración de manganeso en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en trama representan los tributarios, los colores en malla representan los bofedales y los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua; NE: parámetro no registrado



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»

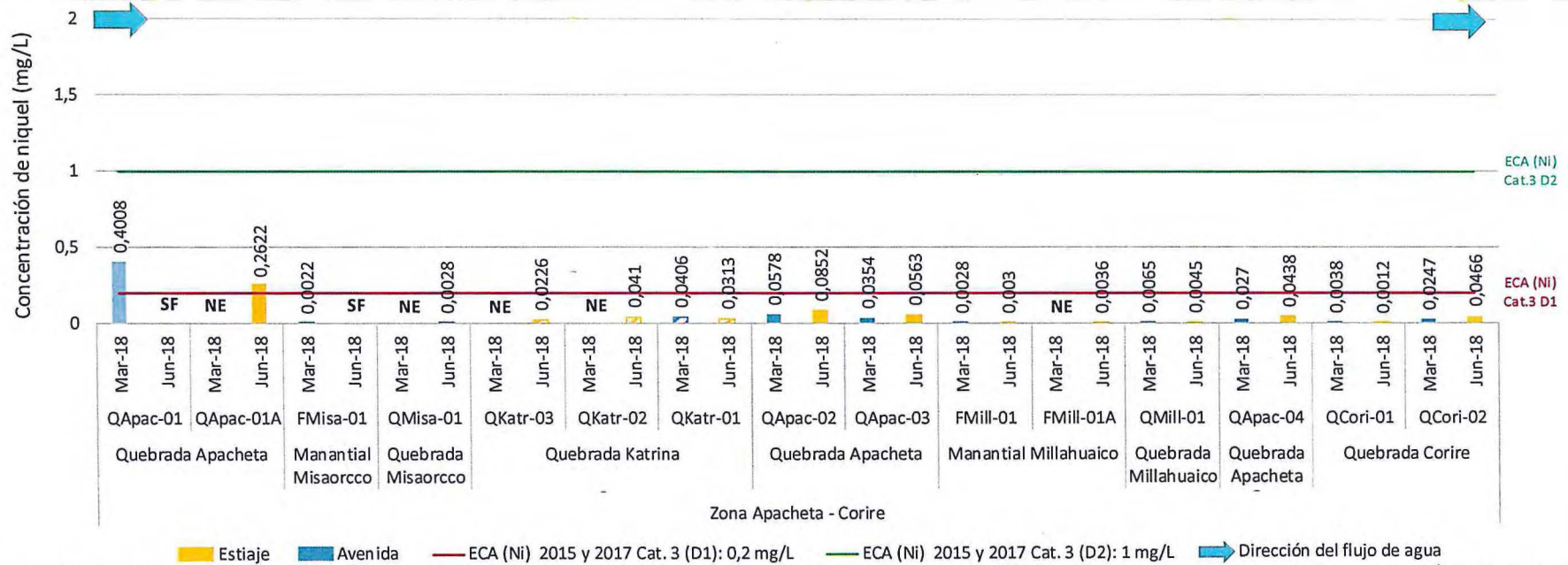


Figura 7-57. Concentración de níquel en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire
 Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en trama representan los tributarios, los colores en malla representan los bofedales y los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua; NE: parámetro no registrado



Vertical handwritten text on the left margin, including 'D.P.' and other illegible characters.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

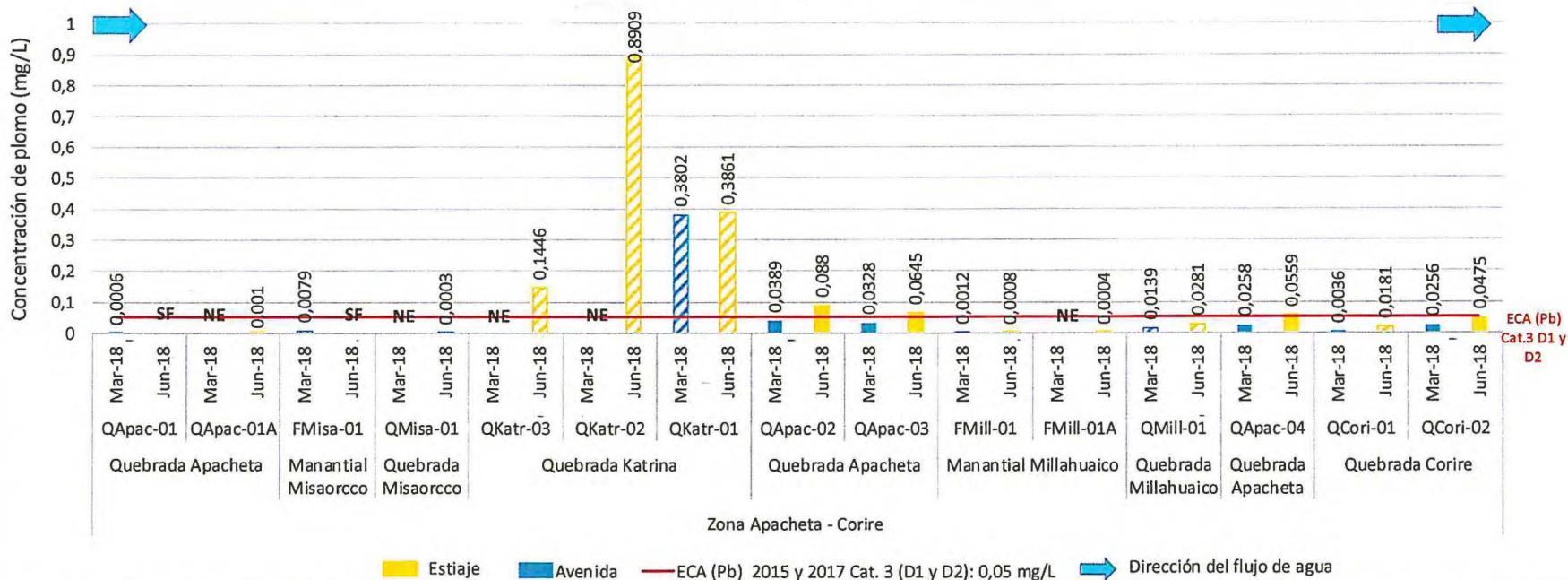


Figura 7-58. Concentración de plomo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en trama representan los tributarios, los colores en malla representan los bofedales y los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua; NE: parámetro no registrado



Vertical handwritten signature and notes on the left margin.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

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

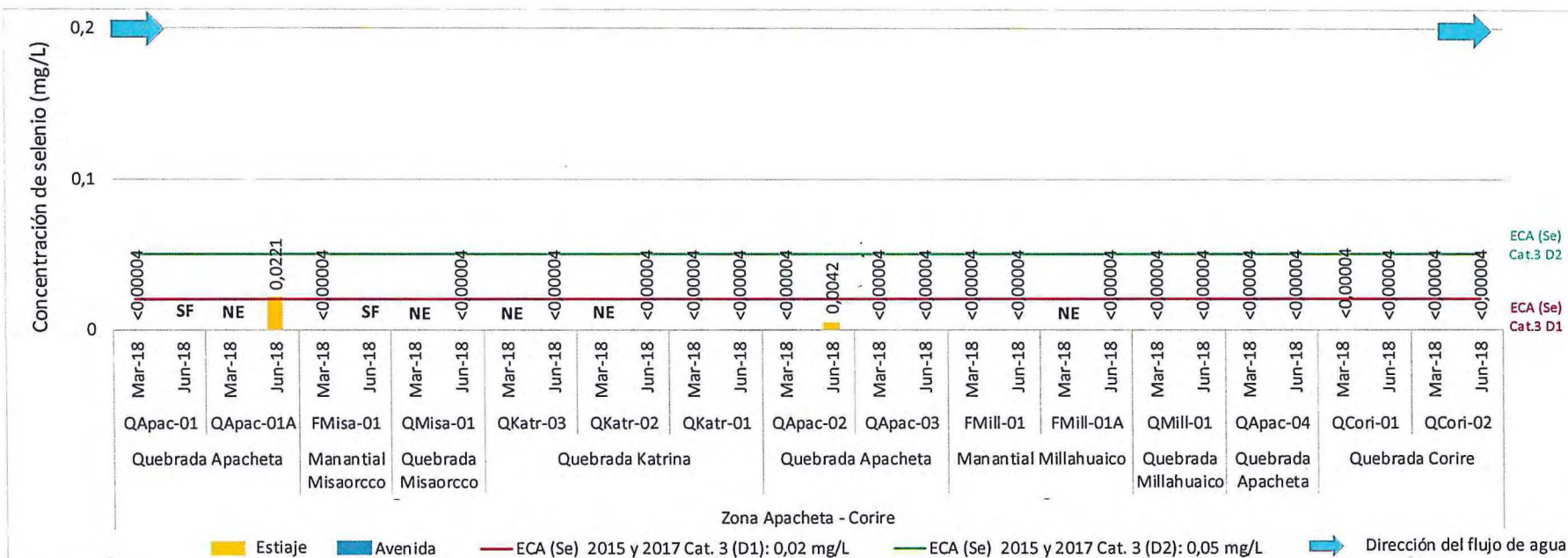


Figura 7-59. Concentración de selenio en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en trama representan los tributarios, los colores en malla representan los bofedales y los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua; NE: parámetro no registrado

Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



b. Sedimento

La zona Apacheta-Corire comprende 8 puntos los cuales se distribuyen de la siguiente manera: un punto en la quebrada Katrina (SED-QKatr-01), el cual es un aportante a la quebrada Apacheta; 3 puntos en la quebrada Apacheta (SED-QApac-02, SED-QApac-03, SED-QApac-04); un punto en la quebrada Atiñayoc (SED-QAtiñ-02), que también es otro aportante a la quebrada Apacheta; un punto en la quebrada Millahuaico (SED-QMill-01), el cual es aportante a la quebrada Apacheta; y, 2 puntos en la quebrada Corire (SED-QCori-01, SED-QCori-02), el punto SED-QCori-01 es tributario a la quebrada Corire. Todos los resultados de los parámetros evaluados en la zona Apacheta-Corire se encuentran en el Anexo C.

En el sedimento las concentraciones de metales que superaron los valores PEL de la CCME (Figura 7-61) fueron:

En la quebrada Katrina las concentraciones de arsénico, mercurio, plomo y zinc en el punto (SED-QKatr-01); en la quebrada Apacheta en el punto (SED-QApac-04) arsénico, mercurio y plomo, en el punto (SED-QApac-02) cadmio y mercurio; en las quebradas Atiñayoc (SED-QAtiñ-02) y Corire (SED-QCori-01) la concentración de cadmio, en la temporada de avenida.

- En la quebrada Apacheta las concentraciones de arsénico, mercurio, plomo y zinc en los puntos (SED-QApac-02 y SED-QApac-03); en la quebrada Corire (SED-QCori-01 y SED-QCori-02) arsénico, mercurio y plomo; además, de zinc en el punto (SED-QCori-01); en la quebrada Atiñayoc (SED-QAtiñ-02) arsénico, plomo y zinc y en la quebrada Millahuaico en el punto (SED-QMill-01) arsénico y plomo, en ambas temporadas.

En el sedimento las concentraciones de metales en el que solo superaron el valor ISQG de la CCME (Figura 7-61) fueron:

- En la quebrada Katrina las concentraciones de cadmio y cobre en el punto (SED-QKatr-01); en la quebrada Apacheta la concentración de cadmio, cobre y zinc en el punto (SED-QApac-04); en la quebrada Corire la concentración de cadmio en el punto (SED-QCori-02); en la quebrada Millahuaico en el punto (SED-QMill-01) cadmio y cobre en la temporada de avenida.
- En la quebrada Apacheta las concentraciones de cadmio y cobre en los puntos (SED-QApac-02 y SED-QApac-03); en la quebrada Atiñayoc las concentraciones de cadmio, cobre y mercurio en el punto (SED-QAtiñ-02); en la quebrada Corire las concentraciones de cobre y zinc en el punto (SED-QCori-02), en ambas temporadas.

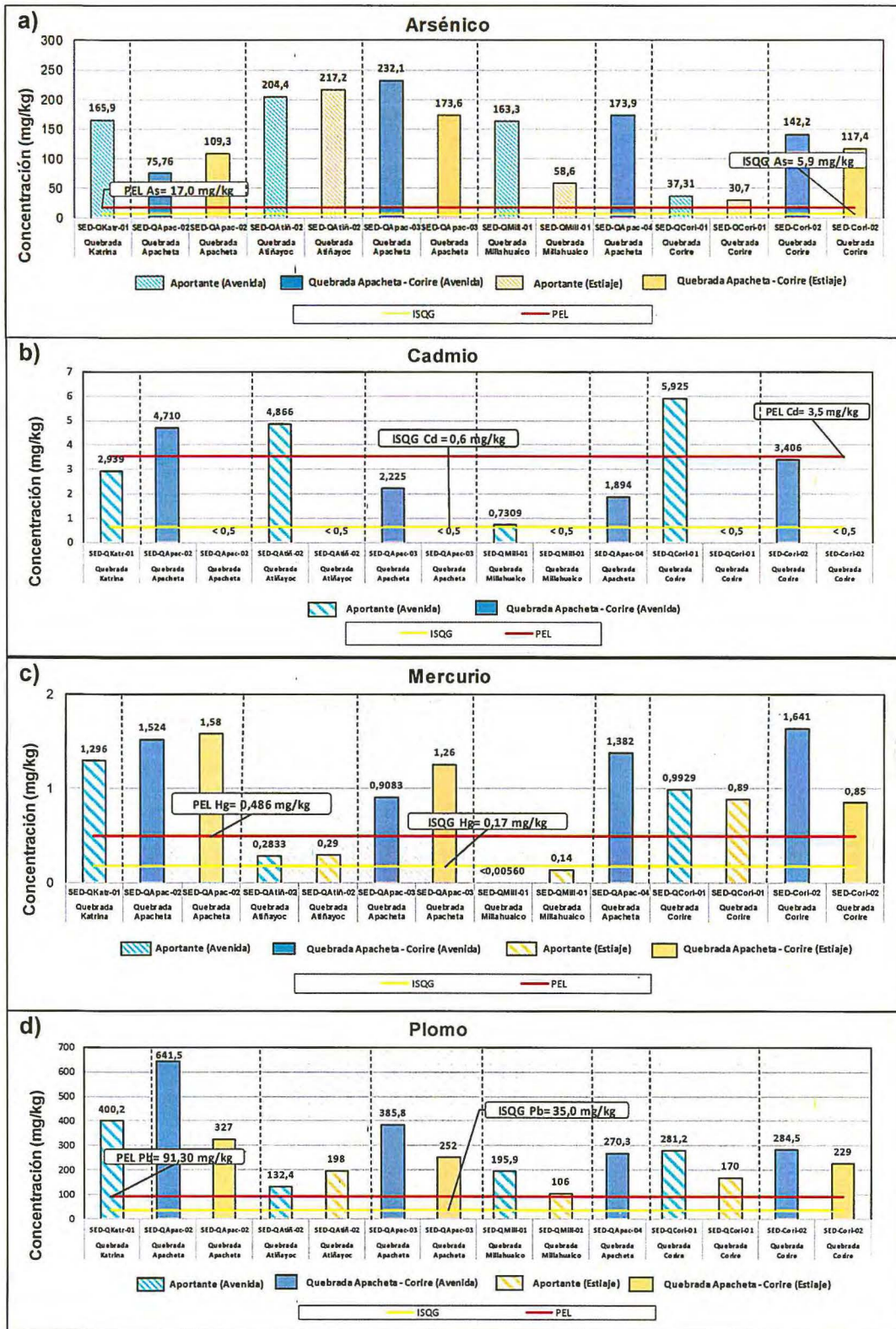


Vertical handwritten text: A, D, P, L, I, F, E, D, R

Handwritten signature: SHPA



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



Vertical handwritten text and signatures on the left margin.

Handwritten signature at the bottom left.



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

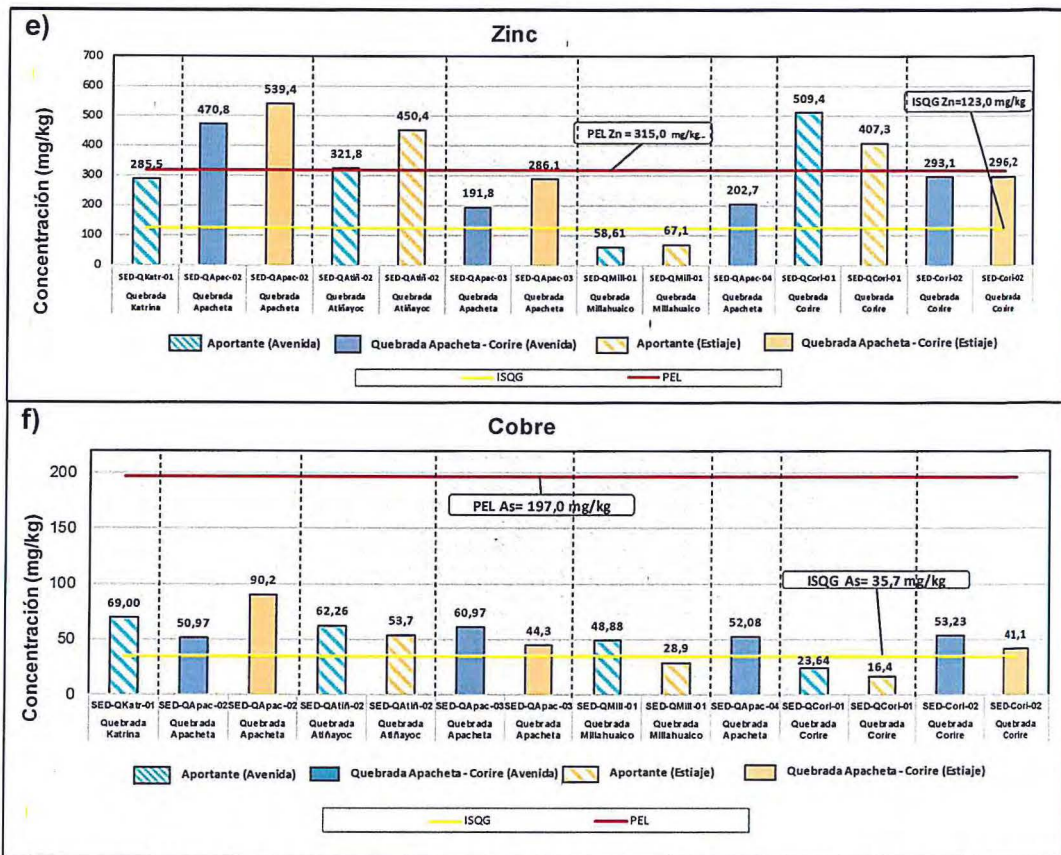


Figura 7-61. Concentraciones de metales en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire: a) arsénico, b) cadmio, c) mercurio, d) plomo, e) zinc y f) cobre

c. Comunidades hidrobiológicas

c.1. Macroinvertebrados bentónicos

Riqueza

En la zona Apacheta-Corire, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 35 especies, agrupadas en 2 phyla, 2 clases y 4 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 29 especies, seguida por el orden Coleóptera con 4 especies. En el Anexo C se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 7-62 se presentan los resultados de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que en la temporada de avenida (marzo 2018), el punto HB-QApac-01, ubicado en la quebrada Apacheta, registró la mayor riqueza con 6 especies, mientras que el punto HB-QKatr-01, ubicado en la quebrada Katrina, no registró especies. En la temporada de estiaje (junio 2018), el punto HB-QApac-02, ubicado en la quebrada Apacheta, registró la mayor riqueza con 3 especies, mientras que el punto HB-QKatr-01, ubicado en la quebrada Katrina, no registró especies.



Vertical handwritten notes in blue ink, including symbols like a dollar sign and various characters.

Handwritten signature or initials in blue ink.



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

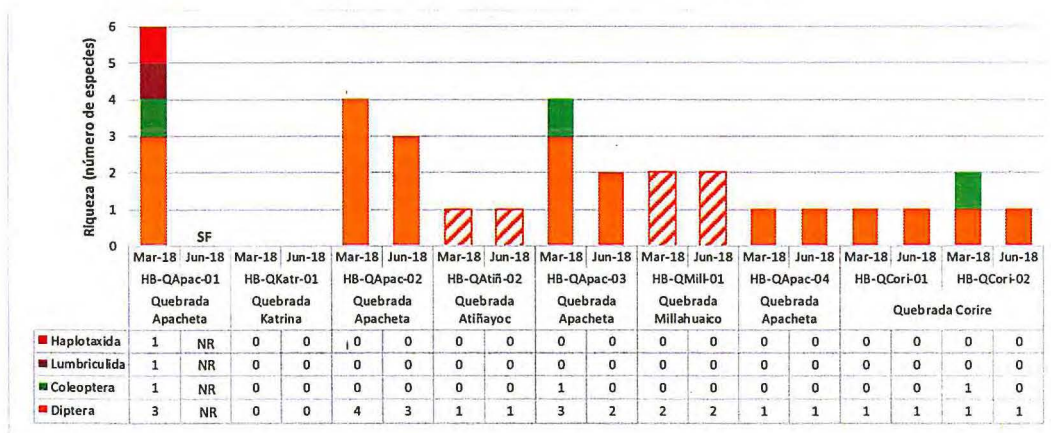


Figura 7-62. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire

Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios. SF: punto sin flujo de agua; NR: parámetro no registrado

Abundancia

En la Figura 7-63 se presentan los resultados de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que en la temporada de avenida (marzo 2018), el punto HB-QApac-01, ubicado en la quebrada Apacheta, registró la mayor abundancia con 46 individuos; mientras que el punto HB-QKatr-01, ubicado en la quebrada Katrina, no registró individuos. En la temporada de estiaje (junio 2018), el punto HB-QMill-01, ubicado en la quebrada Millahuaco, registró la mayor abundancia con 6 individuos; mientras que el punto HB-QKatr-01, ubicado en la quebrada Katrina, no registró individuos.

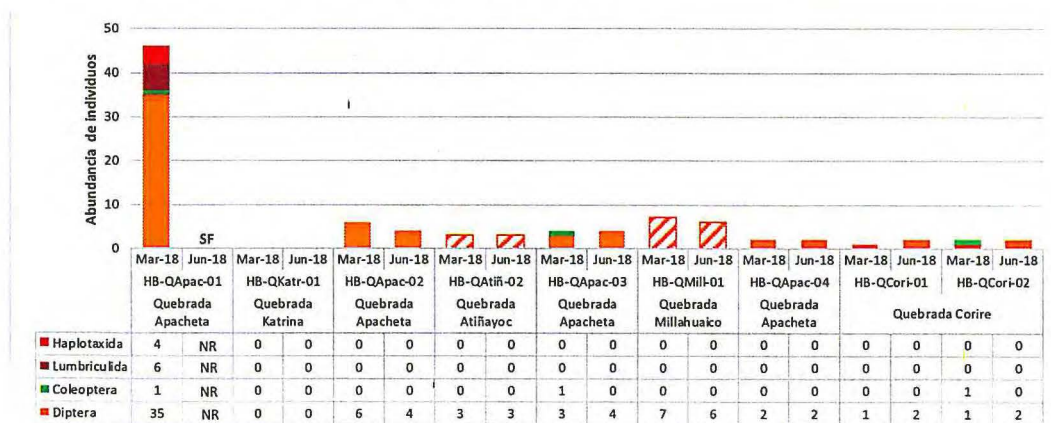


Figura 7-63. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire

Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios SF: punto sin flujo de agua; NR: parámetro no registrado

Índices de diversidad

En la Tabla 7-18 se presentan los resultados de los índices de diversidad alfa: riqueza de especies, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener (H'), diversidad de Simpson (1-λ), dominancia de Simpson (λ) y equidad de Pielou (J'), por punto de muestreo y



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

Handwritten signature in blue ink at the bottom left corner.



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

temporada de evaluación. Se observó que en la temporada de avenida (marzo 2018), el punto HB-QApac-03 (quebrada Apacheta) registró los mayores valores de diversidad de Shannon-Wiener (2,000) y diversidad de Simpson (0,750); los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (1,000), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie.

Tabla 7-18 Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire

Table with 9 columns: Cuerpo de agua, Punto de muestreo, Temporada, Riqueza de especies (S), Abundancia de individuos (N), Diversidad de Shannon-Wiener (H'), Diversidad de Simpson (1-λ), Dominancia de Simpson (λ), Equidad de Pielou (J'). Rows include Quebrada Apacheta, Katrina, Apacheta, Atiñayoc, Millahuaico, and Corire with data for March and June 2018.

NR: parámetro no registrado

Índices Bióticos

En la Tabla 7-19 se presentan los resultados de la calidad ecológica del agua por punto de muestreo y temporada de evaluación, determinada referencialmente a partir del índice biótico de familia (IBF), el porcentaje de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (% EPT) y el índice biótico andino (ABI).



Vertical handwritten notes and arrows on the left margin.

Handwritten signature at the bottom left.



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

Tabla 7-19 Índices bióticos y calidad ecológica del agua por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire

| Cuerpo de agua | Punto de muestreo | Temporada | Índice IBF | Calidad | Índice %EPT | Calidad | Índice ABI | Calidad |
|----------------------|-------------------|-----------|------------|--------------------|-------------|---------|------------|---------|
| Quebrada Apacheta | HB-QApac-01 | Mar-18 | 6,39 | Regularmente pobre | 0,00 | Mala | 11 | Malo |
| | | Jun-18 | NR | NR | NR | NR | NR | NR |
| Quebrada Katrina | HB-QKatr-01 | Mar-18 | 0,00 | NR | 0,00 | Mala | 0 | Pésimo |
| | | Jun-18 | 0,00 | NR | 0,00 | Mala | 0 | Pésimo |
| Quebrada Apacheta | HB-QApac-02 | Mar-18 | 6,00 | Regularmente pobre | 0,00 | Mala | 8 | Pésimo |
| | | Jun-18 | 6,00 | Regularmente pobre | 0,00 | Mala | 4 | Pésimo |
| Quebrada Atiñayoc | HB-QAtiñ-02 | Mar-18 | 6,00 | Regularmente pobre | 0,00 | Mala | 2 | Pésimo |
| | | Jun-18 | 6,00 | Regularmente pobre | 0,00 | Mala | 2 | Pésimo |
| Quebrada Apacheta | HB-QApac-03 | Mar-18 | 5,50 | Regular | 0,00 | Mala | 11 | Malo |
| | | Jun-18 | 6,00 | Regularmente pobre | 0,00 | Mala | 6 | Pésimo |
| Quebrada Millahuaico | HB-QMill-01 | Mar-18 | 6,00 | Regularmente pobre | 0,00 | Mala | 2 | Pésimo |
| | | Jun-18 | 6,00 | Regularmente pobre | 0,00 | Mala | 2 | Pésimo |
| Quebrada Apacheta | HB-QApac-04 | Mar-18 | 6,00 | Regularmente pobre | 0,00 | Mala | 2 | Pésimo |
| | | Jun-18 | 6,00 | Regularmente pobre | 0,00 | Mala | 2 | Pésimo |
| Quebrada Corire | HB-QCori-01 | Mar-18 | 6,00 | Regularmente pobre | 0,00 | Mala | 2 | Pésimo |
| | | Jun-18 | 6,00 | Regularmente pobre | 0,00 | Mala | 2 | Pésimo |
| | HB-QCori-02 | Mar-18 | 5,00 | Bueno | 0,00 | Mala | 7 | Pésimo |
| | | Jun-18 | 6,00 | Regularmente pobre | 0,00 | Mala | 2 | Pésimo |

NR: parámetro no registrado



c.2. Perifiton

Esta comunidad está conformada por una parte vegetal (microalgas) y una parte animal (microorganismos). Para el análisis de esta comunidad se consideró solo a las microalgas, debido a la baja diversidad de los microorganismos. En el Anexo D, se detalla el registro completo de las especies del perifiton.

Riqueza

En la zona Apacheta-Corire, la comunidad del perifiton (microalgas) estuvo representada por 56 especies agrupadas en 5 phyla. El phylum Bacillariophyta registró la mayor riqueza con 30 especies, seguida por el phylum Cyanobacteria con 13 especies. En el Anexo C se presenta el registro completo del perifiton.

En la Figura 7-64 se presentan los resultados de la riqueza del perifiton por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que en la temporada de avenida (marzo 2018), el punto HB-QApac-02, ubicado en la quebrada Apacheta, registró la mayor riqueza con 28 especies, mientras que el punto HB-QCori-02, ubicado en la quebrada Corire, registró la menor riqueza con 1 especie. En la temporada de estiaje (junio 2018), el punto HB-QMill-01, ubicado en la quebrada Millahuaico, registró la mayor riqueza con 13 especies, mientras que el punto HB-QApac-03, ubicado en la quebrada Apacheta, registró la menor riqueza con 2 especies.



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

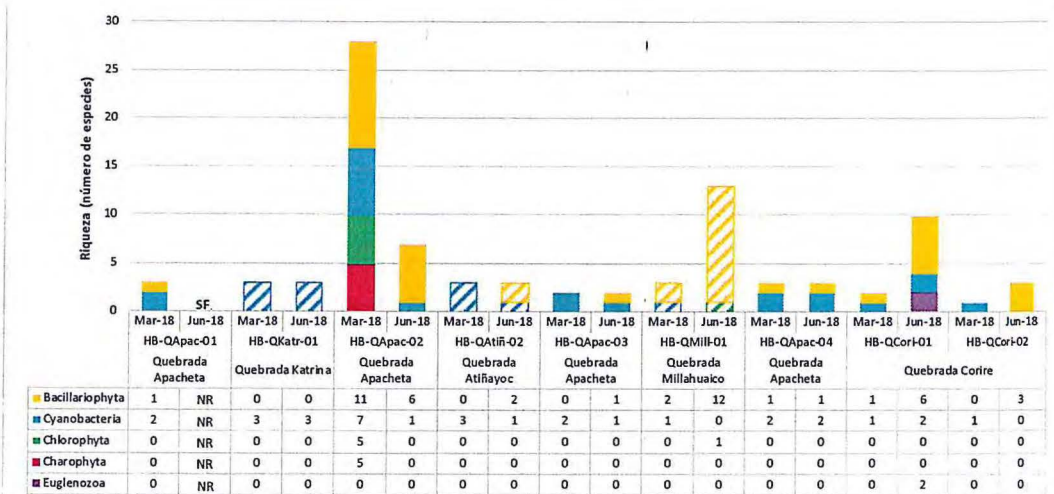


Figura 7-64. Riqueza de la comunidad del perifiton (microalgas) por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire

Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios SF: punto sin flujo de agua; NR: parámetro no registrado

Abundancia

En la Figura 7-65 se presentan los resultados de la abundancia del perifiton por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que en la temporada de avenida (marzo 2018), el punto HB-QApac-02, ubicado en la quebrada Apacheta, registró la mayor abundancia con 45400 organismos/cm², mientras que el punto HB-QCori-02, ubicado en la quebrada Corire, registró la menor abundancia con 250 organismos/cm². En la temporada de estiaje (junio 2018), el punto HB-QCori-01, ubicado en la quebrada Corire, registró la mayor abundancia con 28000 organismos/cm², mientras que el punto HB-QApac-03, ubicado en la quebrada Apacheta, registró la menor abundancia con 1500 organismos/cm².

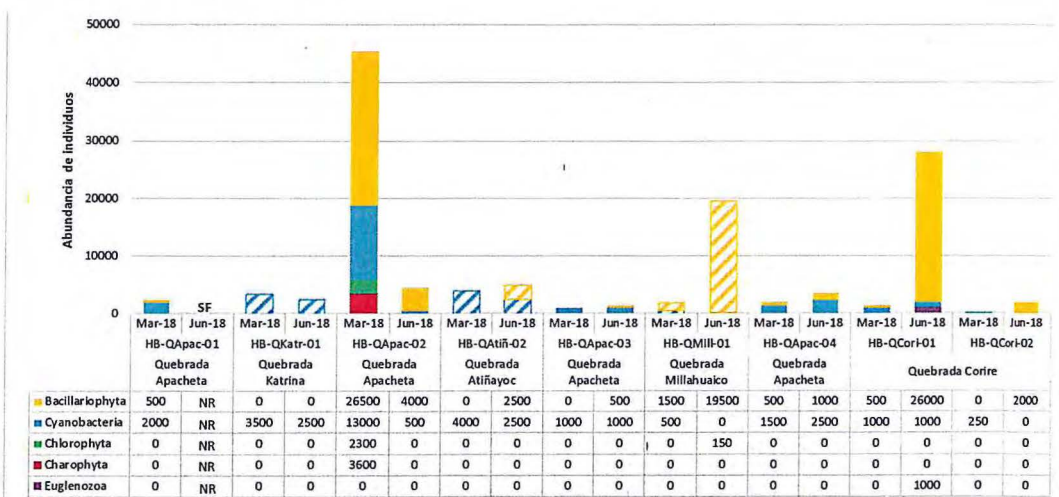


Figura 7-65. Abundancia de la comunidad del perifiton por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire

Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en tramas representan los tributarios. SF: punto sin flujo de agua; NR: parámetro no registrado



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



Índices de diversidad

En la Tabla 7-20 se presentan los resultados de los índices de diversidad alfa: riqueza de especies, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener (H'), diversidad de Simpson ($1-\lambda$), dominancia de Simpson (λ) y equidad de Pielou (J'), por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que en la temporada de avenida (marzo 2018), el punto HB-QApac-02 (quebrada Apacheta) registró los mayores valores de riqueza (28 especies), diversidad de Shannon-Wiener (4,139) y diversidad de Simpson (0,927); los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (0,861), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie. En la temporada de estiaje (junio 2018), el punto HB-QMill-01 (quebrada Millahuaico) registró los mayores valores de riqueza (13 especies), diversidad de Shannon-Wiener (3,318) y diversidad de Simpson (0,880); los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (0,897), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie.

Tabla 7-20. Índices de diversidad alfa de la comunidad del perifiton (microalgas) por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Apacheta-Corire

| Cuerpo de agua | Punto de muestreo | Temporada | Riqueza de especies (S) | Abundancia de individuos (N) | Diversidad de Shannon-Wiener (H') | Diversidad de Simpson ($1-\lambda$) | Dominancia de Simpson (λ) | Equidad de Pielou (J') |
|----------------------|-------------------|-----------|-------------------------|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Quebrada Apacheta | HB-QApac-01 | Mar-18 | 3 | 2500 | 1,371 | 0,560 | 0,440 | 0,865 |
| | | Jun-18 | NR | NR | NR | NR | NR | NR |
| Quebrada Katrina | HB-QKatr-01 | Mar-18 | 3 | 3500 | 1,557 | 0,653 | 0,347 | 0,982 |
| | | Jun-18 | 3 | 2500 | 1,371 | 0,560 | 0,440 | 0,865 |
| Quebrada Apacheta | HB-QApac-02 | Mar-18 | 28 | 45400 | 4,139 | 0,927 | 0,073 | 0,861 |
| | | Jun-18 | 7 | 4500 | 2,642 | 0,815 | 0,185 | 0,941 |
| Quebrada Atiñayoc | HB-QAtiñ-02 | Mar-18 | 3 | 4000 | 1,299 | 0,531 | 0,469 | 0,819 |
| | | Jun-18 | 3 | 5000 | 1,485 | 0,620 | 0,380 | 0,937 |
| Quebrada Apacheta | HB-QApac-03 | Mar-18 | 2 | 1000 | 1,000 | 0,500 | 0,500 | 1,000 |
| | | Jun-18 | 2 | 1500 | 0,918 | 0,444 | 0,556 | 0,918 |
| Quebrada Millahuaico | HB-QMill-01 | Mar-18 | 3 | 2000 | 1,500 | 0,625 | 0,375 | 0,946 |
| | | Jun-18 | 13 | 19650 | 3,318 | 0,880 | 0,120 | 0,897 |
| Quebrada Apacheta | HB-QApac-04 | Mar-18 | 3 | 2000 | 1,500 | 0,625 | 0,375 | 0,946 |
| | | Jun-18 | 3 | 3500 | 1,557 | 0,653 | 0,347 | 0,982 |
| Quebrada Corire | HB-QCori-01 | Mar-18 | 2 | 1500 | 0,918 | 0,444 | 0,556 | 0,918 |
| | | Jun-18 | 10 | 28000 | 1,903 | 0,545 | 0,455 | 0,573 |
| | HB-QCori-02 | Mar-18 | 1 | 250 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 |
| | | Jun-18 | 3 | 2000 | 1,500 | 0,625 | 0,375 | 0,946 |

NR: parámetro no registrado

7.1.3 Microcuenca Chaclaya

La microcuenca Chaclaya está conformada por los cursos de agua de las quebradas Pacolle y Llaullacaso, cada una de las cuales desemboca en el río Ichuña. Para la evaluación ambiental del PM San Gabriel se consideró ambas quebradas, el inicio del área de estudio empieza en los puntos de muestreo FJapu-01 (Manantial Japu) y QPaco-01 (Quebrada Pacolle) y culmina en los puntos de muestreo QLlau-01 (Quebrada Llaullacaso) y QChac-01 (Quebrada Chaclaya).



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

En la Figura 7-66 se representa esquemáticamente los puntos de muestreo de esta microcuenca, los cuales se agruparon en una única zona. La descripción de cada punto de muestreo se presenta en los reportes de campo (Anexo B).

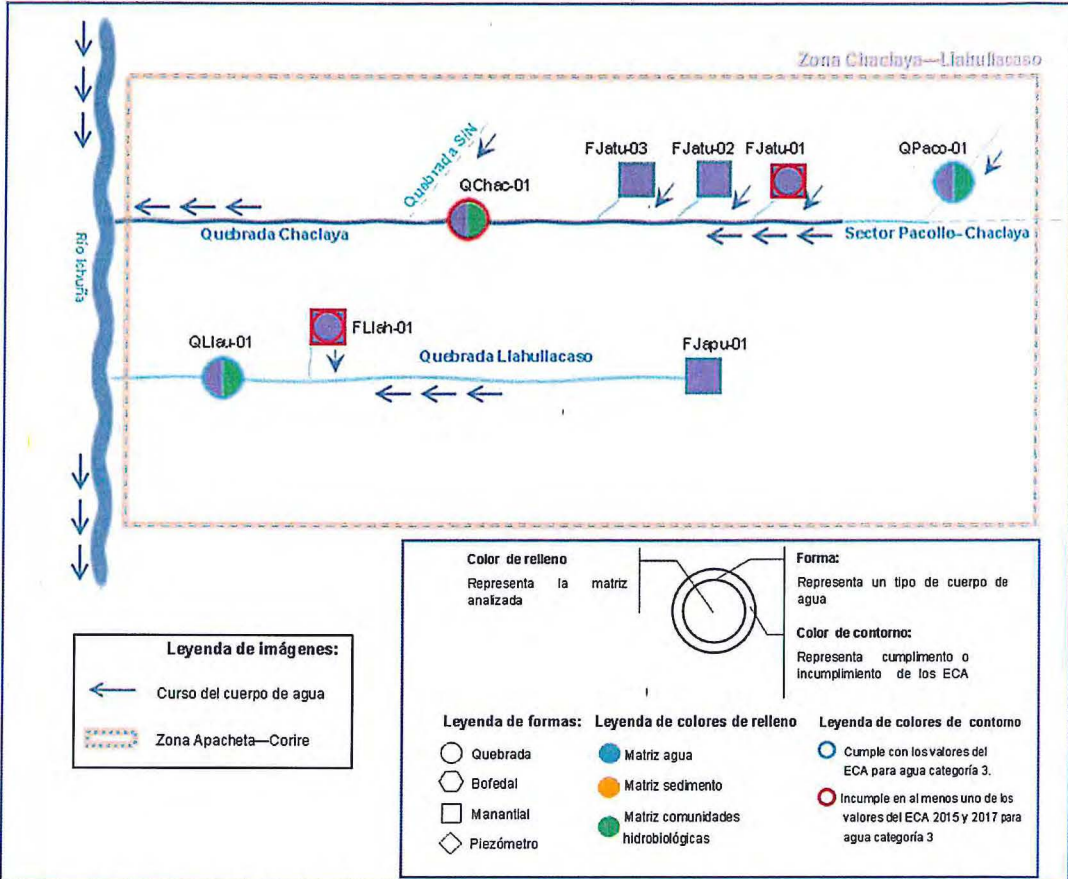


Figura 7-66. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial en la microcuenca Chaclaya

La zona en la cual se agruparon los puntos de muestreo de la microcuenca Chaclaya se denomina:

- Zona Chaclaya-Llullacazo: comprende el sector Pacolle-Chaclaya, y propiamente dichas las quebradas Llullacazo y Chaclaya desde los puntos de muestreo QPaco-01 y FJatu-01 hasta los puntos de muestreo QChac-01 y QLlau-01.

Los parámetros de agua superficial y agua de consumo de la microcuenca Chaclaya que incumplieron con los valores establecidos en los ECA categoría 3 y 1 respectivamente y subcategorías riego de vegetales (D1), bebida de animales (D2) y aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (A1), se presentan en la Tabla 7-21 y los informes de ensayo completos que incluyen todos los resultados y puntos de muestreo se presentan en el Anexo C.



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



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

Tabla 7-21 Parámetros en agua que incumplieron con los ECA para agua 2015 y 2017 categoría 3 (quebradas) y categoría 1 A1 (manantiales) en la microcuenca Chaclaya

| Microcuenca | Zona | Cuerpo de agua | Punto de muestreo | ECA para agua 2015 y 2017 | | | | | |
|----------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|---------------------------|---------|------------------|---------|-----------------|---------|
| | | | | Categoría 3 (D1) | | Categoría 3 (D2) | | Categoría 1 (A) | |
| | | | | Avenida | Estiaje | Avenida | Estiaje | Avenida | Estiaje |
| | | | | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 |
| Microcuenca Chaclaya | Zona Chaclaya-Llaullacaso | Quebrada Pacolle | QPaco-01 | -- | SF | -- | SF | NA | NA |
| | | Manantial Jatunpuquio | FJatu-01* | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | Manantial Jatumpuquio 02 | FJatu-02 | -- | -- | -- | -- | NA | NA |
| | | Manantial Jatumpuquio 03 | FJatu-03 | -- | -- | -- | -- | NA | NA |
| | | Quebrada Chaclaya | QChac-01 | pH | -- | pH | pH | NA | NA |
| | | Manantial Japu | FJapu-01 | -- | pH | -- | -- | NA | NA |
| | | Manantial Llaullacaso | FLlah-01* | -- | -- | -- | -- | Turbidez -Fe | -- |
| | | Quebrada Llaullacaso | QLlau-01 | -- | -- | -- | -- | NA | NA |

(--): Sin observaciones; (*): Punto de muestreo de manantial destinado como agua de consumo de la comunidad
SF: Sin flujo de agua durante la temporada; NA: No aplica
pH: Potencial de hidrógeno incumple con los ECA 2015 y 2017
ECA agua 2015: Decreto Supremo N.° 015-2015-MINAM. Modifican los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.
ECA agua 2017: Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

- Zona Chaclaya-Llaullacaso

a. Agua superficial

De la comparación realizada de resultados con los ECA 2015 y 2017 (Tabla 7-21), el parámetro que incumplió en esta zona con las normas referenciadas en la categoría 3 subcategorías D1 y D2 fué el potencial de hidrógeno (pH) y en la categoría 1 subcategoría A1 la turbidez y el hierro (Fe).

- Potencial de hidrógeno

En las aguas superficiales el potencial de hidrógeno de la quebrada Chaclaya (QChac-01) incumplió los ECA para agua 2015 y 2017, categoría 3, subcategoría D1 y D2 en temporada de avenida y en temporada de estiaje solo la subcategoría D2; además, el manantial Japu (FJapu-01) en la temporada de estiaje, incumplió la mencionada norma solo en la subcategoría D1 (Figura 7-67).



↑
D.
P.
J.
F.
I.
G.
D.
P.
A.
R.

SM PA



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

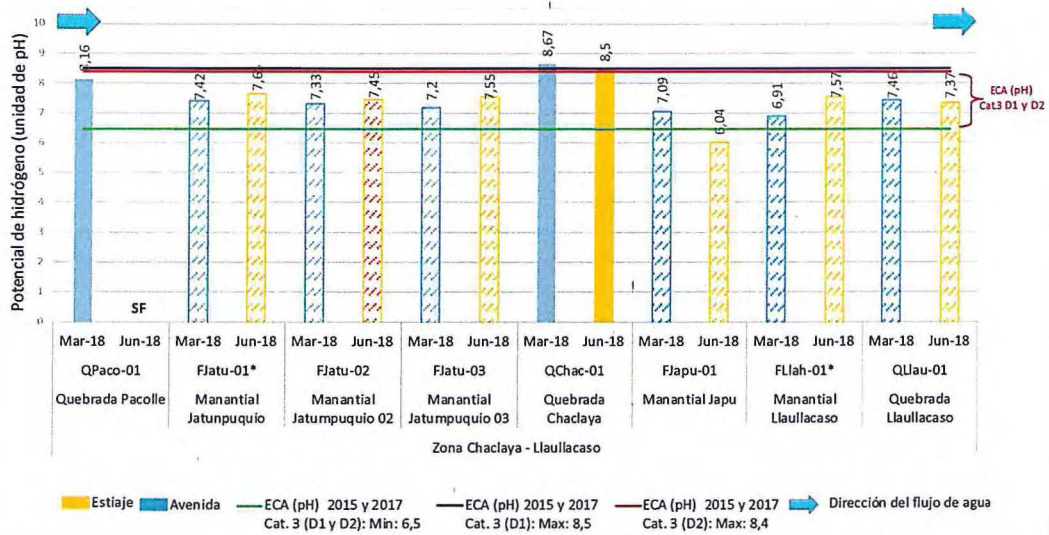


Figura 7-67. Potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclayta-Llaullacaso
Los colores sólidos representan el cauce principal y los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua

• Turbidez y hierro

En la temporada de avenida, las aguas del manantial Llaullacaso (FLlah-01), cuyo uso es para consumo humano, la turbidez y el hierro incumplieron el ECA para agua 2015 y 2017 categoría 1 subcategoría A1 (Figura 7-68 y Figura 7-69).

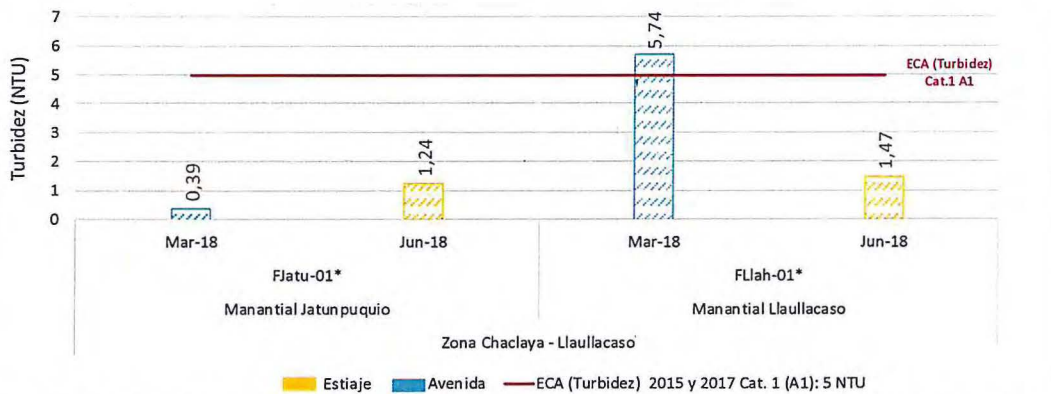


Figura 7-68. Turbidez en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclayta-Llaullacaso
Los colores en ondas discontinuas representan los manantiales



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



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

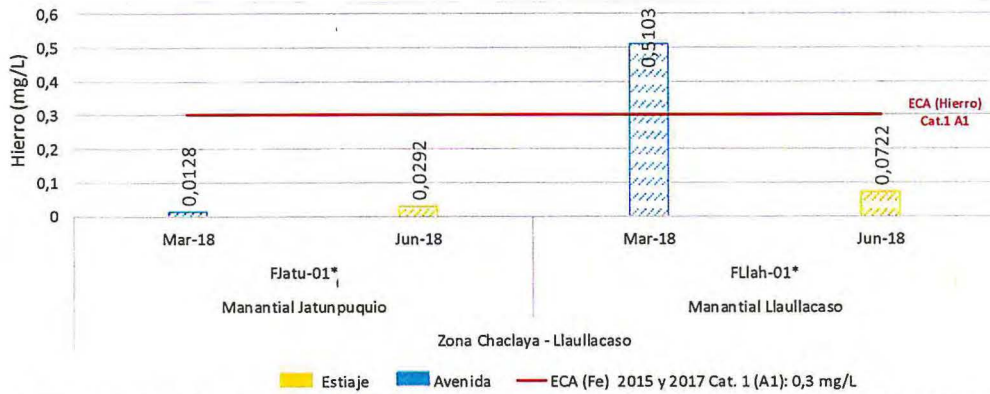


Figura 7-69. Concentración de hierro en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclaya-Llaullacaso
Los colores en ondas discontinuas representan los manantiales

b. Comunidades hidrobiológicas

b.1. Macroinvertebrados bentónicos

Riqueza

En la zona Chaclaya-Llaullacaso, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 23 especies, agrupadas en 3 phyla, 5 clases y 9 órdenes. El orden Díptera registró la mayor riqueza con 14 especies, seguida por el orden Ephemeroptera con 2 especies. En el Anexo C se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 7-70 se presentan los resultados de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que el punto HB-QLlau-01, ubicado en la quebrada Llaullacaso, registró la mayor riqueza para ambas temporadas con 14 especies en avenida (marzo 2018) y 12 especies en estiaje (junio 2018); por otro lado, el punto HB-QPaco-01, ubicado en la quebrada Pacolle, registró la menor riqueza en la temporada de avenida con 5 especies, mientras que el punto HB-QChac-01, ubicado en la quebrada Chaclaya, registró la menor riqueza en la temporada de estiaje con 10 especies.



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



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

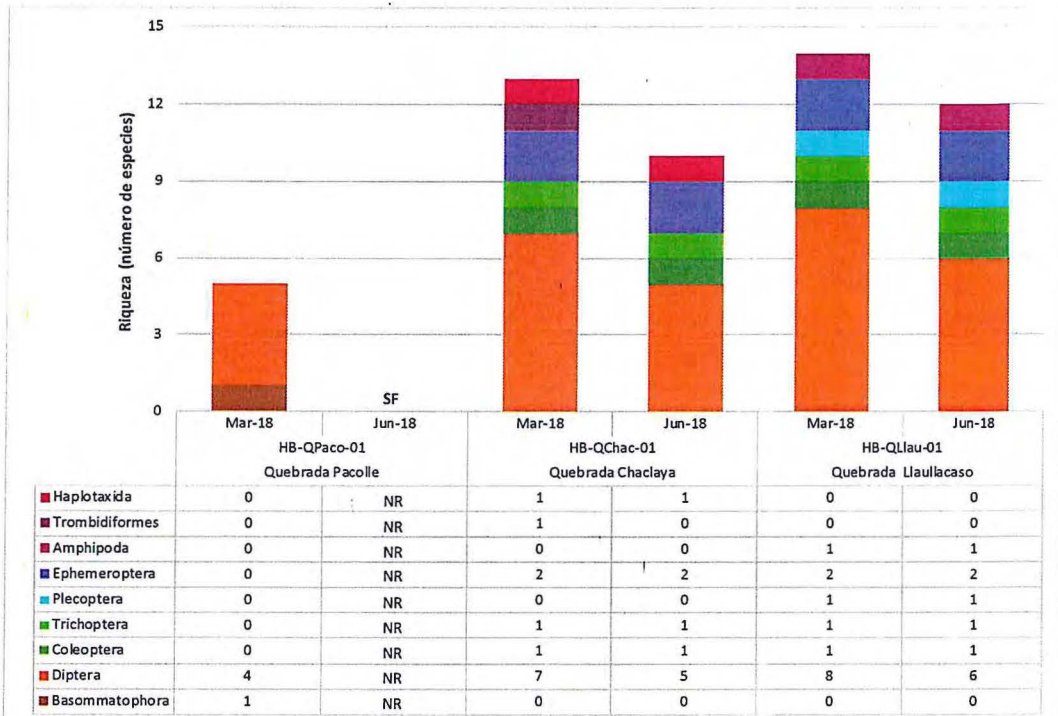


Figura 7-70. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclaya-Llaullacaso

SF: punto sin flujo de agua; NR: parámetro no registrado

Abundancia

En la Figura 7-71 se presentan los resultados de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que el punto HB-QLlau-01, ubicado en la quebrada Llaullacaso, registró la mayor abundancia para ambas temporadas con 180 individuos en avenida (marzo 2018) y 102 individuos en estiaje (junio 2018); por otro lado, el punto HB-QPaco-01, ubicado en la quebrada Pacolle, registró la menor abundancia en la temporada de avenida con 34 individuos, mientras que el punto HB-QChac-01, ubicado en la quebrada Chaclaya, registró la menor abundancia en la temporada de estiaje con 67 individuos.



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



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

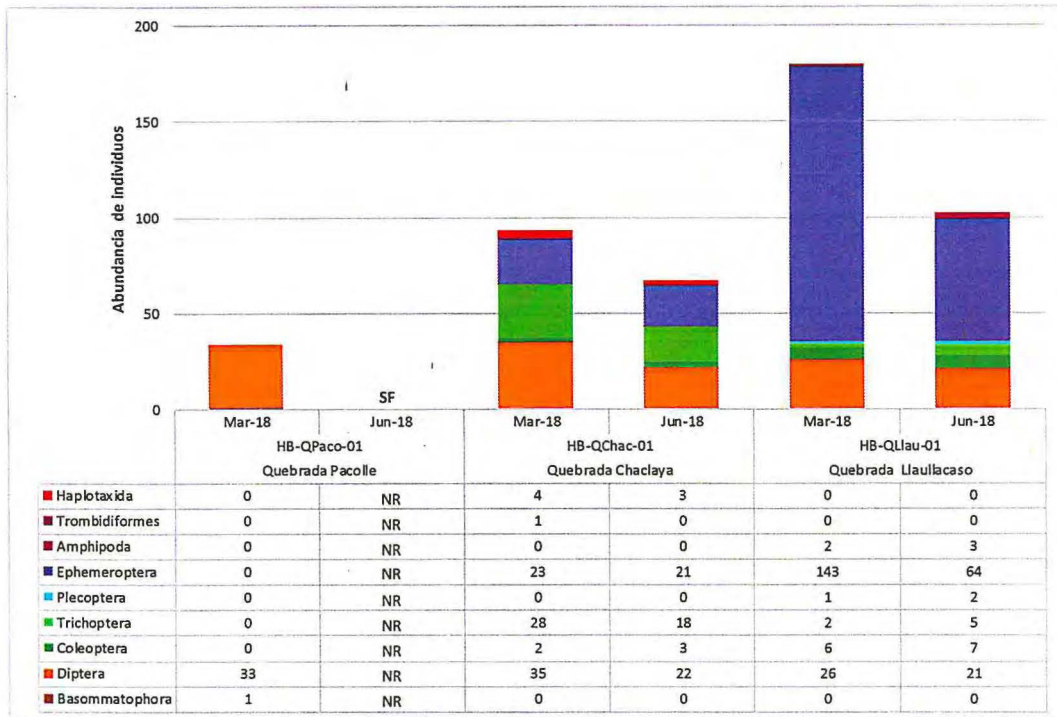


Figura 7-71. Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclaya-Llaullacaso

SF: punto sin flujo de agua; NR: parámetro no registrado

Índices de diversidad

En la Tabla 7-22 se presentan los resultados de los índices de diversidad alfa: riqueza de especies, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener (H'), diversidad de Simpson (1-λ), dominancia de Simpson (λ) y equidad de Pielou (J'), por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que para ambas temporadas el punto HB-QChac-01 (quebrada Chaclaya) registró los mayores valores de diversidad de Shannon-Wiener (2,823 en avenida y 2,598 en estiaje), diversidad de Simpson (0,807 en avenida y 0,790 en estiaje); los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (0,763 en avenida y 0,782 en estiaje), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie registrada para esta zona.

Tabla 7-22. Índices de diversidad alfa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclaya-Llaullacaso

| Cuerpo de agua | Quebrada Pacolle | | Quebrada Chaclaya | | Quebrada Llaullacaso | |
|-----------------------------------|------------------|--------|-------------------|--------|----------------------|--------|
| Punto de muestreo | HB-QPaco-01 | | HB-QChac-01 | | HB-QLlau-01 | |
| Temporada | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 |
| Riqueza de especies (S) | 5 | NR | 13 | 10 | 14 | 12 |
| Abundancia de individuos (N) | 34 | NR | 93 | 67 | 180 | 102 |
| Diversidad de Shannon-Wiener (H') | 1,823 | NR | 2,823 | 2,598 | 1,834 | 2,565 |
| Diversidad de Simpson (1-λ) | 0,682 | NR | 0,807 | 0,790 | 0,509 | 0,733 |
| Dominancia de Simpson (λ) | 0,318 | NR | 0,193 | 0,210 | 0,491 | 0,267 |
| Equidad de Pielou (J') | 0,785 | NR | 0,763 | 0,782 | 0,482 | 0,716 |

NR: parámetro no registrado



Vertical handwritten text and arrows on the left margin.

Handwritten signature at the bottom left.



Índices Bióticos

En la Tabla 7-23 se presentan los resultados de la calidad ecológica del agua por punto de muestreo y temporada de evaluación, determinada referencialmente a partir del índice biótico de familia (IBF), el porcentaje de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (% EPT) y el índice biótico andino (ABI). Para el índice IBF, el punto HB-QLlau-01 (quebrada Llaullacaso) registró el menor valor en ambas temporadas con 2,92 en avenida y 3,53 en estiaje, que corresponden a una excelente calidad ecológica del agua. Para el índice %EPT, el punto HB-QLlau-01 (quebrada Llaullacaso) registró el mayor valor en ambas temporadas con 28,57% en avenida y 33,33% en estiaje, que corresponden a una regular calidad ecológica del agua. Para el índice ABI, el punto HB-QLlau-01 (quebrada Llaullacaso) registró el mayor valor en ambas temporadas con 55 en avenida y 50 en estiaje, que corresponden a una buena calidad ecológica del agua.

Tabla 7-23. Índices bióticos y calidad ecológica del agua por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclaya-Llaullacaso

| Cuerpo de agua | Quebrada Pacolle | | Quebrada Chaclaya | | Quebrada Llaullacaso | |
|-------------------|--------------------|--------|-------------------|----------|----------------------|-----------|
| Punto de muestreo | HB-QPaco-01 | | HB-QChac-01 | | HB-QLlau-01 | |
| Temporada | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 |
| Índice IBF | 5,82 | NR | 4,42 | 4,30 | 2,92 | 3,53 |
| Calidad | Regularmente pobre | NR | Bueno | Bueno | Excelente | Excelente |
| Índice %EPT | 0,00 | NR | 23,08 | 30,00 | 28,57 | 33,33 |
| Calidad | Mala | NR | Mala | Regular | Regular | Regular |
| Índice ABI | 9 | NR | 46 | 33 | 55 | 50 |
| Calidad | Pésimo | NR | Bueno | Moderado | Bueno | Bueno |

NR: parámetro no registrado

b.2. Perifiton

Esta comunidad está conformada por una parte vegetal (microalgas) y una parte animal (microorganismos). Para el análisis de esta comunidad se consideró solo a las microalgas, debido a la baja diversidad de los microorganismos. En el Anexo D, se detalla el registro completo de las especies del perifiton.

Riqueza

En la zona Chaclaya-Llaullacaso, la comunidad del perifiton (microalgas) estuvo representada por 62 especies agrupadas en 4 phyla. El phylum Bacillariophyta registró la mayor riqueza con 41 especies, seguida por el phylum Cyanobacteria con 9 especies. En el Anexo C se presenta el registro completo del perifiton.

En la Figura 7-72 se presentan los resultados de la riqueza del perifiton por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que en la temporada de avenida (marzo 2018), el punto HB-QLlau-01, ubicado en la quebrada Llaullacaso, registró la mayor riqueza con 12 especies, mientras que el punto HB-QPaco-01, ubicado en la quebrada Pacolle, registró la menor riqueza con 6 especies. En la temporada de estiaje (junio 2018), el punto HB-Qchac-01, ubicado en la quebrada Chaclaya, registró la mayor riqueza con 34 especies, mientras que el punto HB-QLlau-01, ubicado en la quebrada Llaullacaso, registró la menor riqueza con 26 especies.



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



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

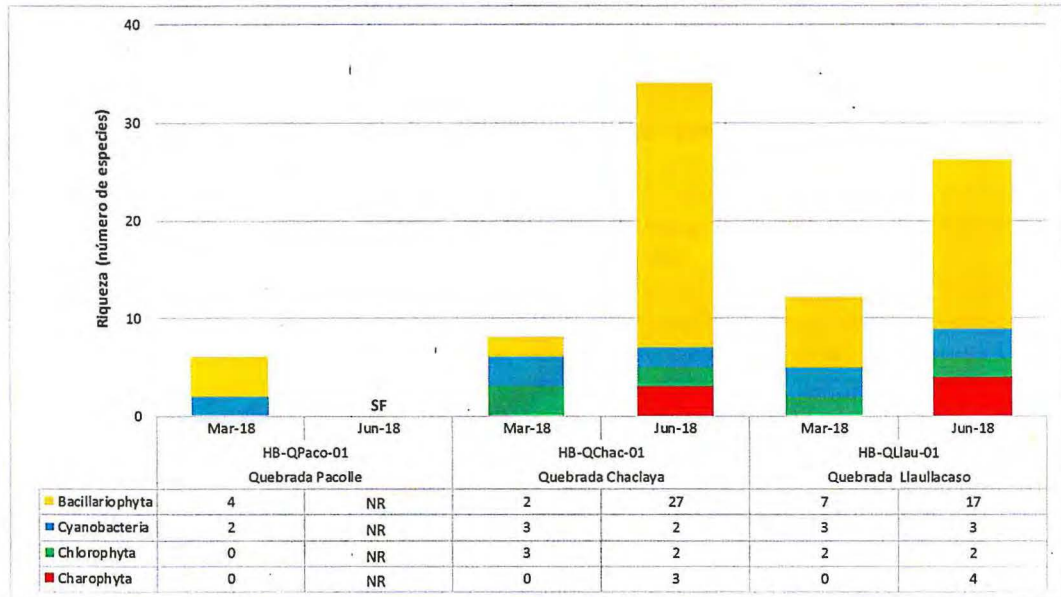


Figura 7-72. Riqueza de la comunidad del perifiton (microalgas) por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclaya-Llaullacaso
SF: punto sin flujo de agua; NR: parámetro no registrado

Abundancia

En la Figura 7-73 se presentan los resultados de la abundancia del perifiton por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que en la temporada de avenida (marzo 2018), el punto HB-QLlau-01, ubicado en la quebrada Llaullacaso, registró la mayor abundancia con 57100 organismos/cm², mientras que el punto HB-QPaco-01, ubicado en la quebrada Pacolle, registró la menor abundancia con 4500 organismos/cm². En la temporada de estiaje (junio 2018), el punto HB-QChac-01, ubicado en la quebrada Chaclaya, registró la mayor abundancia con 79050 organismos/cm², mientras que el punto HB-QLlau-01, ubicado en la quebrada Llaullacaso, registró la menor abundancia con 41900 organismos/cm².



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



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

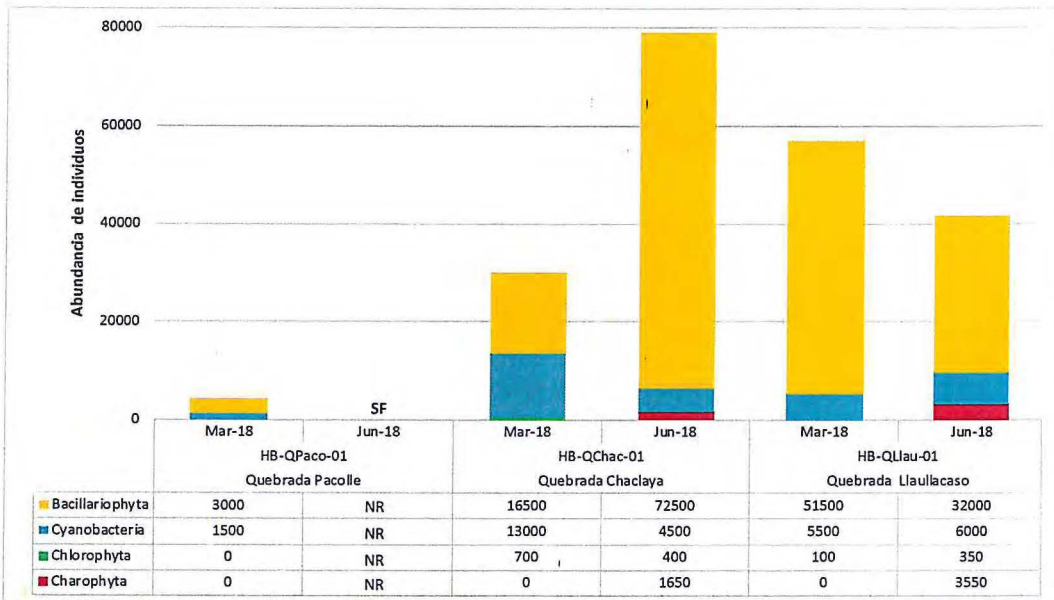


Figura 7-73. Abundancia de la comunidad del perifiton por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclaya-Llaullacaso

SF: punto sin flujo de agua; NR: parámetro no registrado

Índices de diversidad

En la Tabla 7-24 se presentan los resultados de los índices de diversidad alfa: riqueza de especies, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener (H'), diversidad de Simpson ($1-\lambda$), dominancia de Simpson (λ) y equidad de Pielou (J'), por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que en la temporada de avenida (marzo 2018), el punto HB-QLlau-01 (quebrada Llaullacaso) registró los mayores valores de riqueza (12 especies), diversidad de Shannon-Wiener (2,741) y diversidad de Simpson (0,798); los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (0,765), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie. En la temporada de estiaje (junio 2018), el punto HB-QChac-01 (quebrada Chaclaya) registró los mayores valores de riqueza (34 especies), diversidad de Shannon-Wiener (4,313) y diversidad de Simpson (0,914); los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (0,848), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie.

Tabla 7-24. Índices de diversidad alfa de la comunidad del perifiton (microalgas) por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Chaclaya-Llaullacaso

| Cuerpo de agua | Quebrada Pacolle | | Quebrada Chaclaya | | Quebrada Llaullacaso | |
|---------------------------------------|------------------|--------|-------------------|--------|----------------------|--------|
| Punto de muestreo | HB-QPaco-01 | | HB-QChac-01 | | HB-QLlau-01 | |
| Temporada | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 |
| Riqueza de especies (S) | 6 | NR | 8 | 34 | 12 | 26 |
| Abundancia de individuos (N) | 4500 | NR | 30200 | 79050 | 57100 | 41900 |
| Diversidad de Shannon-Wiener (H') | 2,503 | NR | 1,901' | 4,313 | 2,741 | 4,210 |
| Diversidad de Simpson ($1-\lambda$) | 0,815 | NR | 0,649 | 0,914 | 0,798 | 0,931 |
| Dominancia de Simpson (λ) | 0,185 | NR | 0,351 | 0,086 | 0,202 | 0,069 |
| Equidad de Pielou (J') | 0,968 | NR | 0,634 | 0,848 | 0,765 | 0,896 |

NR: parámetro no registrado



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.

Handwritten signature at the bottom left.



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

7.1.4 Microcuenca Oyo Oyo

Para la evaluación de la microcuenca Oyo Oyo, los puntos de muestreo se ubicaron en las quebradas Oyo Oyo y Chalsani, hasta el tramo localizado antes de su desembocadura en el río Ichuña.

En la Figura 7-74 se representa esquemáticamente los puntos de muestreo de esta microcuenca, los cuales se agruparon en una única zona. La descripción de cada punto de muestreo se presenta en los reportes de campo (Anexo B).

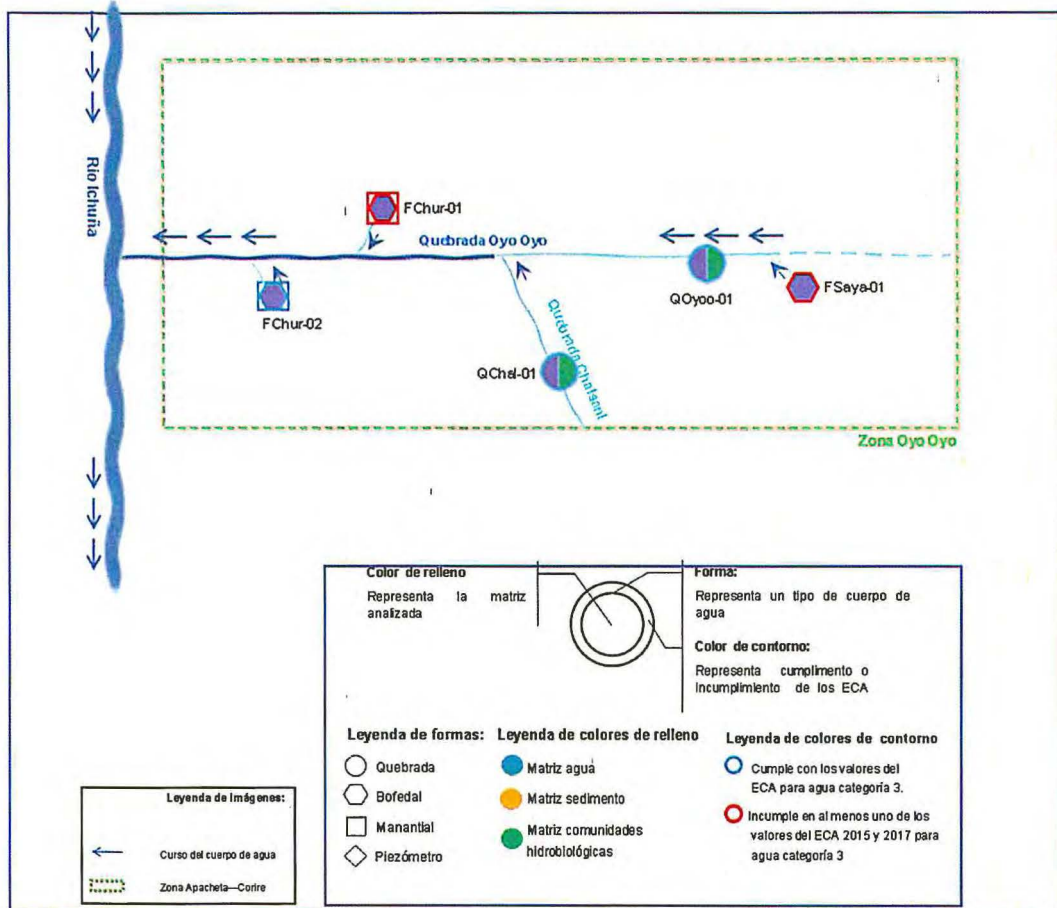


Figura 7-74. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial en la microcuenca Oyo Oyo

La zona en la cual se agruparon los puntos de muestreo de la microcuenca Oyo Oyo se denominó Oyo Oyo y comprendió los puntos de muestreo de las quebradas Oyo Oyo y Chalsani, desde el punto de muestreo FSaya-01 hasta el punto FChur-02.

Los parámetros de los puntos de muestreo de agua superficial de las quebradas que incumplieron con los valores establecidos en la categoría 3, subcategorías: riego de vegetales (D1) y bebida de animales (D2); y de las aguas de los manantiales (usados para consumo humano) que incumplieron la categoría 1, subcategoría A1: aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, de los ECA para agua (2015 y 2017) se presentan en la Tabla 7-25. La sistematización de todos los resultados de los parámetros evaluados y los informes de ensayo se presentan en el Anexo C.



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

Tabla 7-25. Parámetros en agua que incumplieron los ECA para agua categoría 3 (quebradas) y categoría 1 A1 (manantiales) en la microcuenca Oyo Oyo

| Microcuenca | Zona | Cuerpo de agua | Punto de muestreo | ECA para agua 2015 y 2017 | | | | | |
|---------------------|--------------|------------------------|-------------------|---------------------------|---------|------------------|---------|-----------------|---------|
| | | | | Categoría 3 (D1) | | Categoría 3 (D2) | | Categoría 1 (A) | |
| | | | | Avenida | Estiaje | Avenida | Estiaje | Avenida | Estiaje |
| | | | | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 |
| Microcuenca Oyo Oyo | Zona Oyo Oyo | Manantial Saya | FSaya-01 | pH | SF | pH | SF | NA | NA |
| | | Quebrada Oyo Oyo | QOyoo-01 | -- | -- | -- | -- | NA | NA |
| | | Quebrada Chalsani | QChal-01 | -- | -- | -- | pH | NA | NA |
| | | Manantial Churupata 01 | FChur-01* | -- | -- | -- | -- | Turbidez | -- |
| | | Manantial Churupata 02 | FChur-02* | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

(--): Sin observaciones, (*): Punto de muestreo de manantial destinado como agua de consumo de la comunidad
 SF: Sin flujo de agua durante la temporada; NA: No aplica
 pH: Potencial de hidrógeno.
 ECA agua 2015: Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM. Modifican los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.
 ECA agua 2017: Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

- Zona Oyo Oyo

a. Agua superficial

Todos los resultados físicos y químicos en las aguas de las quebradas Oyo Oyo y Chalsani y manantiales Churupata y Sayacmachay se encuentran en el Anexo C.

De la comparación de resultados físicos y químicos de los cuerpos de agua de la zona Oyo Oyo con los ECA 2015 y 2017 (Tabla 7-25), el potencial de hidrógeno del manantial Sayacmachay incumplió en la categoría 3 subcategorías D1 y D2 y la turbidez en el manantial FChur-01 incumplió en la categoría 1 subcategoría A1.

- Potencial de hidrógeno (pH)

En la temporada de avenida, el potencial de hidrógeno de las aguas del manantial (FSaya-01) incumplió con el rango de los ECA para agua (2015 y 2017), categoría 3, subcategorías D1 y D2, y en la temporada de estiaje en la quebrada Chalsani (QChal-01) incumplió con la norma referida en la categoría 3, subcategoría D2 (Figura 7-75).



Vertical handwritten signature and initials in blue ink.

DMR handwritten signature at the bottom left.



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

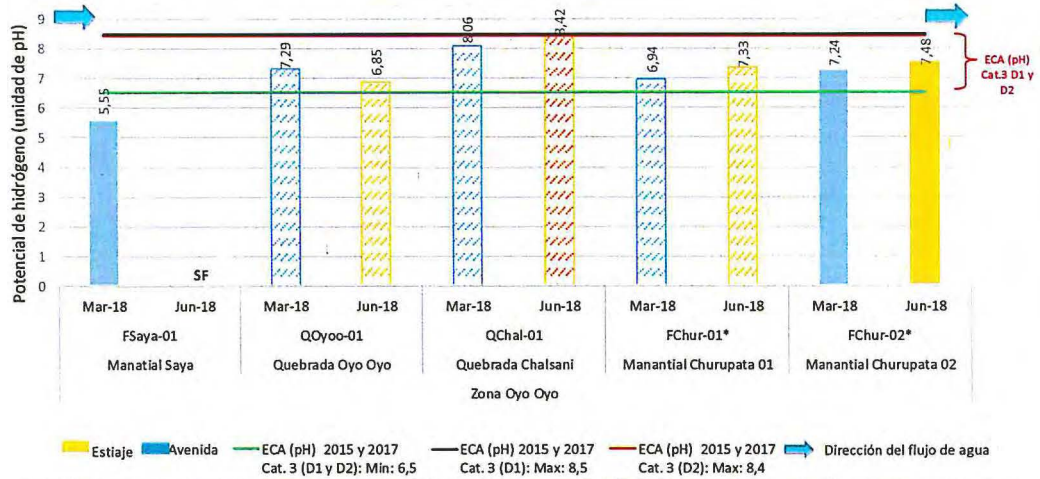


Figura 7-75. Potencial de hidrógeno en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Oyo Oyo. Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en ondas discontinuas representan los manantiales. SF: punto sin flujo de agua

Turbidez

En temporada de avenida, la turbidez en las aguas del manantial Churupata (FChur-01) incumplió con el valor establecido en los ECA para agua categoría 1 subcategoría A1: aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (Figura 7-76).

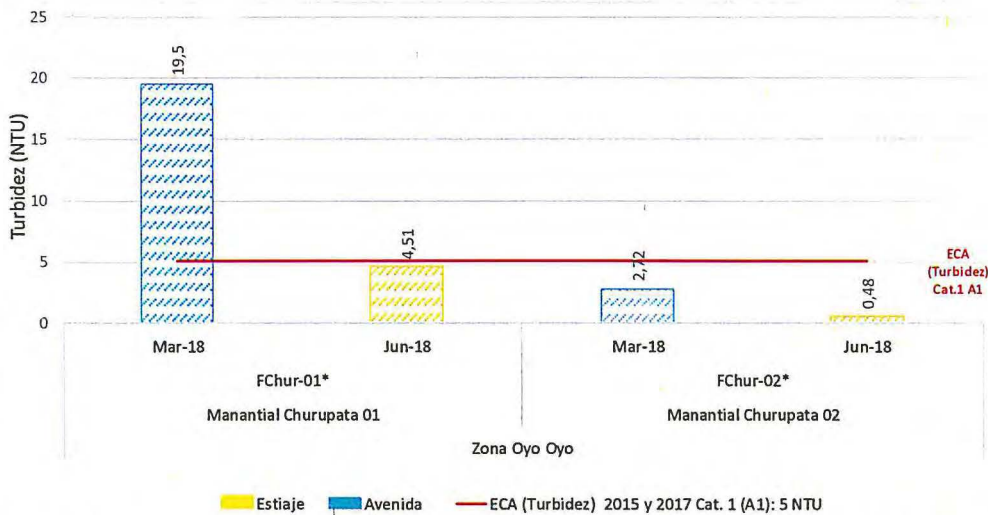


Figura 7-76. Turbidez en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Oyo Oyo

b. Comunidades hidrobiológicas

b.1. Macroinvertebrados bentónicos

Riqueza

En la zona Oyo Oyo, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 12 especies, agrupadas en 1 phylum, 1 clase y 3 órdenes. El orden



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

Díptera registró la mayor riqueza con 8 especies. En el Anexo C se presenta el registro completo de macroinvertebrados bentónicos.

En la Figura 7-77 se presentan los resultados de la riqueza de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que el punto HB-QOyoo-01, ubicado en la quebrada Oyo Oyo, registró la mayor riqueza para ambas temporadas con 10 especies en avenida (marzo 2018) y 7 especies en estiaje (junio 2018); por otro lado, el punto HB-QChal-01, ubicado en la quebrada Chalsani, registró la menor riqueza para ambas temporadas con 8 especies en avenida y 6 especies en estiaje.

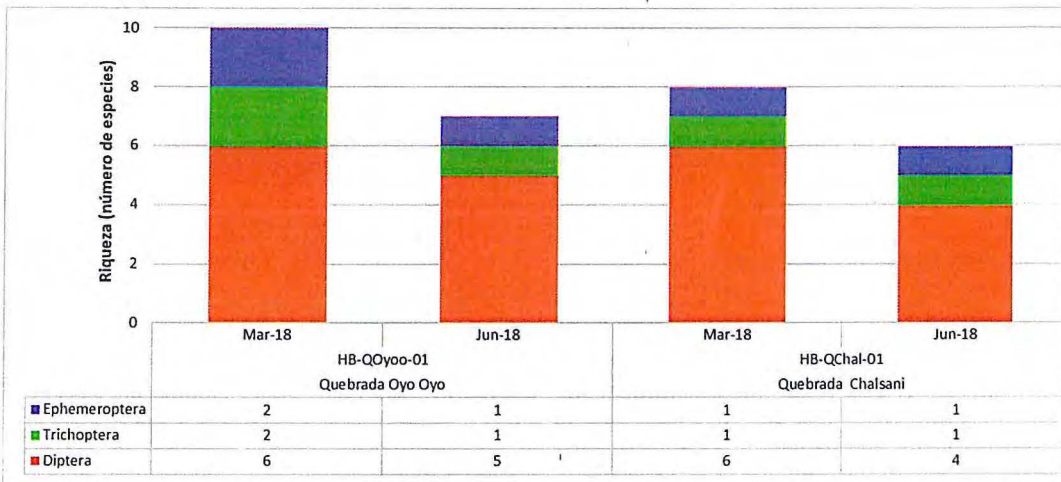


Figura 7-77. Riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos por orden en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Oyo Oyo

Abundancia

En la Figura 7-78 se presentan los resultados de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que el punto HB-QOyoo-01, ubicado en la quebrada Oyo Oyo, registró la mayor abundancia para ambas temporadas con 42 individuos en avenida (marzo 2018) y 27 individuos en estiaje (junio 2018); por otro lado, el punto HB-QChal-01, ubicado en la quebrada Chalsani, registró la menor abundancia para ambas temporadas con 30 individuos en avenida y 24 individuos en estiaje.



Vertical handwritten text and signature on the left margin, including the name 'D. P. A. R.' and a signature.



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

(quebrada Oyo Oyo) registró el mayor valor en temporada de avenida con 40 %, que corresponde a una regular calidad ecológica del agua, mientras que el punto HB-QChal-01 (quebrada Chalsani) registró el mayor valor en temporada de estiaje con 33,33 %, que corresponde a una regular calidad ecológica del agua. Para el índice ABI, el punto HB-QOyoo-01 (quebrada Oyo Oyo) registró el mayor valor en temporada de avenida con 36, que corresponde a una moderada calidad ecológica del agua, mientras que el punto HB-QChal-01 (quebrada Chalsani) registró el mayor valor en temporada de estiaje con 22, que corresponde a una mala calidad ecológica del agua.

Tabla 7-27. Índices bióticos y calidad ecológica del agua por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Oyo Oyo

| Cuerpo de agua | Quebrada Oyo Oyo | | Quebrada Chalsani | |
|-------------------|------------------|---------|-------------------|---------|
| Punto de muestreo | HB-QOyoo-01 | | HB-QChal-01 | |
| Temporada | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 |
| Índice IBF | 5,29 | 5,63 | 4,97 | 5,42 |
| Calidad | Regular | Regular | Bueno | Regular |
| Índice %EPT | 40,00 | 28,57 | 25,00 | 33,33 |
| Calidad | Regular | Regular | Regular | Regular |
| Índice ABI | 36 | 19 | 27 | 22 |
| Calidad | Moderado | Malo | Moderado | Malo |

b.2. Perifiton

Esta comunidad está conformada por una parte vegetal (microalgas) y una parte animal (microorganismos). Para el análisis de esta comunidad se consideró solo a las microalgas, debido a la baja diversidad de los microorganismos. En el Anexo C se detalla el registro completo de las especies del perifiton.

Riqueza

En la zona Oyo Oyo, la comunidad del perifiton (microalgas) estuvo representada por 57 especies agrupadas en 4 phyla. El phylum Bacillariophyta registró la mayor riqueza con 38 especies, seguida por el phylum Cyanobacteria con 9 especies. En el Anexo C se presenta el registro completo del perifiton.

En la Figura 7-79 se presentan los resultados de la riqueza del perifiton por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que el punto HB-QOyoo-01, ubicado en la quebrada Oyo Oyo, registró la mayor riqueza para ambas temporadas con 24 especies en avenida (marzo 2018) y 31 especies en estiaje (junio 2018); por otro lado, el punto HB-QChal-01, ubicado en la quebrada Chalsani, registró la menor riqueza para ambas temporadas con 20 especies en avenida y 13 especies en estiaje.



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin, including a large blue arrow pointing up and a signature at the bottom.



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

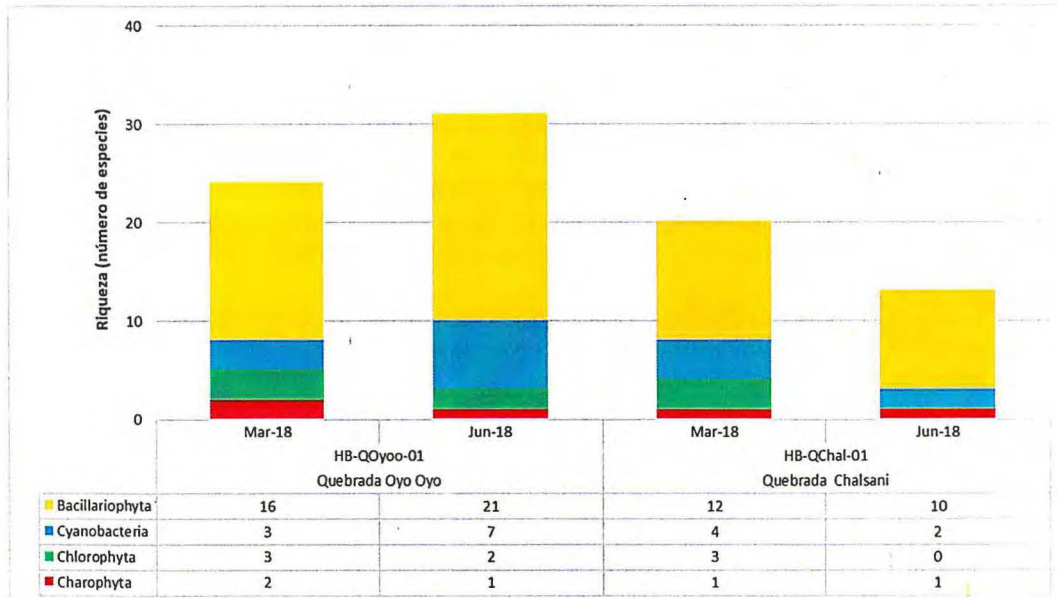


Figura 7-79. Riqueza de la comunidad del perifiton (microalgas) por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Oyo Oyo

Abundancia

En la Figura 7-80, se presentan los resultados de la abundancia del perifiton por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que el punto HB-QOyoo-01, ubicado en la quebrada Oyo Oyo, registró la mayor abundancia para ambas temporadas con 73500 organismos/cm² en avenida (marzo 2018) y 59600 organismos/cm² en estiaje (junio 2018); por otro lado, el punto HB-QChal-01, ubicado en la quebrada Chalsani, registró la menor abundancia para ambas temporadas con 3600 organismos/cm² en avenida y 33500 organismos/cm² en estiaje.



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



Figura 7-80. Abundancia de la comunidad del perifiton por phylum en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Oyo Oyo

Handwritten signature in blue ink at the bottom left of the page.



Índices de diversidad

En la Tabla 7-28, se presentan los resultados de los índices de diversidad alfa: riqueza de especies, abundancia, diversidad de Shannon-Wiener (H'), diversidad de Simpson ($1-\lambda$), dominancia de Simpson (λ) y equidad de Pielou (J'), por punto de muestreo y temporada de evaluación. Se observó que para ambas temporadas el punto HB-QOyoo-01 (quebrada Oyo Oyo) registró los mayores valores de riqueza (24 especies en avenida y 31 especies en estiaje), diversidad de Shannon-Wiener (3,942 en avenida y 4,610 en estiaje), diversidad de Simpson (0,919 en avenida y 0,953 en estiaje); los cuales se vieron reflejados en un alto valor de equidad de Pielou (0,860 en avenida y 0,931 en estiaje), que indica una distribución homogénea de la abundancia de individuos por especie registrada para esta zona.

Tabla 7-28. Índices de diversidad alfa de la comunidad del perifiton (microalgas) por punto de muestreo en las temporadas de avenida (marzo 2018) y estiaje (junio 2018) en los cuerpos de agua de la zona Oyo Oyo

| Cuerpo de agua | Quebrada Oyo Oyo | | Quebrada Chalsani | |
|---------------------------------------|------------------|--------|-------------------|--------|
| | HB-QOyoo-01 | | HB-QChal-01 | |
| Punto de muestreo | HB-QOyoo-01 | | HB-QChal-01 | |
| Temporada | Mar-18 | Jun-18 | Mar-18 | Jun-18 |
| Riqueza de especies (S) | 24 | 31 | 20 | 13 |
| Abundancia de individuos (N) | 73500 | 59600 | 36000 | 33500 |
| Diversidad de Shannon-Wiener (H') | 3,942 | 4,610 | 3,602 | 3,231 |
| Diversidad de Simpson ($1-\lambda$) | 0,919 | 0,953 | 0,892 | 0,872 |
| Dominancia de Simpson (λ) | 0,081 | 0,047 | 0,108 | 0,128 |
| Equidad de Pielou (J') | 0,860 | 0,931 | 0,833 | 0,873 |

NR: parámetro no registrado

7.2 Estudios especializados

7.2.1 Caracterización hidroquímica

La caracterización hidroquímica se realizó en todos los puntos de muestreo de agua subterránea de acuerdo con su origen (piezómetros y manantiales²⁹) y fuentes de agua superficial (quebradas y bofedales) que comprende el área de influencia ambiental del proyecto minero San Gabriel y zonas aledañas que abarca parte de las microcuencas Agani-Ansamani, Itapallone (quebrada Apacheta-Corire) y Chaclaya; adicionalmente se evaluó la microcuenca Oyo Oyo.

El análisis de datos se realizó para la temporada de avenidas (marzo 2018) y estiaje (junio 2018). Para el análisis de las facies hidroquímica 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^-) en los diagramas de Piper y Stiff.

Se realizó una clasificación del agua superficial y agua subterránea en los puntos evaluados a través del diagrama de Ficklin, en base a la suma de los metales disueltos (mg/L): zinc, cobre, cadmio, plomo, cobalto y níquel versus el pH. Respecto a los valores de potencial de hidrógeno (pH), se determinó la tipología de los diferentes tipos de agua y de acuerdo con la clasificación una comparación entre las zonas de estudio.

²⁹ Los manantiales son de acuerdo con su origen considerados como descarga de acuíferos cuya surgencia a superficie se debe a la interceptación del nivel freático con la cota topográfica.



7.2.1.1 Microcuenca Agani-Ansamani

a. Parámetros de campo

Potencial de hidrogeno (pH)

Los valores de pH en la temporada de avenida en los manantiales de Ceniguillayoc (FCeni-02), Jamochini 2 (FJamo2-01A), Agani (FAgan-01) y Tejejo (FTeje-02) presentaron una tendencia neutra (entre 6,57 y 7,60), respecto a los manantiales Agani 2 (FPach-01), Jamochini 2 (FJamo2-01), Quilcata (FQuil-01), Llapapampa (FLlap-01) y el piezómetro PZ-06, presentaron una tendencia acida (entre 5,89 y 6,41). El mismo patrón registraron la mayoría de los puntos de agua superficial (quebradas y bofedales), siguiendo una tendencia neutra (entre 6,12 y 8,26 unidades), sin embargo, los puntos en la quebrada Japucucho (QJapu-01: pH=4,84 unidades), bofedal Agani 2 (HPacha-01: pH=3,26 unidades) presentaron valores ácidos; el bofedal Quilcata (HQuil-03: pH= 8,95 unidades) registró valores ligeramente alcalinos.

Los registros de pH en los mismos puntos evaluados en la temporada de estiaje presentaron una tendencia neutra (entre 6,22 y 8,59 unidades), sin embargo, el carácter ácido y alcalino de la quebrada Japucucho (QJapu-01; pH=4,31) y bofedal Quilcata (HQuil-03: pH=8,86 unidades) se mantuvo en ambas temporadas respectivamente, por otro lado, el manantial Agani (FAgan-01: pH=5,93 unidades) registró un pH ácido.

Temperatura

En la temporada de avenida los manantiales y piezómetros registraron temperaturas que varían entre 6,3 °C y 18,4 °C; y las quebradas entre 7,2 °C y 23, 6 °C (Anexo B).

En la temporada de estiaje los manantiales y piezómetros registraron temperaturas que varían entre 2,3 °C y 11,6 °C; y las quebradas entre 1,2 °C y 14,9 °C (Anexo B).

Conductividad Eléctrica (CE).

La conductividad eléctrica permitió representar el contenido de iones en las aguas superficiales y subterráneas.

En la temporada de avenida las aguas de los manantiales y de los piezómetros registraron valores de CE entre 28,1 µS/cm y 741,0 µS/cm, y los puntos de monitoreo de las aguas superficiales registran valores de CE que varían entre 37,5 µS/cm y 502,0 µS/cm (Figura 7-81a).

Para la temporada de estiaje las aguas de los manantiales y de los piezómetros registraron valores de CE entre 24,4 µS/cm y 572,0 µS/cm y los puntos de monitoreo de las aguas superficiales registran valores de CE que varían entre 44,0 µS/cm y 364,0 µS/cm (Figura 7-81b).



Vertical handwritten notes in blue ink, including symbols like an arrow pointing up, a circle with a cross, and various initials.

Handwritten signature or initials at the bottom left.



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

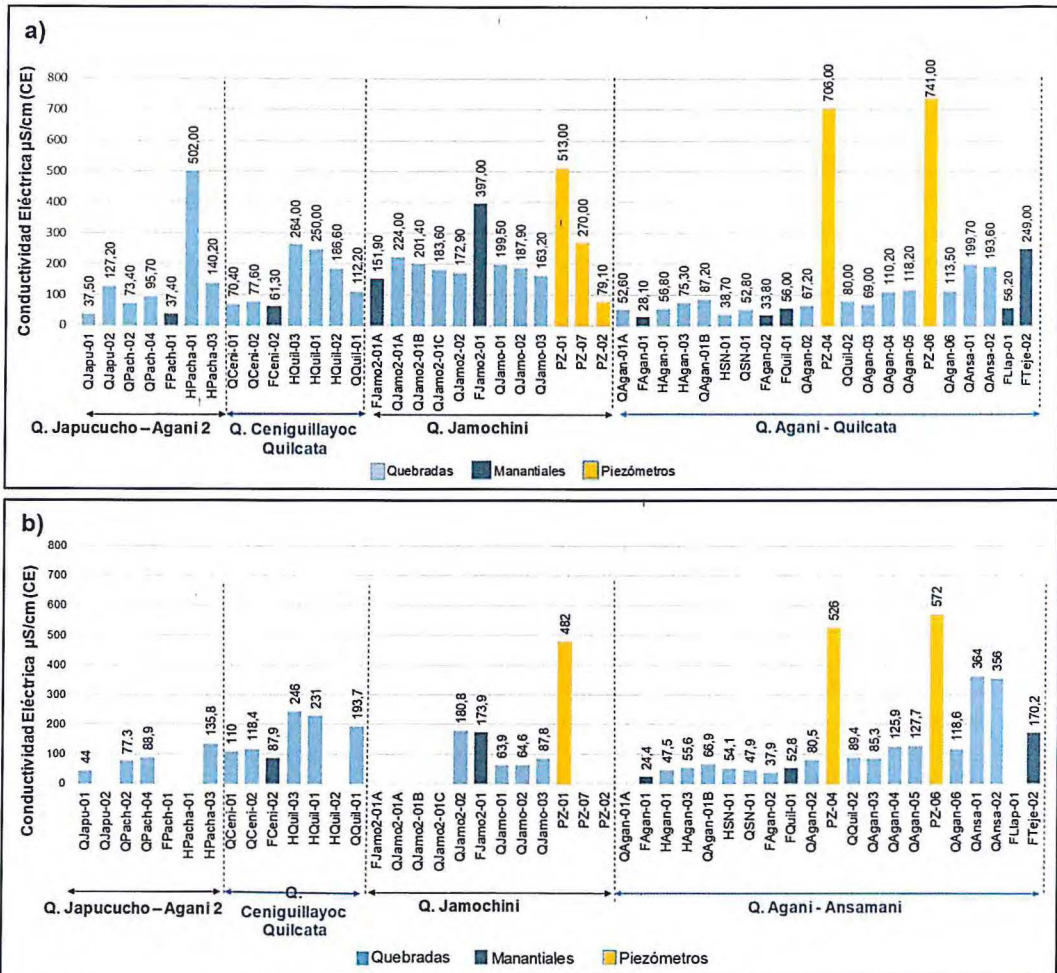


Figura 7-81. Conductividad eléctrica (CE) en la microcuenca Agani-Ansamani: a) Temporada de avenida y b) Temporada de estiaje

Para ambas temporadas los valores registrados con mayor concentración de CE en la microcuenca Agani-Ansamani, fueron las aguas de los piezómetros PZ-04 (CE=706,0; 526,0 µS/cm) y PZ-06 (CE=741,0; 572,0 µS/cm).

b. Facies hidroquímicas

Las fuentes evaluadas en la microcuenca Agani-Ansamani se agruparon en 2 facies o dominios químicos predominantes para la temporada de avenida y estiaje respectivamente (Figura 7-83 y Anexo A), las mismas, que variaron de acuerdo con el sector donde fueron colectadas conforme al siguiente detalle:

b.1 Diagramas de Piper y Stiff

Zona Japucucho-Agani 2

En la temporada de avenida (Figura 7-82a), en las aguas de la zona Japucucho-Agani 2 (QJapu-01, QPach-02 y QPach-04) el contenido de aniones como sulfatos y bicarbonatos estuvo entre 80 % y 60 %, más del 50 % de cationes entre calcio y magnesio, y en menor proporción sodio, por lo que, se clasificó como facies sulfatadas bicarbonatadas cálcico magnésicas (SO₄>HCO₃-Ca>Mg), sulfatadas cálcicas magnésicas sódicas (SO₄-Ca>Mg>Na), sin embargo, el punto HPach-01 registró facies sulfatadas alumínicas cálcicas (SO₄-Al>Ca).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.



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

En la temporada de estiaje (Figura 7-82b), la composición química de las aguas varió respecto a la temporada de avenida, la quebrada Japucucho (QJapu-01) se mantuvo como sulfatada cálcica magnésica ($SO_4-Ca>Mg$), mientras que, en la quebrada Agani 2 (QPach-02 y QPach-04) el contenido de aniones como bicarbonato y sulfato fue entre 80 % y 60 % y más del 60 % de cationes entre calcio y magnesio, clasificando como aguas de facies bicarbonatadas sulfatadas cálcica magnésicas ($HCO_3>SO_4-Ca>Mg$). Las concentraciones de todos los puntos evaluados variaron entre 1 meq/L y 4 meq/L en ambas temporadas.

Zona Ceniguillayoc-Quilcata

Las aguas evaluadas en la quebrada Ceniguillayoc (QCeni-01 y QCeni-02) y el manantial Ceniguillayoc (FCeni-01) registraron más de 80 % y 70 % de aniones como bicarbonatos y sulfatos, y entre 60 % y 40% de cationes entre calcio y magnesio, por lo que se clasificaron como facies bicarbonatadas sulfatadas cálcicas magnésicas ($HCO_3->SO_4-Ca>Mg$) en las temporadas de avenida y estiaje (Figura 7-82a y 7-82b), con concentraciones que variaron entre 1 y 4 meq/L para ambas temporadas.

Las aguas de la quebradas Quilcata (HQuil-01, HQuil-02, HQuil-01 y QQuil-01,) registraron más del 80 % de aniones como bicarbonatos y en algunos puntos 50% de sulfatos, respecto a los cationes registraron más de 50 % entre calcio y magnesio, por tanto, se tiene 2 facies, la primera corresponde a facies bicarbonatada cálcicas magnésicas ($HCO_3-Ca>Mg$) y la segunda corresponde a facies bicarbonatada sulfatadas cálcicas magnésicas ($HCO_3->SO_4-Ca>Mg$) para ambas temporadas (Figura 7-82b).

Zona Jamochini

Las aguas de la quebrada Jamochini (QJamo-01, QJamo2 y QJamo3; (Figura 7-82a y 7-82b) registraron más del 70% del anión sulfato y más del 60 % de cationes entre calcio y magnesio, correspondiendo a facies sulfatadas cálcico magnésicas ($SO_4-Ca>Mg$) en la temporada de avenida, sin embargo, en la temporada de estiaje el contenido de aniones registró más 60% bicarbonatos y tan solo el punto QJamo-01 más del 30% de sulfato adicional, por tanto, estas aguas se clasificaron como aguas de facies bicarbonatadas cálcica magnésicas ($HCO_3-Ca>Mg$) y bicarbonatadas sulfatadas cálcica magnésicas ($HCO_3>SO_4-Ca>Mg$).

Las aguas de la quebrada Jamochini 2 (QJamo2-01A, QJamo2-01B y QJamo2-01C), en la temporada de avenida (Figura 7-82 a), se observó 2 tipos de aguas, el primer grupo (QJamo2-01B y FJamo2-01) correspondió a facies sulfatadas cálcicas magnésica ($SO_4-Ca>Mg$) con contenidos del anión sulfato que variaron entre 80 % y 60 % y más del 50% de los cationes calcio y magnesio y, el segundo grupo (QJamo2-01A, QJamo2-01C y QJamo2-02) de facies bicarbonatadas sulfatadas cálcicas magnésicas ($HCO_3>SO_4-Ca>Mg$), predominando el anión bicarbonato con contenidos mayores del 80 % y 40 % de sulfatos y contenidos mayores a 60 % de los cationes como calcio y magnesio. Similares clasificaciones de agua se registraron en la temporada de estiaje (Figura 7-82b).

El manantial Jamochini 2 (FJamo2-01) en la temporada de avenida registró un tipo de agua sulfatadas cálcicas magnésica ($SO_4-Ca>Mg$), mientras que en temporada de estiaje predominó más del 60 % de aniones entre bicarbonato y sulfato y más del 50 % entre calcio y magnesio, clasificándose como el tipo bicarbonatadas sulfatadas cálcicas magnésicas ($HCO_3>SO_4-Ca>Mg$).



Vertical handwritten text: A, P, P, J, G, I, G, P, M, O, R

Handwritten signature: SMPA



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

Respecto a las aguas subterráneas (Figura 7-82a y 7-82b), los piezómetros PZ-01 y PZ-02 se clasificaron con facies bicarbonatadas sulfatadas cálcica magnésicas ($\text{HCO}_3\text{->SO}_4\text{-Ca>Mg}$) en ambas temporadas, sin embargo, el piezómetro PZ-07 en la temporada de avenida se clasificó con facies sulfatadas bicarbonatadas cálcicas magnésicas ($\text{SO}_4\text{>HCO}_3\text{-Ca>Mg}$) predominando el anión sulfato, mientras que, en la temporada de estiaje cambia a facie bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica ($\text{HCO}_3\text{->SO}_4\text{-Ca>Mg}$) predominando el anión bicarbonato, con concentraciones que varían entre 2 y 4 meq/L (Anexo A).

Zona Agani-Ansamani

En la temporada de avenida las aguas superficiales de la quebrada Agani-Ansamani (QAgan-01A, FAgan-01, HAgan-01, HAgan-02, QAgan-01B, QAgan-02, QAgan-03, QQuil-02, QAgan-04, QAgan-05, QAgan-02, QAnsa-01 y QAnsa-02) registraron más de 80 % y 70 % de aniones como bicarbonatos y sulfatos (predominando los carbonatos) y entre 60 % y 40% de cationes entre calcio y magnesio (Figura 7-82a), por lo cual, se clasificaron como aguas de facies bicarbonatadas sulfatadas cálcicas magnésicas ($\text{HCO}_3\text{>SO}_4\text{-Ca>Mg}$). Las aguas superficiales de los tributarios quebrada S/N (Fagan-02, HSN-01 y QSN-01) y los manantiales Agani 2 y Quilcata 1 (FAgan-02 y FQuil-01) registraron más del 70 % de aniones como sulfatos y bicarbonatos (predominando los sulfatos) y más del 50 % de cationes entre calcio y magnesio, por lo cual, se clasificaron como aguas de facies sulfatadas bicarbonatadas cálcicas magnésicas ($\text{SO}_4\text{>HCO}_3\text{-Ca>Mg}$). Respecto a las aguas subterráneas en el piezómetro PZ-04 se observó el tipo de agua bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica ($\text{HCO}_3\text{>SO}_4\text{-Ca>Mg}$), y en el piezómetro PZ-06 el tipo de agua sulfatada cálcica magnésica ($\text{SO}_4\text{-Ca>Mg}$), con concentraciones que variaron entre 1 meq/L y 4 meq/L.

En la temporada de estiaje las aguas de la quebrada Agani-Ansamani, quebrada S/N, el manantial Quilcata y los piezómetros PZ-04 y PZ-06 (Figura 7-82b), registraron similares facies de agua: bicarbonatadas sulfatadas cálcicas magnésicas con predominancia de los bicarbonatos ($\text{HCO}_3\text{>SO}_4\text{-Ca>Mg}$) y; en la temporada de avenida predominan las facies sulfatadas bicarbonatadas cálcicas magnésicas ($\text{SO}_4\text{>HCO}_3\text{-Ca>Mg}$). Sin embargo, en el manantial Agani 2 (FAgan-02) predominó el anión bicarbonato y el catión calcio presentando un tipo de bicarbonatada sulfatada cálcica ($\text{HCO}_3\text{>SO}_4\text{-Ca}$).



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

Handwritten signature at the bottom left of the page.



b.2 Diagrama de Ficklin

Zona Japucucho-Agani 2

De acuerdo con el diagrama de Ficklin (Figura 7-83) la mayoría de los puntos de muestreo ubicados en esta quebrada se clasificaron en 2 grupos. El primer grupo (HPach-03, Qpach-02 y Qpach-04) corresponde a un pH casi neutro con baja concentración de metales en ambas temporadas, y el segundo grupo conformado por la quebrada Japucucho 1 (QJapu-01) y parte media del bofedal Agani 2 (HPach-03) registró pH con aguas acidas con baja concentraciones de metal para la temporada de avenida. En la temporada de estiaje el punto QJapu-01 mantuvo la misma tendencia que en la temporada de avenida.

Zona Ceniguillayoc-Quilcata

En la Figura 7-83 se observa que las aguas de los puntos de muestreo ubicados en la zona Ceniguillayoc-Quilcata (manantiales y quebradas) se clasificaron con pH casi neutro y baja concentración de metales en para ambas temporadas.

Zona Jamochini

En la Figura 7-83 se observa que las aguas de los puntos de muestreo ubicados en la zona de Jamochini (manantiales, piezómetros y quebradas) se clasificaron con pH casi neutro y baja concentración de metales en ambas temporadas.

Zona Agani-Ansamani

De acuerdo con el diagrama propuesto en la Figura 7-84 todos los puntos de muestreo: manantiales, piezómetros y quebradas ubicados en esta zona fueron clasificados como casi neutro con baja concentración de metales para ambas temporadas.



D. P. J. A. R.

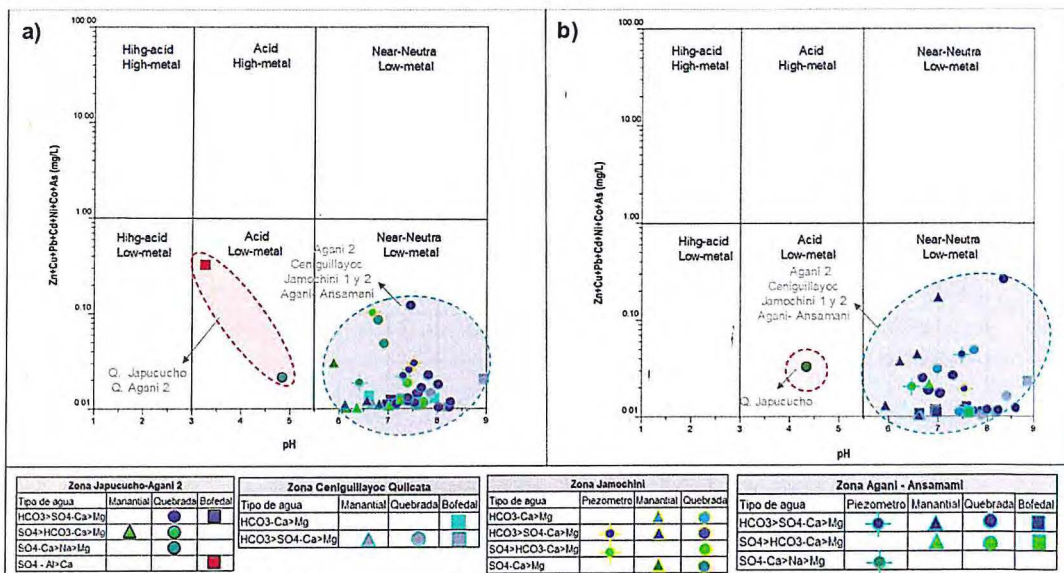


Figura 7-83. Clasificación hidroquímica según el diagrama de Ficklin en la microcuenca Agani-Ansamani: a) temporada de avenida y b) temporada de estiaje



7.2.1.2 Microcuenca Itapallone (sector Corire)

a. Parámetros de campo

Potencial de hidrogeno (pH)

En la temporada de avenida, los valores de pH evaluados en los manantiales Atiñayoc (FAtiñ-01) y Misaorcco (FMisa-01), presentaron una tendencia neutra (entre 6,90 y 7,79 unidades), mientras que los manantiales en el sector de Millahuaico (FMill-01) registraron una tendencia acida ($pH > 3,5$ unidades). Las aguas superficiales registraron pH ácidos, principalmente en las quebradas Apacheta (QApac-01, QApac-02, QApac-03, QApac-04 y QApac-05), Katrina (QKatr-01) y Millahuaico (QMill-01) con un valor acido de hasta 3,15 unidades de pH, sin embargo, en la quebrada Corire (QCori-01) se registró un pH alcalino ($pH > 8,0$ unidades), valores casi neutros de pH se presentaron en las quebradas Atiñayoc (QAtiñ-01 y QAtiñ-02) y Cruzana (QCruz-01, entre 7,69 y 7,72 unidades).

En la temporada de estiaje no fue posible registrar valores de pH en los manantiales Atiñayoc y Misaorcco porque no hubo presencia de flujo de agua. Respecto a los manantiales Millahuaico (FMill-01 y FMill-01A) la tendencia fue ácida (entre 3,20 y 3,67 unidades de pH). Las quebradas Apacheta, Katrina, Misaorcco y Millahuaico registraron valores de pH similares al de la temporada de avenida a excepción de las quebradas Atiñayoc y Cruzana (QAtiñ-01: $pH = 5,68$ unidades y QCruz-01: $pH = 5,04$ unidades) que registran valores ligeramente ácidos.

Los valores de pH registrados no muestran variación en las quebradas Apacheta, Katrina, Millahuaico y Corire (continuación de la quebrada Apacheta), por lo cual, se puede asumir que las condiciones naturales de pH se ven influenciada por la mineralogía de la zona (zonas mineralizadas Chucapaca y Katrina; y pasivo ambiental minero), mientras que, en las quebradas Atiñayoc y Cruzana muestra un cambio en el pH posiblemente debido a que las aguas discurren por rocas carbonatas, sin embargo, están asociadas también a la zona mineralizada Canahuire.

Temperatura

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

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

Conductividad Eléctrica (CE)

En la temporada de avenida, los manantiales de las zonas Atiñayoc (FAtiñ-01) y Misaorcco (FMisa-01) y Millahuaico (FMill-01) registraron valores de CE entre 207,5 $\mu S/cm$ y 249,0 $\mu S/cm$ y las aguas superficiales de las quebradas de Atiñayoc (QAtiñ-02), Corire (QCori-01), Apacheta (QApac-01, QApac-02, QApac-03, QApac-04 y QApac-05), Katrina (QKatr-01) y Millahuaico (QMill-01) registraron valores de CE que varían entre 40,1 (QApac-01) y 578,0 $\mu S/cm$ (QApac-02).



Handwritten signature and initials in blue ink, including 'D.P.', 'J.M.P.', and 'R'.



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

En la temporada de estiaje se observó un descenso en la cantidad de agua, encontrando la mayoría de los manantiales sin flujo de agua. En los manantiales del sector Millahuaico (Fmill-01 y Fmill-01A) la CE varió entre 249,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 372,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Las aguas superficiales de las zonas de Atiñayoc y Corire registraron valores de CE que variaron entre 191,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (QMill-01) y 1020,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (QMisa-01). Sin embargo, el punto QApac-01A ubicado aguas arriba de la confluencia con la quebrada Misaorcco registró un único valor alto de CE de 3110 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 7-84).

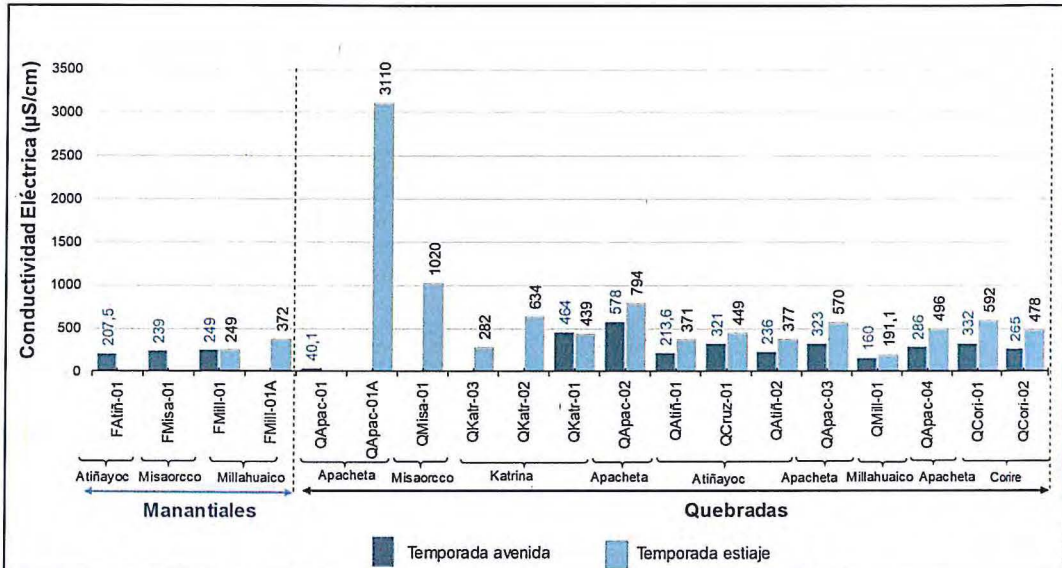


Figura 7-84. Conductividad eléctrica en los cuerpos de agua de la microcuenca Itapallone (sector Corire), en la temporada de avenida y estiaje

b. Facies hidroquímicos:

La caracterización hidroquímica del agua de la microcuenca Itapallone (sector Corire) comprendió 2 zonas Atiñayoc y Corire, los puntos de agua se agruparon en 2 tipos o dominios químicos predominantes para la temporada de avenida y estiaje respectivamente (Figura 7-85 y Anexo A), las mismas, que variaron de acuerdo con sector donde fueron colectadas conforme al siguiente detalle:

b.1 Diagramas de Piper y Stiff

Zona Atiñayoc

En la Figura 7-85 a, los puntos FATiñ-01, QAtiñ-01, QAtiñ-02 y QCruz-01 muestreados en la temporada de avenida registraron más del 70 % de aniones como bicarbonatos y sulfatos (predominando el bicarbonato) y más del 80 % de cationes entre calcio y magnesio, por lo que se clasificaron como facies bicarbonatadas sulfatadas cálcicas magnésicas ($\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 - \text{Ca} > \text{Mg}$), con concentraciones que varían entre 1 y 4 meq/L.

En la temporada de estiaje (Figura 7-85b), se observó que las muestras de agua ubicadas en las quebradas Atiñayoc y Cruzana registraron más del 80 % de aniones como sulfatos y en más del 70 % de los cationes calcio y magnesio, por lo que, se clasificaron como facies sulfatadas cálcicas magnésicas ($\text{SO}_4 - \text{Ca} > \text{Mg}$).



Vertical handwritten notes and signatures on the left margin.